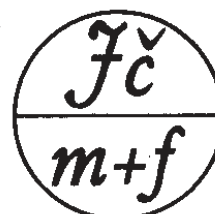

Katedra obecné fyziky
Západočeské univerzity v Plzni

Západočeská pobočka
Jednoty českých matematiků a fyziků

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2

Rámcové vzdělávací programy

sborník z konference



DIDAKTIK[®]



Srní 2005

Vydala Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2005

ISBN 80-7043-418-X

Úvod

Ve dnech 28.–30. dubna 2005 se v Hotelu Srní konala konference o výuce fyziky s názvem „*Moderní trendy ve výuce fyziky 2*“, která navázala na úspěšnou konferenci z roku 2003. Konference byla tentokrát zaměřena na aktuální téma „*Rámcové vzdělávací programy*“. Konala se při příležitosti Mezinárodního roku fyziky a měla by mít cyklické pokračování v konferencích pro učitele fyziky všech stupňů škol vždy v lichých rocích. Předložený sborník zahrnuje příspěvky přednesené na konferenci a měl by tedy přispět k zavádění *školních vzdělávacích programů*. Nejprve jsou uvedeny příspěvky ze společného jednání v pořadí, v jakém na konferenci odezněly, pak jsou zařazeny příspěvky z jednotlivých sekcí abecedně podle autorů. Konferenci uspořádala katedra obecné fyziky FPE ZČU v Plzni ve spolupráci s Jednotou českých matematiků a fyziků pod záštitou rektora Západočeské univerzity v Plzni doc. Ing. Josefa Průši, CSc.

Jednání podtrhlo krásné prostředí Šumavy, v němž jednání probíhalo. Úspěšný průběh konference umožnilo perfektní zázemí, které měli účastníci zajištěno v Hotelu Srní.

Konference by nemohla proběhnout bez přispění sponzorů, kterým patří velký dík. Hlavním sponzorem byla elektrárenská společnost ČEZ, a.s., na úspěchu se dále podílela Jednota českých matematiků a fyziků, redakce časopisu *Školská fyzika*, nakladatelství Fraus a další.

V Plzni 30. 9. 2005

Doc. Dr. Ing. Karel Rauner



Hotel Srní leží uprostřed největšího rekreačního centra Šumavy – Srní. Značené turistické cesty vedou návštěvníky ze Srní do nádherné Šumavské přírody. Celé území bylo na základě jedinečné flóry a fauny vyhlášeno Národním parkem Šumava. Putování podél 200 let starého plavebního kanálu nebo ke slatím, jedinečnému přírodnímu úkazu ve střední Evropě, je skutečným zážitkem.



V zimě zvou lyžařské tratě k běhu na lyžích. Protože se území nachází ve výšce 850–1100 m nad mořem, je zde jistota sněhové pokrývky až do jara.

Pro všechny, kteří chtějí prožít dovolenou v zachovalé přírodě s čistým vzduchem, průzračnými jezery a zdravými lesy, je Šumava kolem Srní dokonalým místem pro odpočinek.

Využití celého areálu hotelu je možné jak pro letní, tak i zimní rekreaci, k pracovním setkáním, školením, či uzavřeným obchodním jednáním.

*Všechny pokoje jsou vybaveny:
kompletním hygienickým zařízením;
sprchovým koutem;
barevným televizorem se satelitním
příjmem;
telefonem;
rádiem.*

*V objektu hotelu je k dispozici:
jídlena, restaurace;
noční hotel club, snack bar;
vyhříváný bazén 25 m, sauna, solárium, fitness, masáže;
bowling, kulečník, stolní tenis;
půjčovna horských kol;
půjčovna lyží.*

<http://www.hotely-srni.cz/Srni/srni.htm>

Obsah

Úvod	5
Obsah	6
Miňhová, Lovasová: Psychologické aspekty motivace ke studiu přírodních věd na pozadí Rámcových vzdělávacích programů	8
Volf: Úkoly didaktiky fyziky v České republice na začátku 21. století	12
Coufalová: Reagují fakulty připravující učitele na vznik RVP?.....	20
Dvořák: O co a jak se snažíme v přípravě učitelů fyziky na MFF UK.....	24
Kolářová: Příprava budoucích učitelů fyziky na tvorbu a realizaci školních vzdělávacích programů.....	33
Zoubek: Zkušenosti z pilotáže RVP pro základní vzdělávání ve fyzice.....	35
Rancová: Gymnázium Rokycany pilotuje tvorbu školního vzdělávacího programu.....	38
Rauner: Nové učebnice fyziky pro základní školy a možnosti jejich využití v RVP	40
Hubeňák: Malé fyzikální programy	44
Höfer, Svoboda: Některé výsledky celostátního výzkumu „Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky“	52
Sklenář: Klostermannové.....	71
Havel: Možnosti experimentálního ověření fyzikálního obsahu Maxwellových rovnic	82
Hejnová: Hodnocení znalostí a dovedností žáků ZŠ z hlediska přípravy školních vzdělávacích programů	91
Hosnedl: Využití počítačů ve výuce fyziky.....	98
Jánský: Interaktivní tabule a její využití v hodinách fyziky	105
Kekule: Jakou mají studenti gymnázia představu o některých jevech a pojmech molekulové fyziky a termiky.....	106
Koudelková: Projekt Heuréka pro současné i budoucí učitele	110
Králík: Zdroje nedorozumění ve výkladu kvantové mechaniky	114
Lorenzová: Boltzmann a jeho konstanta	126
Obdržálek: Hudební ladění ušima fyziky	129
Petrík: Využití zvukové karty pro realizaci měření na sekvenčních digitálních obvodech a pro demonstraci funkce digitálního filtru.....	130
Prokšová: Náměty pro seminář talentovaných studentů na gymnáziu	132
Randa: Astronomické webové stránky astro.pef.zcu.cz – pomůcka pro výuku a pro astronomickou olympiádu	134

Schwarzmeier: Mnohatělesové simulace a jejich využití při studiu výpočetní fyziky	136
Štefl: Všechnová astrofyzika ve výuce fyziky	140
Štátná: Diagnostika prekonceptů vybraných společných pojmů mezi chemií a fyzikou na základní škole	146
Tesař, Bartoš: Některé možnosti výuky akustiky	155
Trna: Didaktika přírodovědy a rámcové vzdělávací programy	160
Volf: Didaktické disciplíny ve studiu učitelství fyziky	167
Vybíral: Fundamentální experimenty ve fyzice	170
Seznam účastníků.....	180
Závěry z konference	183

Psychologické aspekty motivace ke studiu přírodních věd na pozadí Rámcových vzdělávacích programů

Jana Miřhová , Vladimíra Lovasová** , katedra psychologie Fakulty pedagogické ZČU v Plzni*

Úvod

Rámcové vzdělávací programy, které vytvářejí most mezi příbuznými vyučovacími předměty, mají mimo jiné i významný motivační aspekt. Je známou skutečností, že v současné době je relativně malý zájem o studium přírodovědných oborů, včetně fyziky. Vzhledem k tomu, že otázka motivace ke studiu přírodovědných a technických disciplín začíná být společenským problémem, a s ohledem na to, že základy motivace k učení se vytvářejí v mladším a středním školním věku, zaměřily jsme se ve svém příspěvku na psychologické aspekty motivace k učení na základní a střední škole.

1. Motivační dispozice osobnosti

Strukturu osobnosti člověka tvoří vedle schopností, temperamentu a charakterových vlastností také motivační dispozice, které určují směr a intenzitu chování jedince.

Motivaci z hlediska obecné psychologie lze definovat jako „souhru všech skutečností, které podporují nebo tlumí jedince v tom, aby něco konal či nekonal“ ([7], s. 24). Je třeba rozlišovat pojmy „motivace“ a „motiv“. Zatímco „motivace“ vyjadřuje proces, „motiv“ je hypotetická dispozice k tomuto procesu.

Druhy a formy motivů

Psychologie rozlišuje formy a druhy motivů, přičemž formy zahrnují takové termíny jako potřeby, zájmy a ideály, kdežto druhy sledují konkrétní obsah motivů a uspokojení, jehož má být dosaženo. Základní formou motivů je potřeba, která značí určitý deficit v biologické či sociální oblasti a právě z potřeb se pak ostatní formy motivů vyvíjejí.

Potřeba tedy vyjadřuje formu motivu ve smyslu nějakého deficitu v biologické či sociální oblasti a znamená puzení k aktivitě, která je zaměřena na dosahování určitého cíle. Tímto cílem je vždy redukce biologických či sociálních potřeb, jež je prožívána jako různé druhy uspokojení. Vzniklá fyziologická potřeba má povahu neuropsychické aktivace a naučený vzorec uspokojení pak směřuje aktivitu organismu k určité dovršující reakci. V průběhu vývoje pak toto uspokojování dostává povahu zvyku a více či méně cyklického procesu. Také psychologické potřeby vznikají z deficitů sociální existence, v níž se uplatňuje jakási analogie homeostázy, tj. udržování určitých konstant. Jejich narušení vyvolává příslušnou sociální potřebu. Nedostává-li se např. dítěti dostatek pozornosti ze strany rodičů, vzniká u něj potřeba rodičovské pozornosti.

Americký klinický psycholog A. H. Maslow (1970) chápe potřebu jako podmínku udržování fyzického a duševního zdraví a předkládá vlastní hierarchické uspořádání potřeb, které je v současnosti běžně uznáváno. První velkou skupinu tvoří tzv. základní potřeby, mezi něž Maslow řadí biologické potřeby a potřebu bezpečí. Třetí skupina zahrnuje potřeby sebeaktualizace, zahrnující kognitivní a estetické potřeby.

* jminhova@kps.zcu.cz

** lovasova@kmt.zcu.cz

Vyvrcholením Maslowovy pyramidy jsou vyšší potřeby, tzv. metapotřeby, které se však mohou rozvíjet teprve tehdy, když jsou alespoň do jisté míry uspokojeny potřeby nižší. Do této skupiny řadíme potřeby poznávání, které jsou obvykle rozvíjeny během školní docházky. Ta je zároveň pro jejich rozvoj nejpříhodnějším obdobím a stává se jedním z trvalých zdrojů rozvoje celé osobnosti žáka a kvalitním motivačním zdrojem jeho vzdělávání.

Zvláštní formou motivů jsou **zájmy**, jež se projevují preferencí určité poznávací aktivity a účastí na ní. Zájmy přitahují pozornost, a to trvale a aktivně a subjekt je ochoten přinášet pěstování svých zájmů různé oběti [7]. Podle dalších autorů bývají zájmy obvykle definovány jako trvalejší vztah jedince k objektům a činnostem, který se projevuje ve sklonu zabývat se jimi teoreticky nebo prakticky, což bývá spojeno s příjemným citovým prožíváním a vyvíjením zvýšené aktivity v daném směru [2].

Pozitivní emocionální zabarvení, které se váže na sám proces poznávání určité objektivní skutečnosti, podněcuje člověka k činnosti a k uspokojování touhy po poznání, což je obvykle základem pro zvýšený zájem o určité školní předměty a o další studium (Klímová, 1987).

2. Pedagogicko-psychologické aspekty motivace žáků základní a střední školy se zvláštním zřetelem k Rámcově vzdělávacímu programu „Člověk a příroda“

Vhodný výběr úloh, které aktualizují poznávací potřeby

Z předcházejícího textu vyplývá, že mladší a střední školní věk je nejpříhodnějším obdobím pro rozvoj poznávacích potřeb a zájmů, které jsou nejdůležitější formou motivů. Aby došlo k žádoucímu rozvoji poznávacích potřeb, je nutné zajistit pro žáky optimální podmínky a vybrat vhodné a přiměřeně náročné úkoly.

K základním znakům úloh, které aktivizují poznávací potřeby, patří především: novost, překvapivost, problémovost, neurčitost, neobvyklost, záhadnost a možnost experimentovat [2]. Jsme přesvědčeny o tom, že zde mohou významnou roli sehrát právě RVP svým interdisciplinárním charakterem. Při zadávání úloh je nutno respektovat nejen intelektové možnosti žáků, ale také jejich temperamentové ladění, včetně osobního tempa. Z tohoto hlediska je vhodné střídat úkoly časově limitované s úkoly časově neomezenými, jež kladou důraz na preciznost, vytrvalost a kreativitu.

Aplikovatelnost teoretických poznatků

Důležitým motivačním prvkem je uvědomění si praktického využití teoretických poznatků vyučovacího předmětu. Je třeba podávat učivo takovým způsobem, aby žáci pochopili, že je to o životě a pro život. Rámcové vzdělávací programy umožňují, aby látka nebyla vyučována izolovaně, po jednotlivých předmětech, ale v přirozených souvislostech, více propojených se skutečným životem. Každý učitel by měl znát aplikační možnosti svého oboru. Je nutno překonat úzký pohled „fyzika“ či „matematika“ a využívat mezipředmětových vztahů. K tomu právě skýtají příležitost Rámcové vzdělávací programy, které umožňují hledat souvislosti a vztahy mezi předměty. Kromě interdisciplinárních vazeb v rámci přírodních věd lze hledat aplikovatelnost přírodovědných poznatků i v oblasti společenských věd. Např. některá teoretická témata z fyziky jsou aplikovatelná v psychologii, sociologii či podobných vědních disciplínách. Jako příklad lze uvést např. aplikaci teorie chaosu na oblast sociální psychologie či teorii katastrof ve sféře krizové intervence.

Smysluplnost a pochopení učební látky

Je evidentní, že se děti rády učí to, co má pro ně smysl. Smysluplnost činnosti je nejen pro dítě, ale i pro dospělého člověka nesmírně důležitá. Z řady psychologických výzkumů je

zřejmé, že při pochopení smyslu činnosti, kterou vykonáváme, se uvolňují endorfiny, které způsobí příjemný pocit. Právě to je vnitřním hnacím motorem učení, neboť z krátkodobé paměti do dlouhodobé se přenáší především to, co má pro nás smysl.

Smysluplnost učiva je nejen zdrojem primární motivace, ale také klíčem ke kvalitnímu a efektivnímu učení.

Týmová spolupráce a kooperativní učení

Rámcové vzdělávací programy vytvářejí předpoklad učít žáky týmové spolupráci, která má výrazně motivační charakter a podporuje rozvoj řady pozitivních osobnostních vlastností. Z tohoto hlediska se jeví velmi efektivní tzv. kooperativní učení ve skupinkách, kde děti jednak spolupracují, jednak mají možnost dohodnout se, jakým způsobem úkol pojmout. Často ho žáci vnímají jako problém k řešení a ne jako provedení žádaného postupu. Tento styl učení má také významný mentálně hygienický aspekt. Děti se totiž zaměří na společné řešení problému, přestanou se vnímat jako soupeři a vzájemně se doplňují. Tím vším se snižuje stres a zvyšuje se vnitřní zaujetí. Efektivita učení se také zvyšuje, když se např. děti vzájemně zkouší ve dvojicích.

Vlastní činnost žáků a rozvoj jejich samostatnosti

Je známou skutečností, že nejcennější jsou vědomosti a dovednosti, které žáci získají vlastní činností, neboť jim přináší radost z poznání a podporuje jejich zdravou sebedůvěru. V této souvislosti chceme zdůraznit, že škola by měla dětem nabízet to, v čem se realizují, co je baví, a to rozvíjet. Jedním z nejdůležitějších úkolů souvisejících s motivací je pěstování zdravé sebedůvěry dítěte, tedy jeho víru v sebe sama, ve své schopnosti. Jestliže je ta víra příliš malá, dítě si říká: „Nepatřím k nim, nezvládnou to, bojím se.“ V tomto případě musí dítě mnoho energie věnovat na překonání pocitů strachu a nejistoty. Pokud je dítě zdravě sebevědomé, říká si: „Patřím k nim, podaří se mi to, zvládnou to, posílí mě to“. V tomto případě mu zbývá dostatek sil, které může věnovat učení.

Samostatnost žáků můžeme např. podporovat tím, že do vyučovacích hodin zařazujeme experimenty, do nichž se žáci aktivně zapojují. Pedagogicko-psychologické výzkumy potvrzují, že z toho, co slyšíme, si zapamatujeme jen asi 10 až 15 %. Pokud něco vidíme a současně slyšíme, je úspěšnost o něco vyšší. Efektivnost učení výrazně roste diskusí o problému a hlavně vlastní činností. Nejlépe si dlouhodobě zapamatujeme to, co se snažíme naučit druhé (až 90 %). Připomeňme si čínské přísloví: „Řekni mi a já zapomenu, ukaž mi a já si zapamatuji, nech mne to dělat a já pochopím“.

Samostatná činnost má obrovský motivační aspekt. Všichni známe ten báječný pocit, když na něco sami přijdeme. Motivuje nás to, abychom pokračovali v činnosti a vraceli se k ní.

Učitelé by měli také umožnit žákům vybrat si úkol z nabídky několika možností. I domácí úkoly by měly mít spíše charakter tvořivých samostatných úkolů než mechanického vypracování cvičení. Žáci by např. mohli zpracovat projekt, zaměřený na sledování vývoje určitého jevu, zjištění výskytu přírodního úkazu či porovnání informací z různých zdrojů. Učitel by měl dát žákům prostor pro vlastní rozhodování a možnost samostatně si zorganizovat práci. Rámcové vzdělávací programy umožňují naplnit hlavní složku vzdělávacího procesu, a to pěstovat u žáků schopnost aktivně a samostatně vyhledávat informace, řešit problémy, hledat souvislosti a tvořit si vlastní názory. To vše je pochopitelně zdrojem primární motivace k učení.

Přechod sekundární motivace k učení v motivaci primární

Ideálem učitele je probudit v žácích primární motivaci k vyučovanému předmětu, tzn. zájem o samotný obsah, který ho naplňuje. Např. dítě se učí fyzice, protože ho zajímá samotné učivo tohoto předmětu a činnost s ním spojená. Této cílové rovinky ale učitel dosáhne zpočátku pouze u některých žáků, jejichž struktura inteligence odpovídá přírodovědnému zaměření. U většiny dětí se musíme alespoň po určitou dobu spokojit s motivací sekundární, která spočívá v nějakém vnějším aspektu souvisejícím s vyučováním předmětem. Např. dítě se učí fyzice kvůli dobré známce, kvůli rodičům či oblíbenému učiteli. V tomto případě je indikované využít této sekundární motivace a na jejím základě budovat motivaci primární, při níž žák prožívá radost z vlastní činnosti, z poznání, k němuž sám dospěl apod. Rámcové vzdělávací programy jsou právě svým přesahem živnou půdou pro přechod sekundární motivace v primární. Zatímco podněty, které probouzejí sekundární motivaci, časem pomínou (např. změna učitele apod.), primární motivace je skutečným a relativně stálým zdrojem zájmu o příslušný obor.

Osobnost učitele a jeho profesní zaujetí

Motivovat žáky pro vyučovací předmět může jen takový učitel, který je vynikajícím odborníkem ve svém oboru, např. ve fyzice, který dokáže realizovat Rámcové vzdělávací programy nikoliv formálně, ale s plným pochopením problematiky, a který má především rád děti a učitelská profese je pro něj seberealizací. Jen takový učitel má u žáků zdravou autoritu a důvěru a je pro ně modelem pro imitaci vzorců chování. Probudit v dětech zaujetí pro svůj obor či trs oborů může pouze učitel, který má u žáků přirozenou autoritu založenou na úctě, respektu a důvěře. Jen takový učitel dokáže probudit v dětech pocit bazální jistoty, který je nejen zdrojem primární motivace k učení, ale i faktorem rozvoje osobnosti.

Závěr

Závěrem bychom chtěly zdůraznit, že tím nejdůležitějším motivačním faktorem ke studiu jakýchkoliv věd, tedy i přírodních, je pozitivní emocionální zabarvení, které se váže na sám proces poznávání a činnosti s ním spojené.

Literatura:

- [1] Adair J.: *Vytváření efektivního týmu*. Management Press, Praha 1994.
- [2] Hrabal V., Man F., Pavelková J.: *Psychologické otázky motivace ve škole*. SPN, Praha 1984.
- [3] Kasíková H.: *Kooperativní učení, kooperativní škola*. Portál, Praha 1997.
- [4] Kovalíková S.: *Integrovaná tematická výuka: model*. Spirála, Kroměříž 1995.
- [5] Maslow A.: *Motivation and Personality*. Harper and Row, New York 1970.
- [6] McClelland D., Burnham D.: *Power is a Great Motivator*. Harvard Business Review 54, 1976.
- [7] Nakonečný M.: *Psychologie osobnosti*. Academia, Praha 1995.
- [8] Sarason S.: *Predictable Failure of School Reforms*. Jossey-Bass Publisher, San Francisco 1990.

Úkoly didaktiky fyziky v České republice na začátku 21. století

Ivo Volf, katedra fyziky a informatiky PdF Univerzity Hradec Králové*

Jak by se z názvu naší konference zdálo, je vytváření Rámcových vzdělávacích programů jedním z velmi zásadních problémů soudobého českého školství, a tento problém nutně v nedaleké budoucnosti zasáhne i didaktiku fyziky. To je bezesporu základní informace, z níž bude vycházet řada referujících ve svých příspěvcích, a tedy i leitmotiv našich diskusí. Je to však opravdu jediný a zásadní problém české didaktiky fyziky na prahu 21. století? Pohlédněme poněkud ze širšího hlediska na současný stav výuky fyziky na našich základních a středních školách, a z toho plynoucích některých kroků, jež budeme muset zvládnout jak ve vzdělávání budoucích učitelů fyziky, tak i při zajišťování pomůcek pro uskutečňování základních záměrů ve výuce.

1. Světový rok fyziky

Rok 2005 byl vyhlášen Světovým rokem fyziky. Shodli se na tom nejen pracovníci mezinárodní společnosti UNESCO, ale i zástupci lidí celého světa v Organizaci spojených národů. Důvodem je nejen skutečnost, že právě před sto lety probíhal Einsteinův zázračný rok, v němž se zrodily velké myšlenky k vysvětlení speciální teorie relativity, k objasnění fotoelektrického jevu a k matematické podpoře teorie Brownova chaotického pohybu. Druhým důvodem je to, že v současné době pronikly výsledky a aplikace fyzikálního poznání do našeho celého života, a to jak do každodenní praxe, tak na bázi využívání fyzikálních a matematických modelů pronikají výsledky fyziky do dalších přírodovědných disciplín a stávají se tak odrazovým můstkem pro další rozvoj tohoto poznání. Pochopení této nové situace, která se neustále rozvíjela během dvacátého století a umožnila velký pokrok ve všech přírodovědných oblastech a v technice, umožňuje pochopit nesmírný význam fyzikálního poznání pro pokrok lidstva a současně důležitost fyzikálního vzdělávání pro osobnostní vývoj člověka moderní doby. Pochopení významu fyziky pak činí z vyučovacího předmětu fyzika na střední nebo na základní škole disciplínu s nesmírným významem pro výchovu člověka, zdůrazňuje humanitní charakteristiky, jež se při pohledu z technokratického hlediska nedají vysledovat. Dosažení tohoto náhledu na fyzikální vědu a na výuku fyziky by mělo dalekosáhlé důsledky i pro nové postavení předmětu fyzika.

2. Ústup zájmu žáků o fyziku

V posledních dvou desetiletích, v České republice pak v devadesátých letech, nastal v Evropě všeobecně značný ústup zájmu žáků o fyziku. Na vině je řada činitelů, snižování celkového počtu vyučovacích hodin věnovaných fyzice a z toho plynoucí úspěchanosti ve výuce fyziky na straně jedné a posilování tzv. humanitních vyučovacích předmětů, mezi něž údajně fyzika nepatří, na straně druhé. Při řešení evropského projektu SEE (Science Education in Europe), jehož řešení se účastnila i skupina pracovníků z České republiky, jsme dospěli k závěru, že v podstatě všechny evropské státy se musí s tímto ústupem zájmu dětí od fyziky vyrovnávat. Na jedné straně se to projevuje nižšími úspěchy evropských dětí v celosvětových fyzikálních soutěžích, na druhé straně úpornou snahou všech evropských vzdělávacích systémů hledat cesty, jak tento trend zastavit a nacházet pozitivní, efektivní řešení. Je logické, že toto řešení musí vycházet ze strany učitele fyziky a z didaktického zpracování fyzikální problematiky tak, aby postoj žáků k fyzice byl posilován a vytvářen tak základ k rozvoji zájmu žáků o fyziku. Česká didaktika fyziky, ale i školská administrativa proto připravily několik možností k tomu, aby se fyzikální problematika stala vítanějším soustem při výuce i při mimoškolních činnostech. Zaměříme se na přípravu učitelů, aby byli

* ivo.volf@uhk.cz

schopni se touto problematikou aktivně zabývat a tak dostávají k dispozici již během vysokoškolského studia řadu námětů pro tuto činnost. Mnoho se udělalo i pro to, aby se výuka stala zajímavější. Byly vytvořeny nové série učebnic fyziky, zejména pro základní školu, které kritériu zajímavosti výuky napomáhají. A především – bohatá je mimoškolní činnost nejen v oblasti fyziky, ale i v oblasti dalších přírodovědných předmětů, které staví na kladném postoji žáků a přitom dostatečně rozvíjejí zájem žáků o přírodovědnou problematiku.

3. Boj školské fyziky o přežití

Sledujeme-li vývoj učebních plánů za posledních patnáct let, zjišťujeme, že se podstatně změnila struktura vyučovacích předmětů a jejich místo v celkovém pohledu na vzdělání na základní škole nebo na škole střední. Nejnápadnějším rysem, který můžeme pozorovat, je stále větší zdůrazňování humanitního vzdělávání a ústup vzdělávání přírodovědného a technicky i prakticky zaměřených vědomostí a dovedností. Porovnáme-li učební plány např. z roku 1925, uvedené v zákoně o střední škole, a plány nynější, potom zjišťujeme, že na normální chlapecké střední škole bylo na nižším stupni zařazeno 2h + 3h fyziky, 3h chemie a 2h + 2h + 2h biologie, na škole dívčí byl počet zařazených vyučovacích hodin pro přírodovědné předměty o něco nižší; důvodem byl poněkud jiný počet hodin tzv. ručních prací, zařazených pro chlapce v prvních dvou ročnících po 2h, ale na dívčí škole po dobu čtyř let po dvou hodinách. Dnešní stav je skoro stejný – počet vyučovacích hodin v jednotlivých schválených programech dosahuje v oblasti základního vzdělání minimálně 6h týdně pro fyziku a biologii, pro chemii 4h týdně. V osmiletém gymnáziu je situace na nižším stupni veselejší – fyzika a biologie jsou zařazeny po dobu čtyř let v rozsahu 8h týdně celkově, chemie pak po dobu tří let v rozsahu 6h týdně celkově. Situace na vyšším stupni gymnázia je obdobná: na chlapeckém gymnáziu byla fyzika zařazena v rozsahu 2h + 4h pro větev duchovněduševní, 2h + 4h + 4h pro větev přírodovědnou a větev matematickou, jež mohly být zařazeny v posledním ročníku gymnázia (v oktávě). Dnešní stav na vyšším stupni gymnázia je znám – povinně se vyučuje fyzika v 1. až 3. ročníku v rozsahu 2h + 2h + 2h týdně. Co znamená hodinový rozsah výuky 6h týdně? Při 33 týdnech ve školním roce je celkový počet vyučovacích hodin, věnovaných fyzice na nižším i na vyšším stupni povinných 200 hodin. V těchto vyučovacích hodinách by se mělo fyzikální učivo vhodně motivovat, vyložit základní problematika, vhodně procvičit, učitel by měl konat pokusy ilustrující výklad, nemělo by se zapomenout na řešení fyzikálních úloh, na provedení laboratorních prací. A kde potom vzít čas na nutné hodnocení a zkoušení, historické motivace, zajímavosti, experimenty, jež dělají z fyziky disciplínu praktickou a zajímavou, ...? Pomineme přitom „zlatý věk školské fyziky“, kdy na gymnáziu byla fyzika zařazena v rozsahu 8h týdně v humanitní třídě a 13h až 16h ve třídě přírodovědné či matematicko-fyzikální, kde bylo možné třetinu vyučovacích hodin věnovat na laboratorní práce. V programu Obecná škola je dokonce věnováno fyzice či biologii jenom 5h týdně (a chemii 3h týdně) s poznámkou, že ředitel školy může jednu vyučovací hodinu přidat buď fyzice jako samostatnému předmětu, nebo zajistit výuku tzv. předmětu integrovanému, umožňujícímu syntézu přírodovědných poznatků, což je sice čin chválehodný, ale neměl by se uskutečňovat na úkor výuky jednotlivým předmětům.

Učební plán související se zákonem o střední škole, jenž schválilo Národní shromáždění Československé republiky v roce 1925, obsahoval velmi širokou škálu předmětů a poskytoval svým absolventům velmi dobré vzdělání. Uvědomme si však, že od té doby uběhlo 80 let. Před nedávnou dobou se tvrdilo, že fyzika patří mezi ty disciplíny dvacátého století, u nichž se počet poznatků zdvojnásobuje každých deset let; to tedy znamená, že poznatková základna fyziky a jejích aplikací se mezitím zvětšila $2^8 = 256$ krát, ale počet vyučovacích hodin věnovaných výuce fyzice se takřka nezměnil. To představuje obrovskou výzvu pro didaktiku fyziky: jak změnit výuku fyziky, aby plnila požadavky společnosti a současně maximálně využila minimálnímu času, přidělenému pro její výuku. Když se to podaří, můžeme si být jisti, že výuka fyziky na základních a středních školách se stane integrální součástí všeobecného vzdělá-

ní, a to nejen slovy, ale ve své reálné podobě: bude poskytovat vhodné modely pro jejich aplikaci při vysvětlování jevů a dějů v přírodě a v technice.

Součástí boje o přežití školské fyziky bude tedy stanovení zcela nového základního cíle výuky fyziky a současně i nové strategie jeho dosažení. Když jsem začínal vyučovat před 45 lety, tvrdilo se, že úkolem (středo)školské fyziky je připravit žáky dobře pro jejich následné studium na vysoké škole, tedy dát jim dobré předpoklady pro pochopení fyzikální vědy. Později se změnil tento základní cíl na požadavek připravit žáky na pochopení fyzikálního obrazu světa; řečeno dnešním jazykem umožnit jim pochopení jednoduchých fyzikálních modelů obklopující reality. Dnes si klademe za úkol naučit žáky tvořivým způsobem získávat fyzikální poznatky z reality, vhodně je strukturovat a následně je tvořivě využívat při řešení fyzikálních problémových situací. To však je poněkud jiný cíl, než si před sebe staví fyzikální vědy. Musíme tedy zdůraznit pravdivý přístup dvojího pohledu na svět, jak nám ho prezentuje vědecký systém fyziky a didaktický systém fyziky, o němž se zmiňuje Fenclová a Kotásek ve své jedinečné publikaci, která otevřela cestu vědeckému poznání v oblasti didaktiky fyziky.

4. Výuka fyziky ve světle rámcových vzdělávacích plánů

Bílá kniha českého školství naznačila směr dalšího vzdělávání v České republice. Navazuje na analýzy, které byly uskutečněny v poslední dekádě dvacátého století a jež připravily půdu pro vytvoření perspektivy české vzdělávací soustavy. Jednou z vůdčích myšlenek je větší individualizace vzdělávání, vedoucí ke skutečnosti, že jednotlivým školám je otevřena cesta pro tvořivé vytváření učebních plánů, pro vlastní uspořádání učiva i pro realizaci vzdělávání. Rigidnost ministerstvem vydávaných učebních materiálů vedla učitele zejména základních škol v poslední době k tomu, že se uskutečňovaly na školách experimenty, jež však narážely právě na tyto institucionálně dané předpisy. Na druhé straně úplná libovůle při uskutečňování záměru našeho školství možná není. Osobně v tom vidím určitý spor mezi záměry jednotlivých schopných učitelů, kteří byli omezováni ve své tvořivosti školskou administrativou, a dlouhodobou neschopností ministerstva vytvořit odborné skupiny z didaktiků a zkušených učitelů, které by připravily sice rámcové, avšak dostatečně precizně vyjádřené požadavky na výuku jednotlivým předmětům a na nacházení jejich vzájemných souvislostí s jednotným cílem: komplexní výchovy absolventa jednotlivých výchovně vzdělávacích stupňů naší školské soustavy. Co se tedy nepodařilo za patnáct let naší školské administrativě, bylo teďka hozeno na krk jednotlivým školám, jež si budou vcelku amatérsky vytvářet své vzdělávací programy, do nichž vtisknou jednak vágně vyjadřované integrální požadavky, jednak své individuální nápady, jimiž se budou od sebe jednotlivé školy odlišovat. Málokdo si však uvědomuje, jaké důsledky budou tyto skutečnosti mít. Uvedu příklad ze současnosti: jako dlouholetý pracovník ve fyzikální olympiádě se v posledních deseti letech zabývám vytvářením soustav úloh pro tuto soutěž v oblasti soutěžících ze základních škol. Volnost ve vytváření učebních plánů podle programů k uskutečňování základního vzdělávání (základní škola, obecná škola, národní škola), libovůle při stanovení počtu vyučovacích hodin fyziky v jednotlivých ročnících (s cílem splnit požadavek minimálního celkového počtu 6 týdenních hodin uspořádání výuky fyziky silně variuje, a tím se také jednotlivé kapitoly fyziky na základní škole probírají v různém pořadí, že jsme byli nuceni ustoupit od zadávání úloh pro kategorie soutěže na základní škole a připravujeme jen soubor úloh pro tyto soutěžící s tím, že konečný výběr problémů provádí učitel na konkrétní škole podle toho, jaké uspořádání učiva zvolil právě on. To však jde o předmětovou soutěž dobrovolných řešitelů, kteří si v nejhorsím danou kapitolu sami dostudují. Jak však budou na volné uspořádání fyziky v rámcových plánech reagovat rodiče migrujících žáků, jak zajistíme, že všichni žáci projdou základní problémy fyziky, potřebné pro další návaznost na školách středních?

Vzdělávací programy – to je obrovská výzva pro speciální didaktiky jednotlivých školních vyučovacích předmětů i pro hledání vzájemných souvislostí a vytváření integrálního pohle-

du žáků na svět. Podle mého názoru není možné, abychom se tvářili, jak obrovské tvůrčí pole jsme poskytli jednotlivým školám při jejich bezbřehé kreativní činnosti. I když každé přirovnání pokulhává – nelze před každý závod předložit úkol vytvořit elektromotor a nezadat zásadní parametry, s nimiž je nutno pracovat. Dávám k diskusi následující postup, který by měl předcházet a zamezit tak rozsáhlému hazardování s tvořivostí učitelů a nižší školní administrativy (jež představuje vedení jednotlivých škol). Vyšší školní administrativa – odbory školství na krajských úřadech, eventuálně ministerstvo školství bude bezpochybně udělovat schvalovací doložky jednotlivým školním vzdělávacím programům, bude vracet nevyhovující programy k přepracování, a teprve po získání schvalovací doložky bude škole umožněno podle svého vzdělávacího programu pracovat. Druhou cestou bude skutečnost, že se najdou (privátní) společnosti, jež na zakázku budou vytvářet poněkud od sebe odlišené, leč přesto na sebe podobné vzdělávací programy, čímž se zcela popře základní smysl těchto programů – podpora tvořivosti učitelů, z nichž zajisté tyto záměry vyšly. A konečně se ukáže, že bude nejvýhodnější pro mnoho škol převzít určitý základní model, jež vytvoří profesionálové – zařízení pedagogické informační soustavy. Protože již řadu let pracuji také na soukromé střední škole, která si takové programy postupně tvoří, vím, jak obtížné to je a kolik úsilí vytvoření programu stojí. Aby školní vzdělávací programy byly na určité úrovni, jež naše – v Evropě kdysi velmi uznávaná – vzdělávací soustava požaduje, bude nutno, obdobně jako je to v oblasti vysokoškolského vzdělávání, vytvořit jakési malé „akreditační komise“ na úrovni jednotlivých krajů, jež budou tyto programy schvalovat a následně ověřovat, zda se podle nich na školách skutečně pracuje. Zaměstnáme tak řadu zkušených učitelů, pro něž kvůli snižující se populaci nebudeme mít umístění. Doufám jen, že slyším trávu růst... Cesta, která se mi zdá reálná a která umožní určitou individualizaci pro školy, jak podle svých možností přistupovat ke vzdělávání svých žáků, však podle mého názoru skutečně existuje, ale před její konkrétní aplikací je nutno splnit dva velmi zásadní úkoly:

- vytvořit skutečné standardy výuky jednotlivých předmětů tak, aby bylo jasné, co konkrétně se musí žák v určitých etapách vzdělávání naučit, které poznatky musí vědět a které dovednosti musí zvládnout, a následně najít zcela konkrétní postupy, jak ověřovat, že tyto poznatky se staly majetkem žáků, a to jednotným zadáváním státem kontrolovaných testů, jejichž absolvování bude povinné pro postup do další etapy (jde např. o trivium během 1. až 3. ročníku základní školy, po 5. ročníku, po 7. ročníku, po 9. ročníku = závěrečná zkouška),
- z toho plynoucí upřesnění obsahových požadavků na žáky v jednotlivých ročnících, popř. ve dvouletých cyklech podle výše uvedených etapách kontroly standardů; tak by se přece jen udržela určitá kontinuita poznání žáků, jež požadujeme ve společnosti, jejíž členové daleko více než dříve budou muset migrovat za prací, a to i s celou rodinou.

Na základě rigidněji postavených požadavků už může vedení školy stanovit svůj školní vzdělávací program, do něhož zahrne i své speciální možnosti při poskytování školního vzdělání. Pro nás – didaktiky – to bude znamenat jednak vodítko při vytváření didaktických materiálů, jednak uskutečnění možností vzájemného porovnávání výsledků školní práce žáků, jak se to od dob V. Příhody sice neustále požaduje, ale přece jen ještě po celých osmdesát let neuskutečnilo. Pro pracovníky speciálních didaktik jednotlivých předmětů by to představovalo jeden rok pilné práce, doplněné ne všenárodní diskusí, ale řadou konzultací uspořádaných při setkáních se zkušenými učiteli, ale i využití mnoha prací, jež už v tomto směru byly vyhotoveny. Dokonce si myslím, že kdyby Ministerstvo zaměstnalo na částečný úvazek zkušené pedagogy nyní již v důchodu, a k nim připojilo speciální didaktiky pracující na vysokých školách nebo v pedagogických informačních centrech, potom při použití elektronických metod vzájemné spolupráce by to netrvalo ani tak dlouho a bylo by to značně levnější než systém neustálého vracení neschválených školních vzdělávacích programů k přepracování.

5. Jak obtížné je sestavení standardů?

Před pěti lety byly ustaveny Ministerstvem pracovní skupiny, v nichž pracovali jednak didaktické fyziky, jednak odborníci z pedagogické praxe. Výsledkem několikaměsíční činnosti byly Katalogy požadavků ke státní maturitní zkoušce, jež prošly dvojnásobnou širokou diskusí a jež zatím čekají na využití. Když jsem přemítal o jejich obsahu, dospěl jsem k závěru, že se vlastně podařilo vytvořit to, co se po Ministerstvu požadovalo již od roku 1990 – stanovit výstupní požadavky = standardy. Některé z nich, například právě fyzika, mají jen jednu znalostní úroveň A (= advanced), protože se jednalo o volitelný maturitní předmět. K nim by bylo třeba vytvořit ještě onu základní úroveň B (= base) vhodným snížením požadavků. Stejný postup potom lze užít i u těch předmětů, jež se staly povinnými a pro něž bylo třeba tyto dvě úrovně stanovit ihned. Pochopitelně je třeba doprovodit tyto požadavky příklady zkoušek, jimiž se dosažení úrovně bude ověřovat (v gymnaziální fyzice vznikly materiály od Lepila, Macháčka).

Obdobná situace je i v oblasti přírodovědného vzdělávání na základní škole, kde pracovala po několik let skupina R. Kolářové, uskutečnilo se několik celorepublikových setkání s učiteli přírodovědných předmětů na základních školách a na nižším gymnáziu – a opět je zde velmi cenný didaktický materiál, který čeká na širší využití. Také zde je třeba zapracovat a vytvořit soustavu úkolů pro hodnocení dosažení těchto cílů.

Je zde ještě jeden problém – jak vytvořit vhodný nadstandard, kterým by byly saturovány požadavky žáků, talentovaných pro daný předmět. Zde lze využít desetiletých zkušeností, jež mají organizátoři předmětových soutěží, vyhlášených Ministerstvem pro základní i pro střední školy (v tomto případě by nebylo nutné tyto standardy atomizovat na malé etapy, ale formulovat je globálněji); organizátoři mají k dispozici například ve fyzice mnoho studijních materiálů, jež rozšiřují výuku zejména na střední škole podle zájmu soutěžících.

6. A co na to učebnice fyziky?

Domnívám se, že pro současnou výuku fyziky na základních školách i na gymnáziu máme dostatek učebnic. Pro základní školu se používají učebnice standardní – Kolářová aj., Macháček, Lustigová, Rojko, Tesař, Rauner aj. – takže učitelé mají dostatečný výběr. Některé z nich jsou vhodnější spíše pro žáky, jiné poskytují řadu námětů pro vyučující. Některé z nich jsou doplněny o další metodické materiály, jako metodické příručky pro učitele, pracovní sešity pro žáky, ale také o náměty pro hodnocení výsledků práce žáků. Poněkud horší je to s náměty pro laboratorní činnost žáků, vybaveností pro počítačovou obslužnost (materiály zejména pro učitele, i když takové pomůcky také existují), na školách není dostatek učebních pomůcek pro frontální práci žáků a někdy i pro kvalitní demonstrační experimenty, o něž by se výklad v učebnicích, popř. náměty pro konkrétní činnost žáků mohly opírat. Učebnicová vybavenost pro výuku fyziky na základní škole je tedy dostatečná, chybí spíše ve větší míře materiály pro žáky – pracovní sešity, materiály pro sebehodnocení, materiály pro rozšiřování a prohlubování učiva, a to podle úrovně a zájmu samotných žáků. Zde by bylo vhodné připravit databázi materiálů z konkrétní výuky fyziky na základní škole na některé internetové stránce, umožňující učitelům fyziky vhodnou volbu podle konkrétní situace v jeho třídách. Ale i to je v dnešní době vcelku možné a účelné. Problémem zůstává skutečnost, jak bude možno tyto materiály využívat poté, co se rozplyne jednotný systém výuky fyziky, jak ho známe nyní. Bude možno více využívat E-learningu a „šít učebnice na míru“ pro každého žáka a podle přání každého učitele? Nebylo by opravdu vhodnější přece jen určitým způsobem etapizovat fyzikální vzdělávání a využívat účelně již zhotovených učebnic a dalších materiálů?

Zatímco specialitou výuky fyziky na základní škole je určitá možná variabilita v pořadí jednotlivých témat školské fyziky, na gymnáziu více panuje systém vzdělávání a princip možné

a nutné návaznosti, jejichž porušení vedlo vždy v minulosti k určitým problémům (jde o určité ustálené pořadí témat školské fyziky, jež zaručuje vzájemnou návaznost). Proto vystačíme zatím s jednotnou soustavou učebnic (uvážíme-li vhodnou Svobodovu příručku Přehled středoškolské fyziky, kterou jsem používal v humanitních třídách gymnázia, potom máme dva systémy učebnic), je zpracován i soubor řešených úloh z fyziky pro střední školy, sbírka úloh, testy, maturitní zkušební materiál. Vzhledem k tomu, že učebnice fyziky pro gymnázium byly vydány nakladatelstvím Prometheus jako oddělené svazky podle velkých témat školské fyziky (existuje osm učebnic), bude se zde jednat spíše o vytvoření soustavy cvičebnic k uvedeným učebnicím, v nichž by žáci gymnázia dostali dostatek námětu pro samostatnou činnost jak organizovanou přímo ve škole, tak také pro práci domů; v tomto směru máme ještě řadu nedostatků, včetně pracovních listů nutných k organizaci této samostatné činnosti jak na bázi řešení teoretických problémů, tak také pro řešení školních i domácích experimentů.

7. Některé další didaktické problémy

Výuka fyziky nezačíná na zelené louce, ale staví jednak na základě osobních zkušeností žáků z jejich soukromého života (fyzikální poznatky obklopují žáky v domácnosti, při sportu, ve volném čase, ale také ve výuce dalších předmětů, například fyzikálního zeměpisu). Již třicet let jsou fyzikální poznatky zařazovány také do výuky předmětu Přírodověda na nižším stupni základní školy. Tyto poznatky – jež bychom mohli nazvat stručně jako prefyzika – jednak shrnují individuální zkušenosti žáků, jednak jsou upřesněním jejich intuitivního poznání, ale ve škole nabývají charakter náplně učebního předmětu, který je založen právě na výkladu záměrných experimentů učitele a zkušeností žáků. Prefyzika má nesmírný význam pro rozvoj dalšího fyzikálního poznání a učitel fyziky by měl všemožně podporovat její rozvoj, neboť právě z ní může učitel fyziky nejlépe vycházet.

Na druhé straně stojí integrovaná výuka na závěr fyzikálního poznání, a to jak v 9.ročníku základní školy, tak na závěr středoškolského studia na gymnáziu v některém ze seminářů, poskytujícím integrované poznání (např. seminář z astrofyziky, seminář z ekologie nebo environmentalistiky, seminář z geofyziky, seminář z mineralogie či geologie). Osobně se domnívám, že integrovaná výuka poskytuje na základní úrovni nedobře propracovaný systém poznatků, ale dává žákovi globální pohledy; proto se integrované přírodovědy na základní škole více méně obávám, protože neumožňuje získat systematické poznatky v jednotlivých vyučovacích předmětech. Na druhé straně preferuji tento integrující pohled zejména na závěr studia, a to jak v rámci samotné fyziky (např. zmíněná astrofyzika), ale i v oblasti několika přírodních věd (v mineralogii se spojují poznatky z fyziky se znalostmi z chemie, neživé biologie, ale i fyzického zeměpisu, techniky aj.).

V závěrečné etapě vzdělávání na základní škole nebo i na gymnáziu zdůrazňuji velký význam tzv. komplexních úloh, k jejichž řešení je třeba vědomostí a dovedností z několika oblastí fyziky nebo i mezipředmětových vztahů, k volbě nebo vytváření modelů, k volbě hypotéz. Takové příležitosti poskytují úlohy zařazované do fyzikálních soutěží, jako je Fyzikální olympiáda, Turnaj mladých fyziků aj. Bylo by vhodné vytvořit sbírku komplexních úloh pro zájemce o fyziku, a to na úrovni absolventů základní školy, dále na úrovni absolventů části gymnázia (po 2. nebo po 3.ročníku). V neposlední řadě chci jmenovat integrované projekty (například projekty maturitní, projekty řešené v rámci středoškolské odborné činnosti, projekty představované v rámci mezinárodní soutěže First Step aj.). Žák zejména střední školy tam zúročí své vědomosti a dovednosti získané v několika vyučovacích předmětech a v různých oblastech lidské činnosti. Neměli bychom se však bát svěřovat řešení integrovaných projektů ani žákům základní školy – z výuky na gymnáziu máme dobré zkušenosti se závěrečnými pracemi na konci kvarty (= devátý ročník studia), a to včetně velmi důmyslného využívání prostředků informatiky.

8. Co na to učitel fyziky a co pro něj jsme schopni udělat?

Na jedné straně musíme vyjít z myšlenky, že fyzika je velmi kreativní věda, takže umožníme-li učitelům, aby ji předával žákům tvořivým způsobem, měl by volbu školního vzdělávacího programu přivítat – může si navrhnout vlastní postup při organizaci výuky, a to včetně časového i obsahového rozložení učiva. Na straně druhé nastanou problémy v tom, že učitel fyziky musí navázat na výsledky práce ostatních vyučovacích předmětů, zajistit koordinaci vědomostí a dovedností žáků v různých, zejména přírodovědných předmětech, musí se podřídit té volbě uspořádání výuky, která bude na škole preferována. V rámci motivace a aplikace fyzikálních vědomostí bude muset znát i obsahovou náplň dalších předmětů, bude se muset ponořit do celkové struktury školního vzdělávacího programu. Tvořivost při tvorbě, kterou vzdělávací programy měly především podporovat, bude omezována možnostmi jejího uskutečňování. Navíc ne každý učitel bude schopen tyto programy vytvářet. Bude tedy učitel fyziky nadšen možnostmi vytvářet školní vzdělávací program a současně respektovat obecnější pohledy rámcových programů? Nebo je povinností nás, didaktiků fyziky, mu poskytnout všemožnou pomoc, aby ho tato činnost (doprovázená několikerym vracením návrhů programu) neotrávila ještě více než dosavadní systém přesných učebních plánů, osnov a sledu učiva v učebnicích? Odpověď na tyto otázky budeme moci dát až poté, co se učitelé do takovéto činnosti dají.

Můžeme však učitelům účinně napomoci. Pod naším vedením mohou na několika fakultách v republice konat učitelé z praxe rigorózní zkoušky z teorie vzdělávání ve fyzice, vloni byla Akreditační komisí schválena další tři pracoviště, kde se dá studovat doktorský studijní program Teorie vzdělávání ve fyzice. Především zde by mohli zkušení učitelé z praxe, po konzultacích s didaktikou fyziky, připravit materiály, jež by se staly skládkou pro vytváření školních rámcových programů. Bylo by vhodné, abyste se vyjádřili k této myšlence. Samozřejmě, mnoho by pro vytváření těchto programů mohly udělat publikované osobní zkušenosti učitelů fyziky, kteří by se nebáli své názory publikovat na stránkách didaktických časopisů. Diskuse v kabinetech fyziky nebo ve sborovnách poskytují jen malou platformu na výměnu zkušeností. Velkou pomůckou by mohla být také veřejná diskuse na internetové stránce některé z kateder fyziky a didaktiky fyziky.

9. Nadstandardní činnost žáků a její postavení v současné škole

Když jsme zpracovávali závěrečnou zprávu k úkolu Science Education in Europe koncem roku 2004, provedli jsme kompletní mapování nadstandardní činnosti, kterou poskytuje naše školství pro žáky, talentované pro oblast přírodovědného poznání. Zaměřme se nyní jen na výuku fyziky a činnosti s ní související. V Bílé knize se hovoří o tom, že pro péči o žáky, talentované pro fyziku, existuje v České republice řada příležitostí. Smutné však je, že většina z nich je spojena s mimoškolní aktivitou žáků, i když s ohledem na působení školy nebo vyučujících fyziky (včetně působení vysokoškolských učitelů a studentů na středoškoláky).

V letošním školním roce probíhá 46. ročník Fyzikální olympiády. Jde o soutěž, která dává možnost soutěžit v řešení náročnějších fyzikálních problémů, než jsou běžné školní fyzikální úlohy, žákům 7. až 9. ročníků základních školy a všem žákům středních školy (i když se jí účastní ze středních škol hlavně žáci gymnázií). Na národní soutěž navazuje Mezinárodní fyzikální olympiáda, jejíž již 36. ročník proběhne letos ve Španělsku za účasti pětičlenných družstev nejméně 72 států z celého světa. Druhou významnou soutěží je Turnaj mladých fyziků, který probíhá letos již po osmnácté. Je určen pětičlenným družstvům, v nichž se soustřeďují žáci s velmi vysokým zájmem o odbornou práci ve fyzikální problematice. Jde o týmovou práci, která je obvyklá při vědecké činnosti, a také o obhajování výsledků výzkumné činnosti. Na národní soutěž navazuje Mezinárodní Turnaj mladých fyziků, který letos proběhne ve Švýcarsku. Každoročně již

po 27 let probíhá Středoškolská odborná činnost, které se účastní žáci různých středních škol v 17 odborných kategoriích, včetně fyziky. Také tato soutěž má v oblasti fyziky mezinárodní pokračování – First Step to Nobel Prize in Physics, jež organizuje každoročně Institut fyziky Polské Akademie věd. Astronomická olympiáda probíhá letos druhým rokem a je určena žákům základních škol; i tato soutěž má mezinárodní pokračování, jehož se zatím naše republika neúčastní, neboť mezinárodní kolo je určeno pouze středoškolákům. Již po dva roky je pořádána Evropská soutěž v Sciences (= přírodovědě) pro žáky základních škol, v tomto školním roce byla uspořádána světová soutěž pro středoškoláky v Indonézii.

Nadstandardní činnost se tedy odehrává převážně v rámci mimoškolních aktivit, vyžaduje značné úsilí jak po soutěžících, tak i po organizátorech. Jednotlivé soutěže jsou zpravidla vyhlašovány z pozice Ministerstva jako vyhlašovatele, organizátora a také s jeho finančním zajištěním, ale po odborné stránce se na těchto soutěžích podílejí odborné organizace, jako např. Jednota českých matematiků a fyziků.

10. A závěrem – co na to didaktika fyziky?

Řešení problémů, jež jsou spojeny se zaváděním rámcových a školních vzdělávacích plánů, jsou v podstatě základními úkoly didaktiky fyziky začátku 21. století: jde o to, abychom se vyrovnali s úkolem, který před nás předložila společnost. Před jeho přijetím je nutno zvážit, zda daný úkol je nejen reálný, ale také zda má své opodstatnění. Nelze přijímat úkoly bez dostatečného vnitřního přesvědčení o jejich správnosti. Každý takový úkol, který vede k praktickému řešení, nemůže být prezentován jen na hypotetické úrovni – musí být splněn konkrétně, a to na všech jeho úrovních. Konkrétní rozpracování potom vede i k rozvoji teoretického základu didaktiky. Ve své práci Didaktiky – vědy či nevědy – jsem se snažil ukázat postavení jednotlivých speciálních didaktik přírodovědných disciplín v soustavě našeho poznání, včetně názorů, jež na didaktiky mají odborní pracovníci ve vědách. Zatímco např. experimentální či teoretická fyzika je bezesporu vědeckou disciplínou, zatímco aplikace fyzikálního poznání do praxe, do různých oblastí přírodovědy či techniky se za vědu běžně považuje, je tzv. pedagogická fyzika, jak ji rád nazývá Martin Černožorský, brána spíše jakožto umění, dovednost vyložit fyzikální problematiku jiným (ať dospělým či mládeži) se za vědu nepovažuje i přesto, že každý vědecký poznatek, který není společnosti sdělen, nemůže být za vědecký považován, každá vědecká práce musí být vyložena a obhájena před vědeckým kolektivem..., jenom výklad před „nevědci“ není za vědeckou činnost považován.

Víme však, že kritériem vědy není jen publikování práce v odborném časopise, který je světovou vědeckou komunitou uznáván, nejen prezentován referátem, sdělením nebo posterem na konferenci vědeckých pracovníků, nejlépe na světové úrovni. Kritériem vědecké práce je především čistota myšlení, analýza problému, proces volby, odmítání nebo přijetí hypotéz a současně následná kontrola výsledků s realitou...Vědeckou cestou musí pracovník dospět k relativně novým poznatkům, objevit nové přístroje, nové metody, ... Věda se musí dělat, nejen čekat, až někdo příslušnou činnost za vědu označí.

Reagují fakulty připravující učitele na vznik RVP?

Jana Coufalová, katedra matematiky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni*

Diskuse, které probíhají o rámcových vzdělávacích programech, jsou vždy doprovázeny otázkami týkajícími se přípravy učitelů. Co se mění na fakultách připravujících učitele? Zavedení rámcových vzdělávacích programů klade na učitele nové požadavky. Kdy nastoupí do praxe první absolventi připravení na tak podstatnou změnu, jakou zavedení rámcových vzdělávacích programů v našem školství znamená?

Období přípravy RVP, čas věnovaný veřejné diskusi i náročný legislativní proces vedoucí k jejich schválení se zdají být příliš zdoluhavé, ale na druhé straně vytvořily fakultám připravujícím učitele prostor pro odpovídající změny. Řada jednání (například Asociace děkanů) však ukazuje, že fakulty teprve hledají, jak změnit přípravu učitelů.

V čem spočívá úloha fakult připravujících učitele při zavádění RVP do škol? Co by měl v souvislosti s RVP umět absolvent studia učitelství? Kde jsou dosud rezervy? Dát vyčerpávající odpověď na tyto otázky je bezesporu úkol pro tým odborníků různého zaměření. Pokusíme se proto vymezit pouze některé úkoly, které ze zavedení RVP pro fakulty připravující učitele vyplývají.

1. Seznámení učitelů fakult s RVP

Na fakultách připravujících učitele se otázkami souvisejícími se zavedením RVP do škol nemůže zabývat pouze vedení nebo členové katedry pedagogiky. Není to ani úkol výhradně pro didaktiky. Každý vysokoškolský učitel nemusí znát detailně všechny materiály, ale měl by mít představu o tom, co je cílem RVP a jaké jsou jeho dopady do vzdělávání učitelů, jaké kompetence by měl budoucí učitel získat. Domnívám se, že se požadavky na budoucí učitele z pohledu RVP dají zjednodušeně shrnout do následujících bodů:

- umět tvořit školní vzdělávací program,
- umět učit v souladu s rámcovým vzdělávacím programem a podle školního vzdělávacího programu.

V těchto dvou oblastech má prostor pro působení na studenty každý vysokoškolský učitel. Znamená to zamyslet se nad svým předmětem, hledat možnosti pro vytváření kompetencí učitele, ať již jde o předmět odborně či didakticky orientovaný. Řada vysokoškolských pedagogů vnímá potřebnost změny, ale ne zcela se ztotožňuje s novým pojetím výuky, protože ta vyžaduje změnu jich samých. Často to znamená zcela přehodnotit vlastní způsob výuky, nezaměřovat se na množství osvojených poznatků, ale na výsledný profil absolventa vyjádřený příslušnými kompetencemi.

2. Zpracování nových studijních oborů a jejich předložení k akreditaci

Rámcový vzdělávací program předpokládá, že mnohdy izolované znalosti žáků budou začleňovány do větších učebních celků, které jsou strukturovány a propojovány vzájemnými souvislostmi a vztahy. Tradiční předmětové kurikulum je nahrazováno integrovaným kurikulem, založeným na integraci obsahu vzdělávacích předmětů do tzv. vzdělávacích oblastí (Člověk a technika, Člověk a společnost, Člověk a příroda, Člověk a svět, ...). Uvedené snahy jsou reakcí na to, že s postupující globalizací světa klesá význam konkrétních vědeckých po-

* coufalov@kmt.zcu.cz

znatků a dovedností a roste potřeba orientovat se v množství informací, formulovat a obhájit názory, pracovat v týmu, volit strategie řešení problémů apod.

Vyvstává tedy otázka, zda uvedeným tendencím odpovídá samotná struktura studijních oborů založená na dvouoborovém vzdělávání učitelů, ve které zpravidla každý obor tvoří izolovaný celek. RVP vyžadují učitele s širším pohledem na danou problematiku, se schopností hledat vazby mezi jednotlivými vědními obory, s dovedností řešit problémy z různých úhlů pohledu a různými nástroji. Připravit jakéhosi „multioborového“ učitele stejně kvalitně v každém oboru je zřejmě utopí. Lze však zachovat hlubší vzdělání v jednom nebo dvou oborech a zároveň poskytnout širší obecný základ.

Takový model přípravy učitelů ověřuje Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni, která v tomto roce přijímá první studenty do nově akreditovaného studijního programu Přírodovědná studia. Jedná se o bakalářský neučitelský studijní program, ve kterém student nejprve získá společný teoretický základ celé skupiny oborů (matematika, fyzika, biologie, chemie, geografie, informatika) a teprve později volí svoji kurikulární cestu. Může se rozhodnout pro další studium dvou oborů doplněné volitelným pedagogicko-psychologickým modulem a vytvořit si tak předpoklady pro vstup do navazujícího učitelského magisterského studia, nebo se věnovat hlubšímu studiu jednoho oboru a pokračovat ve studiu neučitelského magisterského oboru na jiné fakultě. V obou případech mu prostor vytvořený pro volitelné předměty umožňuje zapisovat předměty nebo moduly jiných vědních oborů. Konstrukce programu tak odpovídá principům rámcového vzdělávacího programu.

3. Obsahová inovace stávajících studijních plánů

RVP přináší řadu podnětů i pro změnu stávajících studijních plánů „tradičních“ oborů. Za zásadní problém fakult lze považovat malou schopnost kooperace mezi jednotlivými katedrami. Studijní plány tak nevytvářejí organický celek, ale soubor izolovaných modulů nebo předmětů. Tento stav je pokračováním situace, se kterou se student setkal na základní i střední škole. Z hlediska efektivnosti výuky doslova plýtváme časem, když student slyší totéž nebo téměř totéž v různých předmětech. Není právě zde časová rezerva pro rozvoj samostatného myšlení, pro tvořivost, pro spolupráci? Místo soupeření o hodiny a kredity bychom se měli společně zamýšlet nad tím, kde jsou styčné body jednotlivých oborů a kde se obory prolínají. Neplatí to jenom pro katedry garantující studované oborové zaměření, ale i pro katedry pedagogiky a psychologie.

Aby byla příprava budoucích učitelů maximálně efektivní, je třeba těsněji propojit předmětové didaktiky s pedagogickými a psychologickými disciplínami. V pregraduální přípravě to znamená:

- Podrobně analyzovat obsah učiva jednotlivých disciplín a vytvořit systém, ve kterém pedagogicko-psychologické disciplíny vytvoří základ, který budou předmětové didaktiky rozvíjet a konkretizovat, ne opakovat.
- Rozšířit spolupráci mezi odbornými katedrami a katedrami pedagogiky a psychologie při výuce odborných didaktik.

Pro studenty učitelství je mimořádně přínosné, jestliže se například na průběhu seminářů podílí několik kateder. To umožní zkoumat danou problematiku z více pohledů. Seminář může být organizován tak, že v učebně jsou současně přítomni učitelé různých odborností. Například v tématu Řešení slovních úloh studenti objevují s učitelem matematiky různé matematické postupy a zároveň pod vedením psychologa a pedagoga provádějí jejich rozbor z hlediska myšlení žáka, z hlediska vhodnosti pro různé typy žáků se specifickými potřebami apod. Příprava takového semináře je samozřejmě velmi náročná. První pokusy v tomto směru jsme již prováděli. Bohužel byly postavené jen na nadšení několika jedinců a narážely na řadu organizačních problémů. Přesto se domnívám, že

v uvedeném způsobu práce je cesta k učiteli, jehož profil odpovídá rámcovému vzdělávacímu programu.

Organizačně jednodušší je spolupráce na výuce jednoho předmětu formou rozdělení výukového času. V rámci jednoho předmětu se studenti postupně setkávají s odborníky z různých oblastí, schopnými uchopit dané téma z různých pohledů. Takto postupujeme například v předmětu Multimédia ve výuce na 1. stupni. Budoucí učitelé 1. stupně se učí využívat multimediální prostředky ve vyučování matematiky, českého jazyka, prvouky a přírodovědy, na seminářích proto participují katedry českého jazyka, matematiky a fyziky. Obě popsané formy výuky vedou vysokoškolské učitele k vzájemné komunikaci a týmové práci, kterou přirozeně přenášejí i na studenty.

- Umožnit studentům zažít již během studia „na vlastní kůži“ zrušení hranic mezi jednotlivými předměty, rozšířit vzájemnou spolupráci odborných kateder.

Potřeba spolupráce více kateder vzniká například při použití projektové metody. Můžeme ji uplatnit jak v odborné přípravě studentů, tak jako metodu práce se žáky v rámci didaktické přípravy. Společné hledání řešení problému skupinou studentů vyžaduje získávání informací i z oblastí, které nejsou jejich studijním oborem, zveřejnění výsledků práce skupiny zvyšuje pocit zodpovědnosti. Na fakultě zatím nevyužíváme tuto metodu příliš často. Více zkušeností máme s realizací projektů na základní škole. Po několika přednáškách o projektovém vyučování studenti ve skupinkách připravují jednodenní až týdenní projekty, které ověřují v praxi. Na přípravě projektu spolupracují s didaktiky z různých kateder (především z katedry matematiky, biologie, pedagogiky a českého jazyka).

4. Změny v pojetí jednotlivých předmětů

Jedním z cílů základní školy je „podněcovat žáky k tvořivému myšlení, logickému uvažování a k řešení problémů“ [RVP pro základní vzdělávání, část C]. K naplnění tohoto cíle by měl mít každý žák podle svých individuálních potřeb dostatek prostoru a času k aktivnímu osvojení učiva.

Studenti učitelství však sami většinou poznali jen školu, ve které byly poznatky předávány učitelem žákům frontálně, bez ohledu na jejich individuální potřeby a možnosti. Vzdělávání chápou často jako přijetí daných pojmů a algoritmů a nácvik jejich užití v typizovaných situacích. Je známé, že dosud poznaný a osobně prožitý edukační styl silně ovlivňuje pojetí vlastní výuky. Změnit například chápání fyziky u těch, kdo budou fyziku učit, považují za klíčový a zároveň nejobtížnější úkol fakult. Vysokoškolské studium je často poslední možností, jak „přetvořit“ učitele a jeho prostřednictvím změnit vzdělávání na základních školách.

Kritériem kvality studijního programu by nemělo být množství odpřednášené látky, postžení všech dílčích disciplín v co největším rozsahu, ale možnosti, které dává studium studentům pro pochopení myšlenkových postupů, pojmů a vztahů charakteristických pro daný obor. Studenti se musí učit hledat různé modely reálných situací, argumentovat při řešení konkrétních problémů, pracovat v týmu. Pokud sami neprojdou takovou zkušeností, jenom obtížně budou principy RVP uplatňovat v praxi.

Změny v pojetí předmětů se mohou odrazit i ve změně podoby zkoušky. V dosavadním vysokoškolském studiu je zkouška často jednorázovým izolovaným aktem, při kterém je student zkoušen více z toho, jakou má paměť, než z pochopení podstaty učiva, schopnosti aplikace. U zkoušky je většinou sám, nemá možnost prokázat schopnost práce v týmu, spolupráce je dokonce chápána jako něco nežádoucího. Jenom ojedinele je uplatňován odlišný způsob zkoušky, například formou přednášky studenta na předem zadané téma, odborné diskuse skupiny studentů, odpovědi na konkrétní problém s využitím vlastních poznámek a odborné literatury apod.

5. Celoživotní vzdělávání

Zatím jsme se zabývali reakcí fakult na RVP v rámci pregraduální přípravy učitelů. Svoji roli by však měly fakulty sehrát i ve vzdělávání učitelů, kteří již působí v pedagogické praxi. Jejich situace může být do jisté míry náročnější než u „čerstvých“ absolventů. Mají zažitá a „osvědčená“ postupy, budou muset změnit stereotyp práce. Vysokoškolská pracoviště by se měla podílet na přípravě materiálů pro vzdělávání učitelů, na vlastní realizaci tohoto vzdělávání i na jeho evaluaci.

6. Tvorba učebnic a dalších materiálů

Nový charakter vyučování vyplývající ze zásad RVP, vznik nových učebních celků a nových předmětů bude vyžadovat také vznik jinak koncipovaných učebnic a metodických materiálů. Takovou náročnou a zodpovědnou práci nemůže zvládnout ani velmi erudovaný jednotlivec. Je to výzva pro vznik týmů sestavených z učitelů základních a středních škol, z vysokoškolských učitelů i dalších odborných pracovníků.

Úspěšnost rámcových vzdělávacích programů bude záviset na učitelích. Z uvedených úvah vyplývá, že vysoké školy mohou do značné míry zavádění RVP do praxe ovlivnit. Většinou si to uvědomují, ale propracovaný systém přípravy budoucích učitelů v duchu očekávaných změn na základních a středních školách chybí. Uvědomíme-li si, že učitelské studium trvá 4–5 let, musíme přiznat, že fakulty připravující učitele zůstaly požadavkům praxe zatím hodně dlužny.

Literatura:

- [1] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. VÚP, Praha 2003.
- [2] Hejný M., Kuřina F.: *Dítě, škola a matematika*. Portál, Praha 2001.
- [3] Coufalová J.: *Možnosti vyučování matematiky v integraci předmětů 1. stupně*. In: *Cesty (k) poznávání v matematice primární školy*. Univerzita Palackého, Olomouc 2004.

O co a jak se snažíme v přípravě učitelů fyziky na MFF UK

Leoš Dvořák*, katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

1. Úvod: Víme o čem se snažit?

Jaké učitele fyziky chceme připravovat a vychovávat? Při diskusi o moderních trendech v přípravě učitelů fyziky je přirozené zamyslet se i nad touto základní otázkou. Odpovědi mohou být buď velmi vzletné, nebo naopak dosti skeptické. Někde mezi tím snad je místo pro rozumný realistický pohled.

V současné době se hodně mluví o *kompetencích*, resp. *klíčových kompetencích*. Zadáme-li vyhledávači Google slovní spojení „klíčové kompetence“, dostaneme (k datu zahájení této konference) 1180 odkazů, na „key competencies“ přes 58 tisíc odkazů a pokud netrváme na pořadí slov, pak více než 1,1 miliónu odkazů. Jde o kompetence, které vyžadují zaměstnavatelé (viz např. [1]), kompetence, která má u žáků a studentů rozvíjet škola (zde odkaz na RVP uvádět asi netřeba), atd. až po kompetence, které má mít učitel. A které bychom tedy při jeho přípravě měli rozvíjet my, kdo budoucí učitele připravujeme.

Přehled kompetencí, kterými by měl disponovat učitel fyziky, se pokusila formulovat např. D. Nezvalová ([2]). Ke kompetencím učitele (a speciálně i učitele fyziky) lze najít řadu názorů i na webu, pod jinými názvy by bylo možno najít řadu požadavků na učitele ve starší i novější pedagogické a didaktické literatuře.

Je naším cílem ideální učitel?

Nechci zde prezentovat jakoukoli novou typologii kompetencí učitele fyziky nebo nějak shrnovat dosavadní třídění. Nemohu se totiž zbavit dojmu, že pečlivě sepsaný soubor kompetencí představuje v praxi nedosažitelný ideál dokonalého učitele a adepty učitelství, resp. budoucí učitele může spíše vyděsit. Méně by zde možná bylo více.

Je samozřejmé, že jisté základní vlastnosti, znalosti, dovednosti, atd., tedy základní míru určitých kompetencí, musí učitel splňovat. Učitel, který by zoufale neovládal svůj předmět nebo který by například urážel, ponižoval či šikanoval své žáky a studenty, by neměl mít ve škole místo. Osobně jsem však přesvědčen, že jedním z nejdůležitějších znaků výborného učitele je, že je to v dobrém smyslu slova **osobnost**.

Že je osobnost učitele pro vzdělávání velice důležitá, je nepřímou vidět i z nejrůznějších pedagogických a didaktických výzkumů, kde často bývá zdůrazňováno, jak obtížné je zjistit skutečný vliv nové metodiky, způsobu výuky atd. – právě proto, jak silně se do výsledků promítá osobnost učitele.

Reálně musíme také respektovat **rozmanitost** učitelů (jejich stylů, přístupů, metod, které jsou jim vlastní). Nejde přitom o nutné zlo, s nímž bychom se museli jen smířit. Představa jednotného šiku stejných ideálních učitelů má blíž k vizi světa robotů než lidí. Osobnosti přirozeně mohou být různého typu, a tak mnoho dobrých učitelů fyziky může žáky zaujmout pro svůj předmět – a přitom každý něčím jiným. Jeden nádhernými experimenty, druhý brilantní a poutavou prezentací teorie. (Z vlastní zkušenosti si vybavuji prof. Kvasnicu, který dokázal jen s křídou a tabulí strhnout i středoškoláky tak, že téměř nedýchali.) Další zaujme jasným a strukturovaným výkladem, jiný naopak určitou „rozevlátostí“, jeden „renesančním záběrem“ s odkazy do kultury a historie, jiný jednoduchými experimenty, na něž si žáci sami sáhnou a

* Leos.Dvorak@mff.cuni.cz

kteří diskutují a rozebírají. Praktické „jiskření“ a souznění s žáky a studenty je důležitější než to, zda učitel slovně vyznává konstruktivismus či jiný z moderních trendů.

Bylo by tedy chybou připravovat učitele podle jedné šablony. Navíc, osobnost nelze do budoucích učitelů jednoduše „nalít“ (ani ji nelze známkovat při zkouškách). Na druhé straně zřejmě není pravda, že osobností buď někdo od narození je, nebo není a nedá se s tím nic dělat. Učitel většinou v osobnost musí **vyrůst a vyžrát**. Domnívám se proto, že jedním z nejdůležitějších úkolů ve studiu učitelství je **dát studentům podmínky pro tento růst a vývoj**. To samozřejmě neznamena umetat jim cestičku či klást na ně jen malé nároky. Ale odstraňovat nejrůznější bariéry, pobízet k aktivní činnosti, dávat zajímavé úkoly, ... (Chtělo by se říci dokonce: dávat dobré vzory a snažit se být příkladem. Ovšem v pokoře před náročností tohoto úkolu si vždy vybavím citát, snad ze Šimka a Grossmanna, že „Pedagog má být svým žákům příkladem. Nejde-li to jinak, tak alespoň příkladem odstrašujícím.“ Občas, když se mi něco obzvlášť „vyvede“, používám tento citát i na svých fyzikálních přednáškách pro budoucí učitele...)

Trocha futurologické skepse

Při úvahách o tom, jak a nač připravit budoucí učitele, bychom neměli zapomenout na jeden důležitý faktor: čas. Respektive na délku období, kdy budou budoucí učitelé aktivně působit.

Věk pro odchod do důchodu se bude asi spíše prodlužovat, takže není nereálné počítat s věkem 65 let. Učitel nastoupí do své profese ve věku asi 25 let, takže délka jeho profesionální kariéry bude zhruba 40 let. To znamená, že studenti, kteří letos nastoupí do prvního ročníku učitelského studia, budou učit asi do roku 2050! (Vykřičník zde znamená zvýraznění, nikoli faktoriál, tak dlouhou kariéru před sebou budoucí učitelé zas nemají. :-) Tedy do poloviny 21. století!

Zkusme si promítnout, co z doby před téměř půlstoletím přetrvalo a co zapadlo. Alespoň z našich oborů – fyziky a vzdělávání. Něco je stejné či patří již k „folklóru“ – třeba stesky na to, jak je na tom každá mladší generace hůř s množstvím a kvalitou vědomostí... Ale vážně: kdo dnes používá třeba logaritmické pravítko? Kdo by dnes byl nadšen vyučovacími stroji? A naopak: asi nikdo, ani z futurologů a fantastů, nepředvídal nástup a rozšíření osobních počítačů. (Mobilů ano, i když představy o jejich využití byly někdy úsměvné.) Na druhé straně často futurologie a fantasté přestřelili. Například razantní nástup lidstva do vesmíru se nekonal. (Slavný román A. C. Clarka se jmenuje *2001: Vesmírná Odyssea*.) Ale nejde jen o fyziku. V polovině minulého století neměli učitelé ponětí o rozsáhlosti problematiky specifických poruch učení...

Jak si tedy můžeme být jisti, že dnes můžeme odhadnout, co budou příští učitelé fyziky v dlouhodobém výhledu potřebovat? Futurologie sotva vidí dál než „za roh“ a nová doba zřejmě přinese nové požadavky a nové výzvy. Za dvacet let se možná budeme dohadovat, zda a jak do středoškolské výuky zařadit teorii superstrun a za čtyřicet let mohou být žhavé diskuse, jak zkoušet žáky, kteří jsou mozkovými implantáty propojeni s počítači a mají „rychlostí myšlenky“ přímý přístup k rozsáhlým databázím znalostí...

Jedním ze základních požadavků na učitele budoucnosti tak zřejmě bude **přizpůsobivost**. Ne ve smyslu bezpáteřnosti a schopnosti točit se jako korouhvička (to doufejme opravdu ne), ale ve smyslu **otevřenosti novému**, ochoty dál se rozvíjet, učit se nové věci a jít dopředu se svými žáky. I to asi bude patřit k potřebným osobnostním kvalitám a i to bychom se měli snažit u budoucích učitelů rozvíjet.

Ostatně už dnes se „zčistajasna“ vynořily Rámcové vzdělávací programy a s nimi požadavky na zcela nový pohled a změnu řady věcí, které byly zažité a tradiční. Jak to udělat a při-

tom „nevylít s vaničkou i dítě“, tedy nepřijít o to dobré, co dosud fungovalo, je jednou z výzev, s nimiž jsme konfrontováni už nyní.

2. Co konkrétně děláme pro lepší přípravu učitelů fyziky

Obraťme se od tu vzletných, tu skeptických obecných úvah zpět na zem, do každodenní reality. A ptejte se, co konkrétně děláme pro přípravu budoucích učitelů fyziky.

Dva mýty o MFF a učitelství

O MFF UK a studiu učitelství se myslím tradují dva „mýty“:

- „Matfyz“ není pro normální lidi. (Je pro ně příliš těžký a vůbec.)
- Při přípravě učitelů se na MFF hledí jen na odbornou stránku.

Na příkladu studia učitelství fyziky bych chtěl tyto mýty zpochybnit a vyvrátit. Zaměřím se spíše na druhý z nich. Ten první, o normálnosti či nenormálnosti studentů či pracovníků MFF, si nejlépe rozptýlíte kontaktem s konkrétními studenty a pracovníky. Ostatně výčet akcí a aktivit, jichž se naši studenti učitelství zúčastňují, ukáže, že nejde o žádné oběti profesionální deformace, zažrané jen do své odbornosti a pomíjející empatii, kontakt s lidmi apod. Ukáže i to, že ve studiu učitelství u nás zdaleka nejde jen a jen o matematiku a fyziku.

Struktura studia

Celkovou strukturu studia učitelství na MFF nebudu detailněji popisovat. (Zájemce může nahlédnout na webové stránky [3]). Pouze připomenu, že studium je již rozděleno na *bakalářské* (3 roky) a *navazující magisterské* (2 roky), po němž může následovat *doktorské* studium (v prezenční či kombinované formě). Učitelství fyziky se nově studuje v rámci studijního programu Fyzika.

Příslušný obor bakalářského studia se jmenuje *Fyzika zaměřená na vzdělávání* a obsahuje studijní plány *Fyzika-matematika* (resp. *Fyzika-matematika pro základní vzdělávání* v případě oboru, který směřuje k učitelství na 2. stupni ZŠ). Fyzika a matematika jsou v těchto studijních plánech rovnoprávnými a shodně dotovanými obory. Magisterské studium zahrnuje obory *Učitelství fyzika-matematika pro SŠ* a *Učitelství fyzika-matematika pro 2. stupeň ZŠ* a případně kombinace výuky učitelství s některou fyzikální specializací.

Oprávněný dotaz by mohl znít: Dobře, příprava učitelů fyziky na MFF tedy běží – co se ale dělá pro její zlepšení? Zkusím odpovědět konkrétními příklady seminářů, soustředění a dalších aktivit, které jsme zavedli v posledních několika letech a hodláme rozvíjet i nadále. V žádném případě to neznamená, že bych chtěl předkládat model, jak příprava učitelů fyziky *má* či dokonce musí vypadat. Ale snad může tento souhrn posloužit někomu pro inspiraci, nebo být podkladem k diskusi o konkrétních zkušenostech.

Výběrové semináře v bakalářském studiu (na pomezí fyziky a didaktiky)

V bakalářském studiu jsme v průběhu posledních let zavedli nepovinné semináře, které pomáhají odstraňovat bariéry mezi „vysokoškolskou fyzikou“ a „středoškolskou fyzikou“ (resp. i fyzikou na úrovni ZŠ). Budoucí učitelé si v nich „sáhnou“ na řadu jednoduchých experimentů, které by v ideálním případě měli mít zažitě ze ZŠ a SŠ – ale v praxi, jak se ukazuje, často nemají. Smyslem zde je, aby se „vysokoškolská fyzika“ nebudovala na předpokládaných základech, které ale studentům reálně chybí. Navíc se v průběhu těchto seminářů studenti přirozeně seznamují i s didaktickými aspekty věci: jak lze daný pokus prezentovat, proč volit právě tento způsob vedení hodin apod. A nejde jen o experimenty – spíše

o celkové budování zkušenosti s danou oblastí fyziky, rozvoj řady dovedností, „fyzikálního citu“ atd. A v nemenší míře i o rozvoj neformálních kontaktů VŠ učitelů s posluchači, o atmosféru, v níž se studenti neostýchají ptát, říci, že něčemu nerozumí, společné hledání odpovědí na otázky, ... Na podrobnější prezentaci a zhodnocení těchto aktivit zde není prostor, snad někdy jindy. Za zmínku však ještě stojí ohlas od posluchačů – přestože jde o výběrovou výuku, navštěvuje semináře naprostá většina budoucích učitelů a jejich reakce jsou velmi pozitivní. Zmíněný charakter mají zejména semináře:

- *Fyzika I prakticky* (v 1. semestru studia)
- *Elektřina a magnetismus krok za krokem* (ve 2. semestru)
- *Optika krok za krokem* (ve 3. semestru; seminář běžel v roce 2004/05 poprvé)
- *Praktický úvod do elektroniky* (ve 2. ročníku, v minimálním rozsahu 0/1 je seminář povinný, v rozšířeném rozsahu výběrový).

K tomuto výčtu bychom mohli přidat ještě další výběrové semináře zaměřené více na samotnou fyziku (*Molekulová fyzika, Vlnění a akustika*). Zvláštní postavení má seminář *Fyzikální panorama*. Jde o seminář pro 3. ročník, kam jako přednášející zveme pracovníky z fyzikálních kateder, event. ústavů AV ČR, kteří budoucím učitelům dle možnosti srozumitelně představují své obory. Cílem je rozšířit „fyzikální povědomí“ budoucích učitelů i o obory, které jsou trochu mimo klasickou strukturu běžných fyzikálních kurzů (např. o geofyziku, meteorologii, fyziku nízkých teplot, fyziku plazmatu atd.). Výčet všech změn a novinek, stejně jako dále, není úplný, zmiňuji jen tu nejvýraznější a pomíjím vývoj např. ve „standardních“ přednáškách.

Výběrové semináře v magisterském studiu (na pomezí didaktiky a pedagogiky a psychologie)

Ke „klasické“ výběrové výuce patří *Praktika školních pokusů III, IV a V*. K nim postupně přibyly další semináře:

- *Problémy fyzikálního vzdělávání*. Seminář pro pracovníky katedry, studenty a doktorandy, kde referují pracovníci katedry i jiných pracovišť, event. i studenti, a kde je místo na diskusi. Tematická šíře je značně rozsáhlá, takže zde na jedné straně bývají vystoupení diplomantů, na druhé straně vystoupení a prezentace pracovníků jiných fakult či učitelů (třeba o zajímavých pokusech, metodách výuky apod. až třeba po přednášku o metakognici).
- *Heuristické metody výuky fyziky*. Řada seminářů vycházející ze zkušeností projektu Heureka. Semináře tvoří dvouletý souvislý kurz. V prvním roce běžel pilotně tak, že za něj studenti nedostávali žádné body, nyní již je částí normální výběrové výuky. Navzdory svému názvu se dotýká i pedagogicko-psychologické problematiky.
- *Metodologie pedagogického výzkumu*. Seminář určený zejména pro doktorandy, resp. studenty posledního ročníku.
- *Moderní trendy fyzikálního vzdělávání*. Jednosemestrální seminář pro doktorandy a studenty nejvyšších ročníků, který běží letos poprvé a snaží se seznámit s některými snahami a výsledky z oblasti „Science Education Research“, resp. „Physics Education Research“ a s možnostmi jejich uplatnění ve výuce.

Pedagogicko-psychologické výběrové semináře

Dlouholetou tradici má *Pedagogický seminář*, který rozvíjí základní přednášku z Pedagogiky. Na tento seminář jsou jako přednášející zváni odborníci z praxe, event. i zkušení učitelé, což je studenty velmi oceňováno. V posledním roce jsme zavedli další semináře:

- *Sociální dovednosti a práce s lidmi*. Dvousemestrální seminář, který bude od školního roku 2005/06 povinný pro 3. ročník bakalářského studia budoucích učitelů. Je veden pracovníky Filozofické fakulty UK a jimi vybranými spolupracovníky. Ve školním roce 2004/05 se realizoval jeho pilotní běh, který navštěvovali zejména posluchači vyšších ročníků (a též několik posluchačů jiných oborů, konkrétně informatiky). Po dohodě se konal ve čtyřhodinových blocích, jeden prodloužený blok běžel výjimečně i v sobotu.
- *Rétorika a komunikace s lidmi*. Seminář, který rovněž letos běžel pilotně, na bázi naprosté dobrovolnosti (studenti za něj nedostávali žádné body). Přesto jej navštěvovalo asi 15 účastníků a díky zájmu se z původně plánovaného jednoho semestru protáhl na oba semestry.

S tím, jak bude postupovat reforma studia, budeme zavádět i další předměty z pedagogicko-psychologické oblasti.

Soustředění a víkendové semináře

Kromě výuky „ve školních škamnách“ se snažíme přípravu budoucích učitelů fyziky rozvíjet i formou různých výjezdních seminářů a soustředění. K nim patří:

- *Jarní soustředění pro budoucí učitele fyziky a „spřízněné duše“* na Malé Hrašticí. Jde o soustředění, které začalo v roce 1997 téměř „partyzánsky“ s pouhými deseti účastníky včetně vedoucích a bez jakékoli předběžné podpory. (Až po soustředění jsem požádal studijního proděkana, zda by mohl formou mimořádného stipendia uhradit posluchačům cestovní náklady.) Další rok již nás bylo víc, třetí rok již šlo o „tradiční“ a plánovanou akci, z níž pak bylo co prezentovat i na konferencích (viz [4], [5]). V posledních letech na toto 4–5denní soustředění jezdí kolem třiceti účastníků. V posledních dvou letech jsou to již i někteří učitelé fyziky ze škol (a to nejen naši absolventi, kteří jezdili už dříve). Miniprojekty, odborný a mimoodborný program, neformální atmosféra, ..., to vše činí hraštické soustředění zajímavou a inspirativní záležitostí, kde si toho vždy hodně nového vyzkoušíme a leccos se naučíme. Atmosféru mohou přiblížit webové stránky [6].
- *Podzimní výjezdní víkendové semináře s pedagogicko-psychologickým zaměřením*. Konají se od roku 2000, vždy pro 20–30 účastníků. Zaměření se střídá: kreativita, zážitková pedagogika, práce v malých skupinách, komunikace, ...
- *Víkendové „minisoustředění“ pro budoucí posluchače učitelství*. Relativně nová akce, červnový víkend na Malé Hrašticí pro posluchače učitelství ještě před jejich nástupem na fakultu. Zatím spíše pro malý počet účastníků; může ale dobře „nastartovat“ spolupráci posluchačů v prvním ročníku. (Toto je čerstvá zkušenost z tohoto školního roku.) Zvláštností této akce je, že ji pro své budoucí kolegy pořádají sami posluchači učitelství fyziky.
- *Víkendové semináře projektu Heuréka*. O projektu Heuréka již bylo referováno jinde (viz např. [7]–[9]). Nejlepší představu, kromě přímé účasti, pak asi dají webové stránky [10]. Pro studenty učitelství, kteří participují na projektu, se uskutečnily dva zimní víkendové semináře; studenti se účastní i některých dalších seminářů.
- *Velké semináře Heuréky (Jiráskovo gymnázium Náchod, září 2002, 2003 a 2004)*. V posledních dvou letech mají tyto semináře formu řady dílen vedených většinou samotnými učiteli fyziky. (Jedna dílna v roce 2003 byla vedena posluchačem učitelství fyziky.) Jde již do-

konce o seminář s mezinárodní účastí, a to nejen ze Slovenska (viz [11]). Posluchači učitelství fyziky jsou aktivními účastníky těchto seminářů.

Další aktivity

Další aktivity, na nichž se podílejí studenti učitelství fyziky, zmíním už jen stručně, spíš jako ukázkou toho, že dlouhodobá neformální práce se studenty se zdá se zúročuje i v jejich aktivitách a ochotě pomoci tam, kde je potřeba.

- *Vedení letního matematicko-fyzikálního tábora pro středoškoláky.* (Viz webové stránky [12].) Tábor jsem sám několik let vedl jako hlavní vedoucí a dlouhodobě jsem se výrazně podílel na jeho odborném programu. Vloni jsem jej již předal mladší generaci. Nyní je jeho vedení z větší části již v rukou doktorandů a studentů.
- *Server Fyzweb.* ([13]) I jeho redakci, provoz i správu serveru zajišťují převážně studenti.
- *Kroužky fyziky.* Jak fakultní kroužek pro středoškoláky, tak několik kroužků „pro nejmenší“ na prvním stupni ZŠ.
- *Pomoc při akcích zaměřených na propagaci fyziky, na prezentaci některých projektů a aktivit atd.* Jedná se například o akce typu Invence, PAU, akce programu Physics On Stage, pomoc při organizaci Univerzity třetího věku, konference Veletrh nápadů učitelů fyziky a dalších. Při všech těchto akcích je velmi příjemné, že se můžeme obrátit na nemalou skupinu studentů, kteří, když mohou, neváhají pomoci.

3. Obecná charakteristika našeho přístupu, přínosy a problémy

V této části bych se chtěl pokusit o jistý nadhled, stručně zformulovat základní zásady, které se nám osvědčily, připomenout, co v našem přístupu vnímáme jako klady a na jaké narážíme problémy.

Mezi nepsané, ale důležité zásady patří:

- *Důraz na aktivní práci* budoucích učitelů. Toto je vyjádřeno naším mottem, konstatujícím, že fyziku všichni děláme **vlastními rukama a hlavou**. Přitom je třeba říci, že jde opravdu o práci, nikoli o nezávaznou zábavu, s níž bývají někdy aktivizující metody neoprávněně směřovány.
- *Dobrovolnost.* Vedle věcí, které jsou ve vysokoškolském studiu povinné, je dobře dát studentům *příležitost* rozvíjet své znalosti, dovednosti, kompetence, ..., ne je ke všemu nutit. Za své vzdělání nesou odpovědnost sami. A jak praví staré přísloví „Můžeš přivést koně k vodě, ale nemůžeš ho donutit, aby pil.“
- *Dostatečně široká škála* nabízených možností a aktivit.
- *Neformální, přirozená komunikace* se studenty. Důležité je navodit *atmosféru důvěry*, v níž se studenti nebojí ptát, formulovat hypotézy, diskutovat o problémech.
- *Důraz na spolupráci*, ne na soutěž.
- *Provázanost, volná propojenost, neformální integrace* a *synergie* většiny výše zmíněných aktivit.
- *Otevřenost* v širokém slova smyslu – novým nápadům a podnětům, lidem a zkušenostem z praxe, ...

Samozřejmě, tyto zásady nejsou něčím, co by se dalo „odškrtávat“, ale spíše přirozenými principy, jichž se snažíme držet, protože zkušenost ukázala jejich užitečnost.

Proč výše uvedené aktivity a způsoby práce hodnotíme jako přínosné? Zmiňme alespoň základní důvody:

- Zdá se, že vcelku *fungují*. Alespoň ohlas z řad posluchačů je výrazně kladný. Ostatně skutečnost, že studenti se některých aktivit účastní zcela bez jakékoli „odměny“ ve formě např. bodů apod., mluví sama za sebe.
- Zmíněné aktivity pomáhají *odstraňovat* nebo alespoň *snižovat* nejrůznější *bariéry*: bariéru mezi „VŠ a SŠ fyzikou“, mezi „školskou fyzikou“ a reálným světem a v neposlední řadě bariéru mezi „my“ a „oni“ (v tomto případě mezi VŠ studenty a VŠ učiteli).
- Poskytují *inspiraci* pro další práci. Ať už na „technické úrovni“ (náměty na experimenty či konstrukce přístrojů), na úrovni výukových metod nebo obecně, co se týče rozvoje vztahu učitel–žák. Inspirativní jsou přitom pro obě strany, tedy pro budoucí učitele i pro nás, kdo je připravujeme.

Aby to nevypadalo, že vše lakuji na růžovo, musím zmínit i problémy, které tento způsob práce přináší:

- Prvním problémem jsou *nároky*: na čas, energii a zčásti na finance. (Uzavřít se do věže ze slonové kosti by samozřejmě bylo jednodušší. :-)
- I od nás, VŠ pracovníků působících na studiu učitelství, to vyžaduje přijmout měnící se roli učitele. Z vlastní zkušenosti vím, že někdy to znamená poprat se se svým vlastním vnitřním konservatismem.
- Kladem i záparem je fakt, že stále je co vylepšovat. Snahy o zlepšování přípravy učitelů fyziky jsou tak trochu „nekonečným příběhem“. Jako zápor a nevýhodu to vnímám ve chvílích, kdy převládne únava a pocit, že (v duchu černé královny z Alenky za zrcadlem) člověk musí běžet jak nejrychleji může, aby alespoň zůstal na místě. (Asi je to přirozené a má to paralelu v evoluci, jak ukazuje Matt Ridley v knize Červená královna.) Nahlíženo pozitivně, je vlastně tato „never-ending story“ úžasnou příležitostí a nádherným dobrodružstvím...

4. Závěr

Co si vlastně z výše uvedeného může čtenář vybrat? Má si myslet, že výše uvedené je jediný a správný model, jak připravovat budoucí učitele fyziky? Nebo spíše propadnout dojmu, že autor článku ho napsal jen proto, aby se pochlubil tím, co se povedlo? (Resp. o čem si autor myslí, že se povedlo. :-)

Již výše jsem zdůraznil, že to, jak připravujeme budoucí učitele fyziky, nechceme vydávat za návod, jak se to má či musí dělat. A zdaleka si nemyslíme, že bychom neměli co zlepšovat. Naopak se zdá, že seznam úkolů a námětů, co vylepšit, stále roste. Článek je tedy spíše stručnou zprávou o tom, jakou cestou v přípravě učitelů jdeme a kam jsme se dosud dostali. Pokud bude pro kohokoli dalšího v něčem inspirací či podnítí další diskuse, splní svůj účel.

Co můžeme nabídnout

Co, kromě výše uvedené stručné prezentace našich aktivit, můžeme nabídnout vám, kdo se pohybujete v oblasti přípravy učitelů fyziky nebo jste sami učiteli?

- Diskusi a výměnu zkušeností. Přirozeně, v řadě případů již o sobě víme a vzájemně oceňujeme svou práci, ale přece jen by intenzivnější výměna informací mohla být oboustranně prospěšná. (Přiznávám, že tato nabídka není zcela nesobecká. Jsme zvědaví, co kde děláte lépe a čím bychom se mohli inspirovat.)

- Účast na některých akcích, které pořádáme. Samozřejmostí je nabídka účasti na konferenci *Veletrh nápadů učitelů fyziky* (viz [14]). V letošním roce (2005) jde o jubilejní, již desátý ročník. Ale i pokud se tento text k vám dostane až po datu konání Veletrhu, berte to jako pozvánku také na ročníky další. (Správně bych měl mluvit jen za ty ročníky, které budeme pořádát v Praze, a také tu trochu futurologicky předvídám, že Veletrh nápadů nezanikne, ale věřím, že se bude dále rozvíjet a že i organizátoři v jiných místech budou stejně vstřícní, jako byli dosud.)
- K Veletrhu nápadů lze nabídnout ještě jednu věc. V letošním roce bude vydáno CD, které bude zahrnovat většinu příspěvků z uplynulých devíti ročníků této konference plus něco málo navíc. Půjde o bohatý zdroj informací, zejména námětů na experimenty, který snad ocení nejen pracovníci fakult připravujících učitele fyziky, ale i učitelé v praxi. Máte-li zájem, přihlaste se.
- Ty z vás, kdo by chtěli zažít, jak se dají realizovat fyzikální miniprojekty v netradičních, trochu „polních podmínkách“, zvu na jarní hraštické soustředění (viz [6]). Předem prosím o domluvu, nejlépe e-mailem, protože počet účastníků je omezen. Věřím ale, že pro zájemce z řad učitelů se místo najde. Vydržíte-li několik nocí ve spacáku (vlastní stan je výhodou, ale ne nutností), jste zváni.
- Neformálním seminářem, na který také zveme, je „velký“ seminář Heuréky na Jiráskově gymnáziu v Náchodě. Koná se tradičně koncem září, informace a kontakt lze najít na webu Heuréky [10]. Zatím se každoročně účastnilo asi 50 učitelů a budoucích učitelů fyziky, ale kapacita tím není vyčerpána. Předchozí zapojení do projektu Heuréka není podmínkou. Neplatí se žádné vložné, i ubytování je zdarma (ve škole na matracích ve vlastních spacácích). Máte-li zájem, ozvěte se, vloni a předloni dílny rozhodně stály za to!
- Další nabídka se týká zveřejnění Vašich informací na serveru Fyzweb. Může jít o upozornění na chystané akce (pro něž je určena část Kalendář), o popis zajímavých experimentů, vlastních konstrukcí přístrojů (pro ty je určena část Dílna), zajímavé odkazy apod. Prostě o všechno, co může zajímat další učitele fyziky, studenty či jiné zájemce. Takovéto informace mají na Fyzwebu své místo. Neváhejte nám je poslat. Kontaktní adresu najdete přímo na stránkách Fyzwebu [13].

A zcela nakonec ani ne tak nabídka, jako spíše výzva. Jste-li učitelé fyziky a děláte-li cokoli zajímavého, netradičního apod., ozvěte se nám. Je dobře o sobě navzájem vědět, vyměňovat si zkušenosti a vzájemně se inspirovat. S řadou učitelů ze škol už nám tahle spolupráce funguje – a máme zájem tuhle „sít kontaktů“ udržovat a rozšiřovat. Ne náhodou se v rámci závěrů z evropského programu Physics On Stage 2 objevilo doporučení pěstovat kontakty univerzit a učitelů ze škol na bázi **vzájemného partnerství**. Tedy nikoli tak, že by „chytré univerzity“ říkaly „od zeleného stolu“ školám a učitelům, co a jak musí učit, ale tak, že při leckdy nelehkém rozvoji fyzikálního vzdělávání budeme intenzivně využívat jak odborný potenciál univerzit, tak zkušenosti učitelů z praxe. Zakládat a rozvíjet toto partnerství se snažíme už v přípravě budoucích učitelů – a o totéž se budeme snažit i v budoucnu v nejrůznějších formách dalšího vzdělávání učitelů.

Literatura

- [1] Belz H., Siegrist M.: *Klíčové kompetence a jejich rozvíjení*. Český překlad Portál, Praha 2001.
- [2] Nezvalová D.: *Kompetence a standardy v pregraduální přípravě – slabá či silná stránka instituce vzdělávající učitele?* In: Sborník z konference *Kompetence a standardy ve fyzikálním vzdělávání učitele a žáka*. Olomouc, září 2004. Ed. D. Nezvalová. UP Olomouc, 2004. s. 7–22.

- [3] <http://www.mff.cuni.cz/>
- [4] Dvořák L.: *Trocha heuristiky z Malé Hraštic*. In Sborník konference *Veletrh nápadů učitelů fyziky 5*. (Praha, srpen 2000). Ed.: K. Rauner. ZČU Plzeň, 2000. s. 146.
- [5] Dvořák L.: *On the Road to Hraštic Tables (Non-traditional Elements in Pre-Service Training of Physics Teachers)*. In: Sborník z konference *Science and Technology Education in New Millennium*, Prague, June 2000, Ed. R. Šulcová. s. 238–242
- [6] <http://kdf.mff.cuni.cz/hrastice/>
- [7] Koudelková I.: *Jak nás baví fyzika v projektu Heuréka*. In: Sborník semináře „...aby fyzika žáky bavila...“ (Vlachovice, říjen 2003). Ed.: R. Kolářová, Z. Pinkasová. UP Olomouc 2003. s. 163–167.
- [8] Koudelková I.: *Novinky v projektu Heuréka 2002–2004*. In: Sborník z konference *Veletrh nápadů učitelů fyziky IX*. (Brno, srpen 2004). Svazek 2. Ed. J. Smetanová, P. Sládek. Pedf MU Brno 2004. s. 60–61.
- [9] Koudelková I., Dvořák L.: *Heureka: Hands- and Minds-on Physics at School*. In: *Teaching and Learning Physics in New Context*. Proceedings of the conference GIREP 2004, Ostrava, July 2004, Ed.: Mechlová E., University of Ostrava, Ostrava, 2004, s. 209–210.
- [10] <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/>
- [11] Swinbank E.: *Reporting from a mattress in Nachod...* In: *Physics Education* **40** (2005), No. 1, p. 5.
- [12] <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor/>
- [13] <http://fyzweb.cuni.cz/>
- [14] <http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh>

Příprava budoucích učitelů fyziky na tvorbu a realizaci školních vzdělávacích programů

Kolářová Růžena*, katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Má-li být kurikulární reforma úspěšná, je třeba na ni systematicky připravovat nejen učitele v praxi, ale i nové absolventy učitelského studia. Ve svém příspěvku bych chtěla naznačit, jaké příležitosti poskytujeme našim studentům učitelství fyziky pro 2. stupeň základní školy, aby se po nástupu do škol mohli aktivně zapojit jak do tvorby školních vzdělávacích programů (dále ŠVP), tak především do jejich realizace a postupného, nikdy nekončícího procesu jejich zkvalitňování.

1. Aby učitel mohl účinně a systematicky rozvíjet u žáků základní kompetence obsažené v rámcovém vzdělávacím programu (dále RVP) základního vzdělávání, musí být především sám vybaven příslušnými **sociálními kompetencemi, komunikativními dovednostmi a schopnostmi týmové práce**. Jednou z cest k získávání a rozvíjení těchto kompetencí našimi studenty je dvousemestrální seminář **Sociální dovednosti a práce s lidmi** zařazený v druhém ročníku bakalářského studia oboru Fyzika zaměřená na vzdělávání. Pro představu o cílech tohoto semináře cituji jeho anotaci:

„Seminář je zaměřen na nácvik sociálních dovedností potřebných v povoláních, kde je významným prvkem spolupráce a řízení skupin lidí (například učitelství): Verbální a neverbální komunikace. Týmová spolupráce. Strategie řešení problémů. Sociální konflikty a jejich zvládnutí. Asertivita. Autorita a řízení. Časový management a mentální mapy. Metody výuky využívané v semináři předpokládají aktivní zapojení studentů. Uplatňuje se například simulace, nácvik, hraní rolí, řešení problémů, skupinová práce, činnostní a prožitkové metody, brainstorming, mentální mapy.“

K rozvoji uvedených kompetencí jsou určeny i volitelné semináře *Psychologické praktikum* (seminář využívající psychologických a částečně i dramaterapeutických technik k prohloubení sebepoznání, lepšímu porozumění vztahům a dění ve skupině a nácviku některých technik práce se skupinou) a *Rétorika a komunikace s lidmi* (seminář zaměřený na praktické zvládnutí nejdůležitějších zásad práce s hlasem a mezilidské komunikace).

2. Fyzikální vzdělávání na základní škole by se mělo velmi podstatně podílet na rozvíjení **kompetencí k řešení problémů** a s tím související schopnosti samostatného „objevování“ nových poznatků. Naši studenti mají možnost si sami prakticky vyzkoušet roli žáků aktivně „objevujících“ nové poznatky ve výběrovém semináři **Heuristické metody ve výuce fyziky**, nebo ve výběrových seminářích **Elektřina a magnetismus krok za krokem** a **Optika krok za krokem**.
3. Se základními ideami **RVP** pro základní vzdělávání a možnostmi jejich realizace v **ŠVP** se studenti postupně seznamují v přednáškách a seminářích z **Didaktiky fyziky**.

Nejprve v oblasti *cílů* promýšlejí, jak lze v oblasti fyzikálního vzdělávání přispět k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí.

Při poznávání různých *metod a forem* výuky, využití fyzikálních *úloh*, zařazování zejména žákovských *pokusů* diskutují o jejich použití jak z pohledu klíčových kompetencí, tak z hlediska realizace průřezových témat, např. využití skupinové výuky a projektů ve fyzice. Prakticky si použití hlavně problémových metod a skupinové práce zkouší formou mikrovýstupů v seminářích a také v **Praktiku školních pokusů**.

* ruzena.kolarova@mff.cuni.cz

V seminářích didaktiky fyziky se studenti učí provádět *hodnocení výsledků výuky fyziky*, diagnostikovat vědomosti a dovednosti žáků, zpracovávají konkrétní ukázky zkoušek a získávají představu o významu systematické evaluace výsledků vzdělávání pro optimalizaci a zlepšování ŠVP.

4. K hlubšímu seznámení s RVP a možnostmi jeho realizace v ŠVP jsme do studijních plánů zařadili volitelný seminář **Fyzikální vzdělávání ve školních vzdělávacích programech**.

Studenti se v něm nejprve seznamují se **základní filozofií RVP** a jeho vztahu k ŠVP a se **zásadami tvorby školních vzdělávacích programů**. Další část semináře je věnována otázkám **autoevaluace škol a výsledků výuky**. Důležitou součástí semináře je diskuse studentů s ředitelkou fakultní školy, která ukazuje studentům **konkrétní zkušenosti ředitele a učitele fyziky** s tvorbou školního vzdělávacího programu, praktické kroky jeho tvorby a důležitost přípravné etapy a spolupráce celého kolektivu vyučujících.

Na základě materiálů dostupných na internetu se studenti podrobně seznamují jak s celým RVP, tak s konkrétními ukázkami rozpracování RVP do ŠVP i s manuálem tvorby ŠVP. Formou skupinové práce diskutují o specifických možnostech fyziky pro utváření jednotlivých klíčových kompetencí a možnostech realizaci jednotlivých tematických okruhů průřezových témat.

V další části semináře pak zkouší zpracovat některé tematické celky fyziky formou učebních osnov, včetně rozpracování příslušných očekávaných výstupů z RVP do tzv. školních výstupů, hledání návazností na první stupeň základní školy – zejména na přírodovědu a matematiku – a pak konkrétní náměty na realizaci mezipředmětových vazeb v daném tématu.

Závěrem

V krátkém přehledu jsem se snažila ukázat základní možnosti, jak mohou naši absolventi v rámci povinné i výběrové výuky získat nejen informace, ale i praktické dovednosti pro tvorbu a realizaci školních vzdělávacích programů. Chtěla bych však zdůraznit, že to nejdůležitější je vychovat z nich tvůrčí učitele, osobnosti, které budou schopny probouzet ve svých žácích touhu po poznání a současně z nich vychovávat lidi vybavené důležitými dovednostmi pro život.

Zkušenosti z pilotáže RVP pro základní vzdělávání ve fyzice

Michal Zoubek *, 28. základní škola Plzeň

Na začátku každé změny je potřeba změnit myšlení lidí. Být přesvědčen, že změna je možná a vnitřně se s ní ztotožnit. Naučit se dívat na výuku jako na cestu, nikoli jako na cíl.

Moje první konkrétní setkání s rámcovým vzdělávacím programem se událo v době, kdy se naše škola stala školou pilotní. Přemýšleli jsme, jak tuto změnu, přechod od tradičního učení k učení kompetencím, zprostředkujeme učitelům. Bylo jasné, že si musíme uvědomit, kde se nacházíme a kdo jsme a kam se chceme dostat. Bylo tedy nutné udělat si určitou analýzu.

Výhodiska:

Vycházet se musí z reálných podmínek, proto jsme se snažili podívat na školu z několika pohledů:

- hrozby
- příležitosti
- slabé stránky školy
- silné stránky školy.

Výsledkem byl dlouhý seznam poznatků. Každý z učitelů měl několik preferenčních hlasů, které přiřadil heslu nebo skutečnosti, kterou považoval za nejdůležitější či nejpalcivější. Takovým způsobem jsme odhalili oblasti, kde nás „tlačí bota“. Objevilo se také množství zajímavých námětů i návrhů řešení některých problémů. Potěšitelným zjištěním bylo, že mnoho z toho, co se ve škole děje, lze využít pro tvorbu Školního vzdělávacího plánu. Objevili jsme řadu věcí, které dobře fungují a bylo by škoda v nich dále nepokračovat – od používaných metod, pořádaných akcí, zázemí školy, komunikace na všech úrovních, motivace vedením školy, potenciálu pedagogů až po vztahy s partnery školy či veřejností apod.

Jednou z metod uvědomění si, jakým dílem přispíváme k optimálnímu chodu školy, bylo sebehodnocení každého učitele. Škole jsem prospěšný, protože (organizují, pracují těmito metodami, spolupracují ap.). Tato metoda je výhodná také proto, abychom dokázali formulovat své kompetence a také si uvědomili vlastní cenu.

Abychom pojmu kompetence dali konkrétní obsah a abychom si ho lépe zažili, použili jsme dalších aktivit. Jednou z nich byla aktivita s pracovními inzeráty (s inzeráty nabízejícími uplatnění nebo s poptávkou práce). V těchto jsme se snažili najít konkrétní schopnosti a dovednosti, např. „požadujeme organizační a komunikační schopnosti“, nebo „znalost práce na PC podmínkou“ ap. a vznikla nám slušná řádka hesel (malý slovníček kompetencí).

Dalším krokem bylo domluvit se na tom, jak by měl vypadat ideální žák. Opět jsme mu přiřazovali takové vlastnosti, postoje, schopnosti, dovednosti, aby naplňoval předpoklady pro úspěšné zvládnutí výstupů základní školy. Bylo zajímavé porovnávat „ideálního“ žáka z pohledu učitelů mladých a starších, nebo požadavky na žáka na prvním a druhém stupni. Výstupy z této aktivity byly cenné také z důvodu zamýšlení se nad problémem, jak k těmto kompetencím přiřadit nabídku vzdělávání, vhodnou metodu, jak práci organizovat, jaké zázemí vytvořit ap. Chceme-li žáka schopného vyhledávat, třídit a zpracovávat informace, musíme mu dát možnost se k informačním zdrojům dostat (zpřístupnit informační technologie, dokoupit výukové programy a encyklopedie i jinou literaturu). Chceme-li žáka spolupracujícího a komunikujícího, musíme organizovat výuku a volit takové formy, kde se tyto dovednosti může naučit (práce ve skupinách, Daltonská výuka, projektové vyučování, ...).

* majklzub@centrum.cz

Každý z nás se musel alespoň orientačně seznámit se strukturou RVP a ujasnit si některé pojmy potřebné k účinné komunikaci – jako vzdělávací oblasti, obory, obsah, klíčové kompetence ap. Je nezbytné, abychom věděli, o čem je řeč, abychom si rozuměli.

Přirozeně největší zájem pedagogů vzbudila formulace charakteristiky a zaměření vzdělávacích oblastí a obsah vzdělávacího oboru (předmětu).

Jak už vyplynulo z prvotní analýzy, v mnohých ohledech už splňujeme podmínky pro začátek práce na ŠVP. Dalším krokem bylo konkretizovat, jak naplňujeme obecné cíle RVP. Např. cíle v oblasti (vést žáky k všestranné, účinné a otevřené komunikaci) splňujeme tím, že (žákům umožňujeme říkat a obhajovat své názory, učíme je respektu, naslouchat si, pracujeme ve skupinách, kde je komunikace mezi členy nezbytná atd.) Učitelé si při této činnosti uvědomili, že není opodstatněné obávat se tvorby ŠVP a že využijí práci, kterou už v mnoha případech dělají.

Tvorba školního kurikula:

Před započítím práce je potřeba si uvědomit, jaká máme východiska a k jakému cíli chceme dojít. Uvědomit si, že práce nespočívá v nalepkování starých principů. Nesmírně důležité je, aby pedagogové vzali tuto změnu za svou. Obecně platí, že kdo byl dobrým pedagogem před ŠVP, bude dobrým i při práci s ním a naopak.

Jak začít:

1. vybrat člověka (více lidí), který bude práci řídit – koordinovat
2. sestavit funkční týmy dle vzdělávacích oblastí (např. Člověk a příroda)
3. přiřadit učivo do jednotlivých ročníků
4. formulovat výstupy – kompetence k učivu.

- 1 – Koordinátorem by se měl stát schopný, všeobecně uznávaný pedagog s řídicími a komunikačními schopnostmi.
- 2 – Složení týmů většinou kopíruje složení předmětových komisí. Někteří lidé budou členy více týmů. Na prvním stupni, kde je předmětů více, je vhodné věnovat se oblastem, které jsou danému člověku nejbližší.
- 3 – Přiřazení učiva v podstatě odpovídá tématickým plánům. Je potřeba nalézt opakující se témata (např. vesmír, jaderná energetika, ...). Uvědomit si, jaké znalosti a dovednosti jsou podmínkou pro zvládnutí následujících.
- 4 - Žák vzhledem ke svým schopnostem porozumí, aplikuje, řeší úlohy a fyzikální situace, navrhuje pokusy, měří a popisuje, vyhodnocuje, vysvětluje, hledá, bude umět, ...

Jedna z pracovních verzí kurikula fyziky:

6. ročník

Popsat vlastnosti těles. Poznat rozdíl mezi tělesem a látkou. Popsat vlastnosti magnetu, magnetického a elektrického pole. Rozlišit měřitelné a neměřitelné vlastnosti. Měřit fyzikální veličiny (délku, objem kapalného a pevného tělesa, hmotnost, teplotu, čas). Označit fyzikální veličiny, základní a odvozené jednotky a vztahy mezi nimi (převody jednotek). Zvolit měřidlo, navrhnout a popsat princip měření, vysvětlit odchylku měření. Zapsat do tabulky, vypočítat průměrnou hodnotu, zaokrouhlit hodnoty, sestavit a číst graf. Vysvětlit pojem hustota látky. Umět vypočítat hustotu, hmotnost a objem. Orientovat se v MFCh tabulkách.

7. ročník

Charakterizovat, znázornit a měřit sílu. Vypočítat gravitační sílu. Sestrojit výslednici sil. Rozhodnout o rovnováze a účinku sil (pohyb, setrvačnost, deformace, ...). Řešit úlohy na moment síly (rovnováha na páce). Vysvětlit závislost tlaku na síle a ploše. Vysvětlit příčiny vzniku třecí síly, aplikovat znalosti o tření. Rozhodnout, zda je těleso v klidu či pohybu. Rozlišit rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb. Vypočítat úlohy na dráhu, rychlost, průměrnou rychlost, čas s využitím vztahů a správných jednotek. Se-

strojit, číst a interpretovat graf $s(t)$. Vysvětlit přenos tlaku v kapalinách (Pascalův zákon). Vysvětlit závislost hydrostatického tlaku na hloubce a hustotě kapaliny (výpočet). Vysvětlit působení gravitační a vztahové síly (výpočet). Vysvětlit jevy plování, vznášení se a potápění. Vysvětlit, porovnat a popsat způsob měření atmosférického tlaku. Vysvětlit, co je zdroj světla a jaká je jeho rychlost v různých prostředích. Dokázat přímočaré šíření světla. Popsat vznik stínu a polostínu. Vysvětlit fáze Měsíce a zatmění Slunce a Měsíce. Vysvětlit odraz a lom světla. Sestrojit obraz předmětu pomocí zrcadel a čoček.

8. ročník

Vysvětlit pojmy práce, výkon, energie (polohová, pohybová, vnitřní), teplo. Vypočítat úlohy s využitím vztahů a správných jednotek, hledat v MFCh tabulkách. Popsat vzájemné přeměny energií. Popsat elektrárnu. Vysvětlit zákon zachování energie. Rozlišit teplo a teplotu. Vysvětlit skupenské změny. Vysvětlit základní meteorologické jevy. Popsat tepelné stroje. Vysvětlit pojmy elektrický náboj, pole, síla. Určit podmínky průchodu elektrického proudu obvodem. Vysvětlit závislost odporu na vlastnostech vodiče. Nakreslit schematicky a zapojit jednoduchý i rozvětvený elektrický obvod. Rozhodnout o funkčnosti obvodu. Vypočítat, měřit, aplikovat vztahy mezi proudem, odporem, napětím (Ohmův zákon).

9. ročník

Vysvětlit souvislost mezi magnetickým a elektrickým polem. Dokázat existenci magnetického pole cívky s proudem. Popsat, sestavit a využít elektromagnet. Popsat stejnosměrný elektromotor. Vysvětlit vznik střídavého proudu (elektromagnetická indukce) a změřit ho. Vysvětlit přenos a transformaci elektrického proudu. Vysvětlit princip přenosu elektrického proudu v kapalinách, plynech a polovodičích. Definovat pojmy elektromagnetické vlnění a záření. Vysvětlit, jak vzniká zvuk. Vysvětlit pojmy vlnění, frekvence, perioda, hlasitost. Popsat šíření a vnímání zvuku. Popsat přeměny energie. Vysvětlit jevy přirozené a umělé přeměny prvků (radioaktivita). Popsat štěpnou řetězovou reakci a možnosti využití jaderné energie. Popsat činnost jaderné elektrárny s důrazem na rizika a účinek na živý organismus (argumentovat). Popsat složení sluneční soustavy a vesmíru. Rozpoznat jiná měřítka vzdáleností, hmotností apod.

Změna nenastává pouze definováním nových cílů. Je zapotřebí dotvářet a upravovat podmínky a prostředí, proto by kurikulum jako základ ŠVP mělo být doplněno o:

- charakteristiku a nabídku školy (o co usilujeme)
- zázemí školy (jaké podmínky, prostředí, pomůcky pro práci máme)
- používané metody (projekty, pokusy, skupinová práce, kritické myšlení, Dalton, ...)
- zpestření výuky (akce, exkurze, ...)
- uspořádání třídy (využití prostoru, motivace k učení, pravidla, přístup k informačním zdrojům, ...)
- způsob hodnocení (od klasifikace k hodnocení osobnostních a sociálních dovedností)
- způsob práce s dětmi se speciálními vzdělávacími potřebami (práce s talentovanými či naopak hendikepovanými žáky).

Dalšími kroky budou:

- využití zkušeností žáků, aplikace na reálné situace, snaha o co největší provázanost s běžným životem
- klást důraz na mezipředmětové vztahy a vazby
- hledání a začlenění průřezových témat (environmentální výchova, osobnostní a sociální výchova atd.) – vazba na profilaci (filozofii) školy
- hledání nástrojů evaluace (zpětná vazba).

Závěr:

Bude potřeba dále objevovat, mít chuť a vytrvalost hledat, dále pracovat, vzdělávat se a být školou otevřenou změnám. Myslím, že RVP poskytuje škole i jednotlivým pedagogům dostatek volnosti k tomu, aby realizovali výuku podle svých představ s ohledem na základní cíle vzdělávání. Výstupem už nyní nebude chodící databáze vědomostí, ale všestranně nadaný **člověk**.

Gymnázium Rokycany pilotuje tvorbu školního vzdělávacího programu

Drahomíra Rancová, Gymnázium Rokycany*

Podle nového školského zákona si mají v budoucnu všechny školy vytvořit své vlastní školní vzdělávací programy. Základní školy a nižší ročníky gymnázií mají na tvorbu vlastního programu určeny dva roky, vyšší ročníky gymnázií zahájily v červenci 2004 pod vedením Výzkumného ústavu pedagogického (VÚP) projekt, jehož cílem je vytvořit pilotní verzi Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia a ověřit tvorbu školního dokumentu v praxi. Projekt, do kterého se zapojilo 16 gymnázií ze všech krajů, nese v současné době označení PILOT G a je spolufinancován z prostředků ESF.

Gymnázium Rokycany zareagovalo na výzvu VÚP a má za sebou první rok práce na pilotáži. Celý projekt je čtyřletý a je rozdělen do dvou etap. První dva roky má škola na to, aby si s podporou VÚP vytvořila svůj ŠVP. Vzhledem k tomu, že nižší stupeň gymnázia lze u osmiletého studia jen těžko oddělovat od stupně vyššího, má Gymnázium Rokycany po dvanácti měsících práce připraven školní program pro právě nastupující primu. Učební plán se od státního mírně liší. Všechny hodiny, které může využít ředitel k posílení profilace školy, byly na základě rozsáhlé analýzy, na přání rodičů i studentů přiděleny výuce jazyků, informatice a rozšíření přírodovědných předmětů o laboratorní práce. Žádný nový předmět tedy nevzniká, nedochází ke spojování, nemění se výrazně obsah učiva. Škola i její učitelé předpokládají, že se spíše bude měnit forma a přístup k práci v hodinách. Společně s novými žáky se těšíme na využití nových učebnic, které si jednotliví vyučující pečlivě vybírali a které jsou zpravidla ušité na míru této školské reformě.

Výsledkem první etapy projektu vedeného VÚP budou v červnu 2006 hotové školní vzdělávací programy celého gymnázia a manuál pro tvorbu ŠVP, který bude stavět na zkušenostech pilotních gymnázií a poskytne nepilotním školám metodickou pomoc při tvorbě jejich ŠVP. Pilotní gymnázia se také podílejí na úpravách samotného RVP GV, jehož pilotní verze by měla být do června 2006 upravena. V dalších dvou letech (září 2006–červen 2008) začnou pilotní gymnázia podle svých ŠVP učit i na vyšším gymnáziu. Žáci, kteří nastoupí v příštím školním roce do prvních ročníků čtyřletého gymnázia v Rokycanech, budou pracovat taktéž podle nového učebního plánu. Jeho největší odlišností je systém volitelných předmětů v maturitním ročníku, který by měl zaručit důslednou přípravu na státní maturitu. Gymnázium Rokycany také počítá s tím, že jednou částí maturitní zkoušky bude obhajoba maturitní práce z oboru, který bude blízký následnému vysokoškolskému studiu našeho maturanta.

A co nám tvorba ŠVP dala, či vzala? Přiměla nás najít čas k zamyšlení nad dosavadním způsobem výuky a donutila nás trochu zatřást zaběhanými stereotypy (neznamená to vše odvrhnout, jen „protřídit“ a na něčem se shodnout). Také nás přiměla k zodpovědnému výběru základního učiva a dala nám naději, že si můžeme „ušít“ vzdělávací program na míru našeho gymnázia.

Práce na úvodní části ŠVP nám pomohla prostřednictvím dotazníků hlouběji poznat klima školy i názory rodičů a společná setkání s ostatními pilotními školami přinesla zase spontánní výměny názorů s kolegy z ostatních škol.

Co nám naopak vzala? Nějaký ten čas a trochu nervů – to když jsme se pokoušeli získávat pro naši práci i ostatní. Každá novátorská myšlenka se musí napřed vyzkoušet v praxi. Osobně jsem ráda, že právě v Rokycanech na gymnáziu, které má dlouholetou tradici a pevně doufám i dobré jméno, můžeme nabídnout studentům moderně pojatý rozvoj jejich

* D.Rancova@seznam.cz

schopností, tvořivého a kritického myšlení, a motivovat je tak pro další učení na vysokých školách.

Školní vzdělávací program

Učební plán nižšího gymnázia					
Předměty	prima	sekunda	tercie	kvarta	celkem
Český jazyk a literatura	4	4	4	4	16
Anglický jazyk	3	3	3	3	12
Další cizí jazyk	3	3	3	3	12
Matematika	4	4	4	4	16
Informatika a VT	1	0	2	0,5	3,5
Dějepis	2	2	2	2	8
Základy společenských věd	1	1	1	1	4
Zeměpis	2	1	1	2	6
Fyzika	2	2	2	2,5	8,5
Chemie	0	1,5	2,5	2,5	6,5
Biologie	2	2,5	2,5	2,5	9,5
Hudební výchova	1	1	1	2/	4
Výtvarná výchova	2	2	1	/2	6
Tělesná výchova	3	3	2	2	10
Celková časová dotace	30	30	31	31	122

Učební plán nižšího gymnázia - úvazky učitelů					
Předměty	prima	sekunda	tercie	kvarta	celkem
Český jazyk a literatura	4+1	4+1	4+1	4+1	20
Anglický jazyk	3+3	3+3	3+3	3+3	24
Další cizí jazyk	3+3	3+3	3+3	3+3	24
Matematika	4+1	4+1	4+1	4+1	20
Informatika a VT	1+1	0	2+2	1	7
Dějepis	2	2	2	2	8
Základy společenských věd	1	1	1	1	4
Zeměpis	2	1	1	2	6
Fyzika	1+1/1	1+1/1	1+1/1	2+1	12
Chemie	0	1+1	2+1	2+1	8
Biologie	1+1/1	2+1	2+1	2+1	12
Hudební výchova	1+1	1+1	2/	2/	8
Výtvarná výchova	2+2	2+2	/2	/2	12
Tělesná výchova	2+2+1	2+2+1	2+2	2+2	18
Celková časová dotace	46	45	47	45	183

Nové učebnice fyziky pro základní školy a možnosti jejich využití v RVP

Karel Rauner*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

Na setkáních učitelů fyziky (a v poslední době i ve sdělovacích prostředcích) se nastoluje otázka celoevropského poklesu zájmu žáků a studentů o studium přírodních a technických věd. Snad nejnepříznivěji se vyvíjí situace ve fyzice a v učitelství fyziky. Stále však chybí analýza příčin tohoto jevu. Na úvod svého vystoupení se pokusím alespoň předložit více příčin nezájmu o fyziku a o učitelství fyziky, než kolik jich je obvykle uváděno.

Příčiny poklesu zájmu o fyziku a učitelství fyziky zvláště

Fyzika je těžká

Fyzika je ze všech přírodních věd a patrně i ze všech studijních oborů nejtěžší. Je to dáno obrovským množstvím poznatků, které stále rostou geometrickou řadou. Navíc je fyzika věda strukturální, k pochopení disciplín moderní fyziky je nutné znát velmi dobře souhrn poznatků obecné fyziky jako kompletu. Předměty aplikované fyziky pak předpokládají znalost obecné i moderní fyziky. Přitom krása fyziky vynikne až po celkovém jejím pochopení, až po „Vytvoření fyzikálního obrazu světa“. Fyzika navíc používá nejsložitějších metod matematiky, mnohé matematické disciplíny byly vyvinuty právě pro potřeby fyziky. Vzhledem k tomu, že většina reálných fyzikálních problémů je analyticky neřešitelná, vyžaduje moderní pojetí fyziky i orientaci v numerických metodách a v ovládnutí řady počítačových programů. To vše je patrně příčinou toho, že v anketě časopisu NATURE, zveřejněné před několika lety, si studenti zvolili fyziku jako vůbec nejobtížnější předmět studia (biologie byla na druhém místě, na posledním místě – nejsnazší obor – bylo studium práv).

Pro fyzika není uplatnění mimo zaměstnání

Je stále tradicí minulosti, že si absolventi učitelství snaží „přivydělávat“ mimo své zaměstnání, případně změnit svoje zaměstnání na neučitelské. Absolventi různých aprobačních to však nemají stejně snadné. Celkem pochopitelné je uplatnění absolventů uměleckých oborů. Absolventi studia cizích jazyků nalézají bohaté uplatnění v překladatelské činnosti a spolu s absolventy geografie a historie se uplatní jako průvodci u cestovních kancelářích. Absolventi matematiky často končí jako daňoví poradci. O uplatnění absolventů výpočetní techniky se není třeba zmiňovat. I absolventi tělesné výchovy naleznou uplatnění jako trenéři, rozhodčí, případně i jako závodníci. Absolvent fyziky pak musí obtížně prokázat, že jeho schopnosti myšlení a racionálního uvažování se mohou také v několika oborech uplatnit. Ze setkání absolventů ale vím, že většina absolventů učitelství fyziky je stále odkázána „jen“ na učení.

V běžném životě fyziku k ničemu nepotřebujeme

Toto je stále častější námitka žáků a studentů, které chceme pro fyziku přesvědčit. Bohužel pro konzumní způsob života je také stále více pravdivá. Vzbuzuje to ve mně asociaci společnosti, která byla pro dalekou budoucnost popsána v jedné knize sci-fi. *V daleké budoucnosti tvoří 99,99 % obyvatelstva Země primitivní lidé žijící v materiálním dostatku a jejich dominantní zábavou je ničení zařízení, které jim má pohodlný život umožnit. Jejich slovní zásoba se zredukovala na několik desítek slov (více jich nepotřebují). Celý chod společnosti je umožněn armádou robotů, kteří opravují zničená zařízení a starají se o materiální potřeby „lidstva“. Řízení robotů a jejich vývoj má na starosti skupina vědců a techniků (0,01 % obyvatelstva Země), kteří udržují*

* rauner@kof.zcu.cz

znalosti, navrhují nové roboty a umožňují tak stabilitu celé společnosti. Když se podíváme do minulosti a porovnáme ji se současností, můžeme již trendy směřující k popsání konzumní společnosti vysledovat. Kdo chtěl v minulých dobách nějaký nadstandard, musel se o něj sám přičinit. Vzpomeňme, kolik se v různých časopisech objevovalo návodů na různá elektronická zařízení – cyklovače stěračů, plašiče myši, odpuzovače komárů, ... Chtěl-li někdo kvalitní zesilovač či reproduktorové soustavy, musel si je udělat. Inu, nouze naučila Dalibora housti. Dnes je každá nika ve spotřebě okamžitě zaplněna drobnými podnikateli, není praktického výrobku, který se nedá za peníze sehnat.

Fyzika nepatří k všeobecně uznávanému základu kultury člověka

Často jsme svědky toho, že se umělecké, politické a sportovní celebrity, uznávané a prosazované ve sdělovacích prostředcích, ochotně přiznávají k fatálním neznalostem ve fyzice. Zdá se dokonce, že to patří k bontonu, nevědět nic o tom, jak pracují věci, které nás obklopují. Pokud se někdo „blýskne“ fyzikální znalostí, je to nejčastěji všelijak pokroucený Archimedův zákon. Přitom si ale všichni dovedeme představit společnost, ve které byste se znemožnili tím, že nevíte, kdo si koho bere v televizním seriálu, kdo naposledy vypadl ze soutěže „Superstar“, jak naposledy hrála Sparta, s kým chodí který herec či herečka. Ve společnosti, která se cítí být kulturní, se můžete znemožnit tím, že nevíte, kdo složil „Lohengrina“ nebo kdo napsal „Komu zvoní hrana“. Fyzika, která ukazuje, jak svět funguje, a je souborem mnohem trvalejších hodnot, podle názorů většiny do kulturních znalostí člověka nepatří. Je to záležitost několika potrhých vědců, kterým se, jak to často vidíme v televizi, vždycky něco vymkne z ruky nebo bouchne. Jsou to roztržití, obrýlení a společensky nemožní tvorové.

Ve fyzice se patrně nic neděje – není v televizi

Zkuste si udělat anketu mezi svými studenty nebo žáky. Zeptejte se jich na nějaký fyzikální objev za posledních 40 let. Pak se zkuste zamyslet sami a pokuste se vzpomenout na nějaký fyzikální objev z tohoto období, který zasáhl do života lidí. Je to obtížné, že? Zkuste si ale položit stejnou dobu čtyřiceti let mezi roky 1920 až 1960, případně mezi roky 1890 až 1930. Z těchto dob budete patrně uvádět takových fyzikálních objevů hodně. Jak souvisí nepovědomí o pokroku znalostí z fyziky s tvrzením o geometrickém růstu poznatků? Je to jednak dáno tím, že fyzikální poznání proniká tak hluboko do základů mikrosvěta a současně do podstaty megasvěta, že uplatnění těchto objevů není a nebude tak jednoduché. Nových objevů a vědomostí je obrovské množství. Protože se však odehrávají ve vysoce specializovaných oborech, jsou tyto poznatky špatně uchopitelné i pro vysokoškolsky vzdělaného učitele fyziky. Aby se povědomí toho, že se ve fyzice něco děje, dostalo mezi lidi, je v dnešním světě naprosto nutné, aby se v nějaké formě dostaly tyto informace do televize. Při složitosti dnešní fyziky to však nejde jinak, než s využitím dobrých popularizátorů. Dobrý popularizátor je osobnost vzácná, nedá se však tvrdit, že žádní nejsou. Vzpomeňme jen na pořad „Okna vesmíru dokořán“. Doktor Grygar patří k těm vzácným odborníkům, kteří dokážou svůj obor přiblížit běžnému divákovi. Je však také pravda, že v astronomii se přece jen něco stále děje (občas ohrozí Zemi nějaká ta planetka, na obloze se objeví kometa, všichni mohou pozorovat zatmění Slunce, černé díry – také velmi zajímavé, ...). Je ovšem smutnou skutečností, že opakovaný pořad „Okna vesmíru dokořán“ byl stažen po několika dílech pro malou sledovanost. Kruh se uzavírá: diváci nemají povědomí o fyzice, protože není v televizi, v televizi není fyzika, protože o ni diváci nemají zájem. Přitom je možné tento kruh rozeznout. Chce to jen odvalu televize nezávislé na komerčních příjmech. V poslední době můžeme dokonce takové pokusy (alespoň pro mládež) registrovat. V České republice se dají nalézt popularizátoři fyziky, kteří by byli schopni vytvořit popularizační a populární pořad

ukazující atraktivitu a zajímavost fyziky. Zahraniční televize dokázala takový pořad vysílat pravidelně v neděli od 20.15.

Nízké finanční a společenské uznání

O nízkém společenském uznání byly již předchozí odstavce, ze kterých i vyplynulo to, že fyziky (a učitele fyziky zvláště) není třeba nějak zvláště finančně zvýhodňovat. Vždyť to jsou nadšenci, kteří pro svůj obor dokážou i strádat. Nechci malovat čerta na zeď, ale při čtení tohoto příspěvku již asi víte, kolik fyziků (přírodních vědců) bylo mezi stovkou největších Čechů.¹ Když asi před rokem probíhala podobná anketa v novinách, vybíralo 50 největších osobností českých dějin 200 oslovených osobností současnosti. K dokreslení společenského uznání: z 200 oslovených osobností bylo 52 lékařů a pouze dva byli svým zaměřením přírodní vědci. Shrňme-li předchozí odstavce, musí nás nutně napadnout, že pro kulturu národa i pro hospodářský výsledek státu jsou mnohem důležitější všechny umělecké a humanitní obory než přírodní vědy a fyzika zvláště.

Učitel fyziky má práci navíc

Učitel fyziky, kromě toho, že musel studovat nejobtížnější obor, na kolejkách zpracovával referáty z praktik, zatímco studenti ostatních oborů čerpali inspiraci v restauraci, to má i na škole těžší. Musí připravovat a provádět pokusy. Přitom je omezen tím, co v kabinetu má. Když se něco rozbije, musí si to spravit sám, nebo to musí vyhodit. Koupit něco nového se podaří málokdy. Pokus je pro žáky asi nejatraktivnější tím, že se nemusí podařit. To je samozřejmě zdrojem škodolibé radosti a zadostiučinění. Učitel fyziky musí připravovat laboratorní práce. Musí vymyslet, jak to zařídit, aby pomůcky pro jednotlivé skupiny byly alespoň trochu podobné. Často je na něm, aby obsluhoval a pro celou školu udržoval audiovizuální techniku.

Nové učebnice fyziky – zpracováno jako prezentace na adrese

<http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/cz/ak/trendy2/sbornik/rauner/srni3.ppt>

Proč nová učebnice

Nakladatelství FRAUS se po úspěšné edici učebnic cizích jazyků rozhodlo k závažnému kroku: doplnit edici na komplet učebnic pro základní školu. Učebnice mají jednotnou formu a koncepci. Jsou celobarevné, na formátu A4 a mají celou řadu jednotných prvků. Každá kapitola je uvedena motivačním příběhem či sdělením. Text a různé formy výuky jsou uváděny jednotnými ikonami. Po straně všech stránek je lišta, která slouží mezipředmětovým vztahům, zajímavostem a dalším informacím pro nadanější žáky. Lišta není učivem. Každá kapitola je zakončena shrnutím a otázkami. Učebnice fyziky tvoří jeden celek s pracovním sešitem a příručkou pro učitele. Učebnice byla vytvářena z několika zásadních hledisek. Prvním byla snaha co nejvíce přiblížit učivo současnému stavu poznání a techniky. Proto se již v učebnici pro 6. třídu objevují digitální měřicí přístroje, navigační přístroj GPS, v souvislostech je zde zmíněn mobilní telefon, laserová tiskárna, počítač apod. Další takovou prioritou bylo co největší sblížení učiva s praktickým životem. Kromě přístrojů, kterými je dnes vybavena každá moderní domácnost, se žákům předkládá na každém přijatelném místě využití probíraného jevu v praxi. S tím souvisí také obrovské množství obrázků. Většina z nich jsou fotografie, které mají větší autentičnost než kresby.

¹ Těsně po konferenci byla zveřejněna jména stovky „největších“ Čechů. Kupodivu je v ní vedle 17 spisovatelů, 14 vladařů, 11 herců, 11 politiků, 10 sportovců a 8 zpěváků také 9 vědců (včetně jednoho vynálezce). Vztah k fyzice má však jen František Křižík a Jaroslav Heyrovský.

Učebnice je do jisté míry tradiční

Uznáváme, že výuka se musí měnit evolučně, každý učitel je do jisté míry konzervativní a nechce měnit učivo skokem. Proto je učebnice tradiční tím, že navazuje na výuku přírodovědy na prvním stupni základní školy, víceméně je tradiční i řazení tematických celků. To by mělo umožnit přechod žáků mezi školami, na kterých se učí podle různých učebnic. Do jisté míry je tradiční i sled jednotlivých kapitol: motivace, výklad, experimenty, příklady, shrnutí, prověření vědomostí. Rovněž je zachována zvláštnost fyziky, ve které je výklad uváděn a provázen demonstračními, frontálními i domácími experimenty.

Čím je učebnice nová

Kromě forem a zásad daných požadavky nakladatele je učebnice nová tím, že se snaží o propojení učiva fyziky s učivem v učebnicích přírodopisu a zeměpisu. Učebnice je organicky spojena s pracovním sešitem a příručkou učitele. V příručce je řešení všech úkolů z učebnice i pracovního sešitu. Nechybí ani vyčerpávající odpovědi na triviální otázky kladené v textu učebnice. To by mělo umožnit učiteli snadnou orientaci v žákovských řešeních, která mohou čerpat z internetu a mohou být značně obsáhlá. V příručce učitele jsou internetové odkazy na adresy, na kterých je možné nalézt další doprovodné obrázky, pokusy a animace ke každé kapitole. Protože se adresy mění, jsou internetové adresy i s vysvětlivkami uvedeny na webových stránkách nakladatelství: http://www.fraus.cz/hlavni_menu.htm.

V příručce učitele jsou kompletní přípravy na hodinu včetně zvýrazněných mezipředmětových vztahů. Experimenty jsou zaměřeny hlavně na žákovské pokusy s jednoduchými pomůckami. Využívali jsme přitom podněty z „Veletrhů nápadů učitelů fyziky“.

Učebnice a tvorba „Školních vzdělávacích programů“ (ŠVP)

I když je to nesnadné, snaží se učebnice o možnost variability. Například je jedním z nových postupů zařazení rychlosti do 6. třídy. Domníváme se, že první odvozená fyzikální veličina, se kterou mají být žáci seznámeni, je rychlost, nikoli hustota. Proto jsou ve „Fyzice 6“ zařazeny netradiční kapitoly *Pohyb těles, rychlost, Souvislost rychlosti, dráhy a času, Měření rychlosti*. Ověřili jsme si, že díky každodenní zkušenosti žáků s rychlostí a jejími jednotkami je zavádění rychlosti i zapamatovatelnost jednotlivých převodních vzorců snazší než u hustoty. Rozhodne-li se však učitel, že bude postupovat tradičně, může tyto tři kapitoly vynechat. Jsou zpracovány (jinak a na vyšším stupni) v učebnici „Fyzika 7“. Učitel je na to upozorněn v příručce učitele. Kapitoly, které mají podobu rozšiřujícího učiva, nejsou v učebnici označeny. Je to obecný záměr nakladatele, podle kterého by se mohly v případě zařazení těchto kapitol objevit protesty rodičů. Z uvedeného příkladu je zřejmé, že učitel má s novou učebnicí větší volnost při volbě sledu učiva. I snaha o propojení učiva přírodovědných předmětů (která zatím není dokonalá, protože učebnice přírodopisu a zeměpisu vznikají paralelně, učebnice matematiky zatím nejsou připravovány) umožňuje učiteli větší volnost při tvorbě ŠVP. Je samozřejmé, že se může taková učebnice jevit na první pohled jako maximalistická. Učitel však může – veden příručkou učitele – rozdělit učivo na nezbytné, které nelze vynechat – vzhledem k provázanosti fyziky – pro pochopení dalších tematických celků, a na učivo, se kterým lze manipulovat (vynechat jej, zařadit jej do jiného ročníku, zkrátit příslušnou kapitolu apod.).

Doplňky

Učebnice je vybavena rejstříkem odkazujícím na důležité pojmy, které jsou v textu zvýrazněny tučně. Součástí příručky učitele jsou návody na 4 laboratorní cvičení. Uprostřed pracovního sešitu je vyjímatelná část s přehledem učiva, který může po zkompletování ze všech čtyř ročníků soužit žákům k přípravě na střední školu.

Malé fyzikální programy

Josef Hubeňák*, katedra fyziky a informatiky, Univerzita Hradec Králové

Studenti gymnázií a také některých odborných středních škol se seznamují s programováním v Pascalu a pokud pokračují ve studiu na vysoké škole technického nebo přírodovědného zaměření, mohou tyto znalosti účelně využít. Pro budoucí učitele fyziky je počítač další možností řešení fyzikálních problémů. Umí-li učitel napsat jednoduchý program v Pascalu, je v jiné pozici, než uživatel komerčních výukových softwarů. Zdrojový text lze upravit pro řešení celé skupiny příbuzných problémů a učitel jej vysvětlí svým žákům nebo studentům. Ti pak mohou samostatně s programem experimentovat a upravit jej pro další zadanou úlohu. Propojení didaktiky fyziky a informatiky se osvědčuje. Z vlastní zkušenosti v předmětu „Metody řešení úloh školské fyziky“ pro 9. semestr studia učitelství mohou potvrdit, že možnost programovat fyzikální úlohu je pro studenty velmi přitažlivá. Osvědčily se čtyři na sebe navazující úrovně programů:

1. Opakovaný výpočet obecného řešení pro další vstupní hodnoty, zápis do tabulky a řešení pro zadanou podmínku

Příkladem může být výpočet brzdné dráhy vozidla pro

- proměnnou reakční dobu řidiče t_1 ,
- konstantní technickou prodlevu brzd t_2 ,
- proměnnou počáteční rychlost vozu v_0 ,
- proměnnou hodnotu součinitele smykového tření f

Obecné řešení je $s = v_0 \cdot (t_1 + t_2) + \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{f \cdot g}$, kde g je tíhové zrychlení.

Na obrazovce se vypíše tabulka s hlavičkou

$\frac{v_0}{\text{km} \cdot \text{h}^{-1}}$	$\frac{v_0}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{t_1}{\text{s}}$	$\frac{t_2}{\text{s}}$	f	$\frac{s}{\text{m}}$
72	20	0,2	0,1	0,2	107,9
90	25	0,2	0,1	0,2	166,8

Z klávesnice jsou zadávány další počáteční rychlosti, smykové tření a reakční doby a tabulka dále pokračuje.

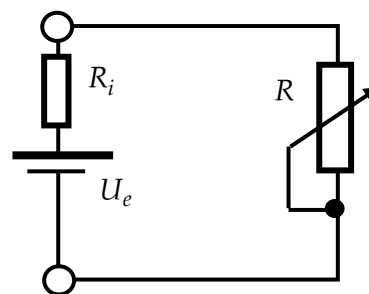
Zadanou podmínkou může být viditelnost v noci – např. 160 m – a hledáme rychlost, při které zastavíme vůz ještě před případnou překážkou. Algebraicky jde o řešení kvadratické rovnice, ovšem práce s vlastním programem je pro žáky zajímavější. Programátorské znalosti pro tuto úroveň jsou opravdu minimální.

2. Graf fyzikální závislosti, zapsané explicitním vzorcem

Ukázkou je závislost svorkového napětí a proudu v obvodu stejnosměrného zdroje:

Budeme plynule měnit zatěžovací odpor R od nuly do maxima a sledovat

- závislost proudu I na svorkovém napětí U



* josef.hubenak@uhk.cz

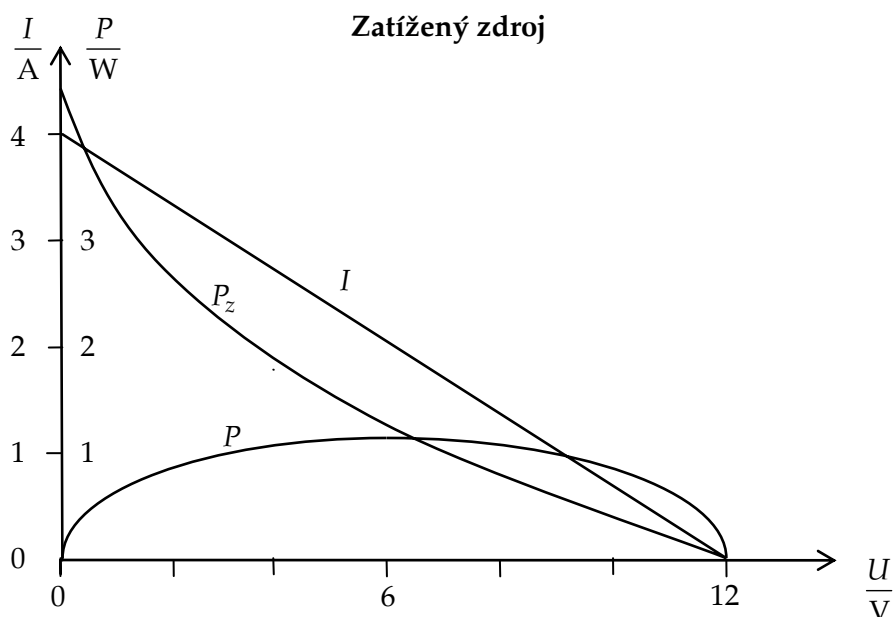
- závislost ztrátového výkonu P_z na svorkovém napětí U
- závislost užitečného výkonu P na svorkovém napětí U .

Funkce jsou jednoduché:

$$I = \frac{U_e}{R_i} - \frac{1}{R_i} \cdot U \qquad P_z = \frac{1}{R_i} \cdot (U_e - U)^2 \qquad P = \frac{R}{R_i^2} \cdot (U_e - U)^2$$

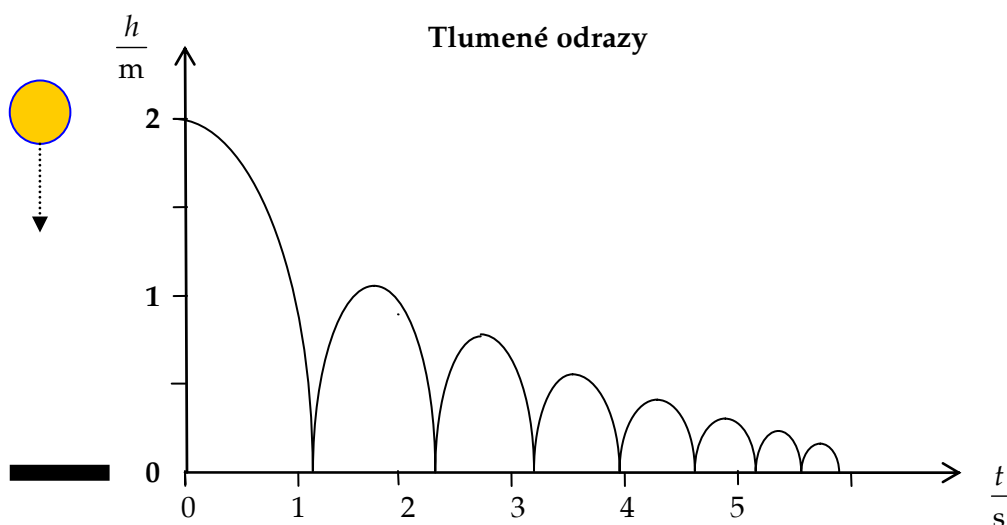
Graf nabízí přímo tyto poznatky:

- proud klesá lineárně s rostoucím svorkovým napětím
- ztrátový výkon je největší při zkratu a pak klesá kvadraticky
- užitečný výkon je největší pro svorkové napětí rovné polovině elektromotorického napětí, tj. pro $R = R_i$.



(Obrázek je kreslen ve Wordu a jen přibližně zobrazuje výstup programu ZDROJ.PAS)

3. Animace v programu



Pro žáky základních škol je účelné nechat obrazovku „ožít“. Statický výstup (graf, tabulka) sice obsahuje všechny informace, ale unavuje. Pohybující se objekt a případně zvuk podpo-

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2

rují pozornost, pobaví a mohou případně nabídnout informaci v názorné formě. Příkladem takového řešení je program ODRAZ.pas. Fyzikální obsah je jednoduchý:

Z výšky dvou metrů volně padá míček, při dopadu ztrácí p % mechanické energie, vystoupí do menší výšky a děj se opakuje.

Na levé straně se zobrazuje míček, který synchronně s vykreslováním křivek klesá a stoupá a navíc při každém dopadu se ozve zvukový signál, modelující dopad.

Procento ztrát lze měnit a tento program lze použít pro studium reálného pokusu s míčkem. Úkolem je najít procento ztrát pro skutečný tenisový míček.

4. Matematický model fyzikálního děje

Celá řada fyzikálních dějů je popsána jednoduchými vztahy mezi nekonečně malými přírůstky veličin, které sledujeme. Najít vztahy mezi konečnými hodnotami může být obtížné a vyžaduje integraci. Numerické řešení může být velmi jednoduché a srozumitelné i na úrovni střední nebo základní školy. Jako příklad volíme úlohu z dynamiky:

Míček o hmotnosti $m = 80$ g s průměrem $D = 8$ cm pustíme volně z ochozu věže vysoké 50 m. Při pádu jeho rychlost postupně roste, ale roste také odpor prostředí. V jaké výšce nad zemí se jeho rychlost ustálí? Za jak dlouho dopadne na zem? Jaká bude rychlost dopadu?

Poslední otázka je snadno řešitelná, předchozí dvě nikoliv.

Fyzikální popis pádu míčku:

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g - \frac{1}{2} \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2$$

Matematický model:

$$dv = \left(g - \frac{1}{2 \cdot m} \cdot C \cdot S \cdot \rho \cdot v^2 \right) \cdot dt \quad [1]$$

$$v(t + dt) = v(t) + dv \quad [2]$$

$$ds = \frac{1}{2} \cdot [v(t + dt) + v(t)] \cdot dt \quad [3]$$

$$s(t + dt) = s(t) + ds \quad [4]$$

$$h(t + dt) = h(0) - s(t + dt) \quad [5]$$

$$t = n \cdot dt \quad [6]$$

Pro použití těchto rovnic je nutné znát počáteční podmínky:

$$v(0) = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad h(0) = 50 \text{ m} \quad dt = 0,01 \text{ s}$$

V deklaraci konstant do programu zapíšeme (bez jednotek):

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \rho = 1,23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad C = 0,4$$

$$D = 0,08 \text{ m} \quad m = 0,08 \text{ kg}$$

Opakovaný výpočet těchto šesti rovnic např. v cyklu *for n=1 to 1000* stačí pro nalezení všech odpovědí na otázky v úloze. Studenti využijí možnost tabelovat výsledky a na monitoru se objeví výstup v podobě tabulky. V tabulce lze snadno najít okamžik, od kterého se již rychlost nemění, i čas, kdy výška nad zemí je menší než poloměr míčku:

$\frac{t}{\text{s}}$	$\frac{v}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$	$\frac{h}{\text{m}}$
4,29	10,61	12,37
4,30	10,62	12,36
5,45	10,62	0,05

Do modelu lze snadno vložit ještě vztakovou sílu a do programu změny parametru.

Dovednost naprogramovat graf funkce (viz 2.) umožní kreslit odpovídající grafy. Pro uživatele je také užitečné mít po spuštění programu na obrazovce náčrt fyzikální situace a základní informace o práci s programem, což je v Pascalu poměrně jednoduchá grafická úloha.

Proč Delphi ?

Programovací jazyk Pascal je stále vhodný pro výuku programování. Většina uživatelů pracuje ovšem s operačním systémem Windows a jeho možnosti Pascal nevyužívá. V prostředí Delphi, které používá Object Pascal a vše, co nabízí operační systém Windows, pracuje uživatel v podstatě intuitivně. Programátor má k dispozici daleko více možností, než měl v Pascalu a přitom znalosti Pascalu lze úspěšně využít. Mezi studenty – budoucími učiteli fyziky – jsou „uživatelé programátoři“, kteří jsou schopni vlastní tvorby. Pro ně a také pro kolegy na školách jsou určeny projekty:

1. Předjíždění automobilů	<i>Graficky a početně řeší kinematickou úlohu</i>	(ZŠ, SŠ)
2. Protijedoucí auta	<i>Graficky a početně řeší kinematickou úlohu</i>	(ZŠ, SŠ)
3. Auto na mostě	<i>Graficky a početně řeší rozklad sil</i>	(ZŠ, SŠ)
4. Zvedání sloupu	<i>Ukazuje použití Archimédova zákona</i>	(ZŠ, SŠ)
5. Plovoucí koule	<i>Plování těles</i>	(ZŠ, SŠ)
6. Pád koule v kapalině	<i>Dynamika pohybu tělesa ve viskózní kapalině</i>	(SŠ, VŠ)
7. Výtok kapaliny	<i>Laminární proudění a výtok viskózní kapaliny</i>	(SŠ, VŠ)
8. Šikmo vržená koule	<i>Numerický výpočet balistické křivky</i>	(SŠ, VŠ)
9. Duté sférické zrcadlo	<i>Zákon odrazu a vady sférického zrcadla</i>	(SŠ, VŠ)
10. Vypuklé sférické zrcadlo	<i>Zákon odrazu a vady sférického zrcadla</i>	(SŠ, VŠ)
11. Parabolické zrcadlo	<i>Zákon odrazu a vlastnosti parabolického zrcadla</i>	(SŠ, VŠ)
12. Otvorová vada spojky	<i>Zákon lomu, vlastnosti tlusté spojky</i>	(SŠ, VŠ)
13. Barevná a otvorová vada spojky	<i>Zákon lomu, vlastnosti tlusté spojky</i>	(SŠ, VŠ)
14. Planck1	<i>Spektrální hustota záření pro teploty do 5 400 K</i>	(SŠ, VŠ)
15. Planck2	<i>Spektrální hustota záření pro teploty do 3 500 K</i>	(SŠ, VŠ)
16. Potenciál pole bodových nábojů	<i>Rozložení potenciálu elektrostatického pole</i>	(SŠ, VŠ)
17. Smyčka v magnetickém poli	<i>Kmitání smyčky v homogenním magnetickém poli</i>	(VŠ)
18. Magnetické pole kruhového závitu	<i>Numerický výpočet magnetické indukce a indukčního toku kruhového závitu v celé ploše závitu</i>	(VŠ)
19. Jednocestný usměrňovač	<i>Výstupní napětí a jeho zvlnění zatíženého usměrňovače</i>	(SŠ, VŠ)
20. Dvojecestný usměrňovač	<i>Výstupní napětí a jeho zvlnění zatíženého usměrňovače</i>	(SŠ, VŠ)
21. Vázané LC obvody	<i>Přenos energie v soustavě vázaných oscilátorů</i>	(SŠ, VŠ)
22. Obvod RLC	<i>Tlumené kmity a numerické určení aperiodizačního odporu. Záporný odpor a jeho interpretace v obvodech RLC.</i>	(SŠ, VŠ)
23. Modulace	<i>Amplitudová a frekvenční modulace</i>	(SŠ, VŠ)
24. Operační zesilovač	<i>Operační zesilovač se zpětnou vazbou ve tvaru přemostěného T s rezistory a kapacitami</i>	(VŠ)
25. OZ s + vstupem	<i>Operační zesilovač s možností sestavení obvodu zpětné vazby</i>	(VŠ)

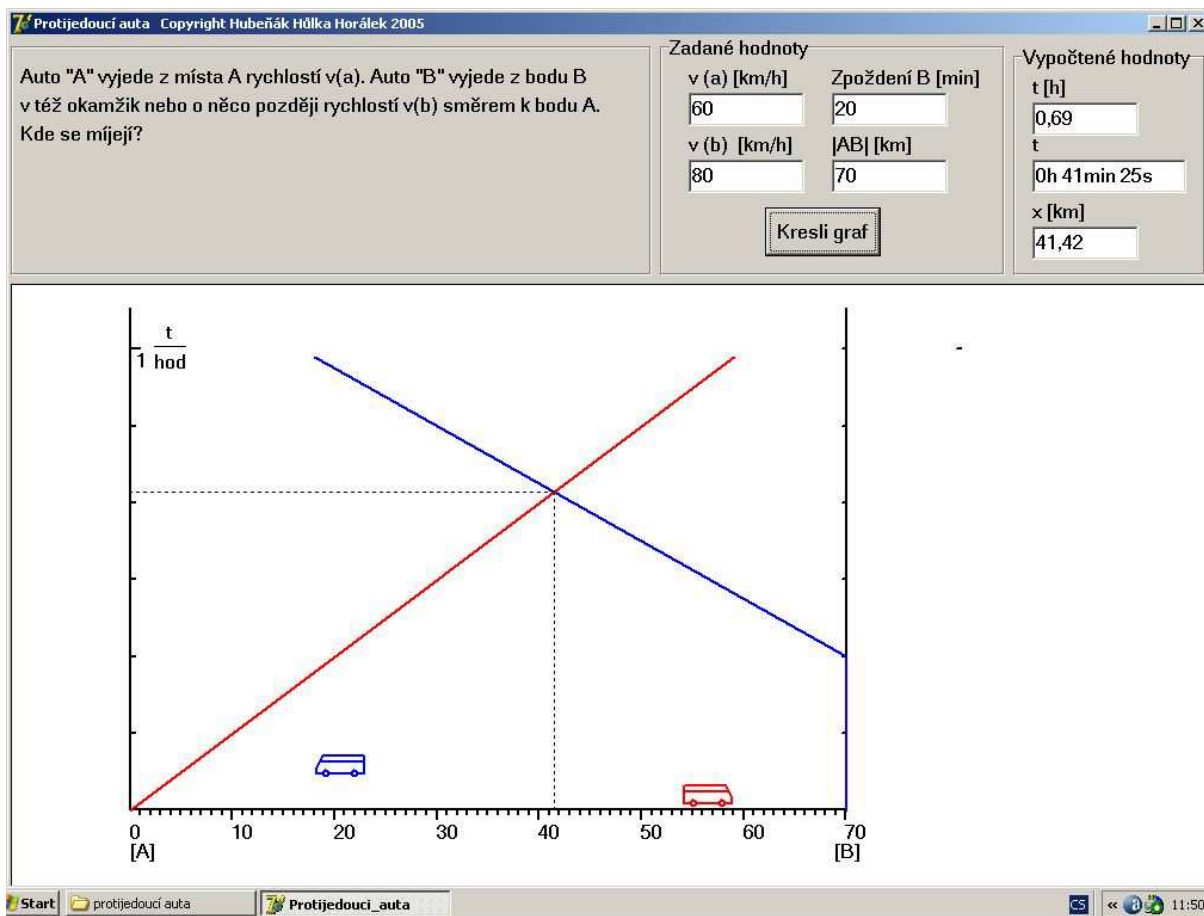
26. OZ s – vstupem	Operační zesilovač s možností sestavení obvodu zpětné vazby	(VŠ)
27. Wienův článek	Amplitudový a fázový přenos RC článku	(VŠ)
28. Pásmová propust ve tvaru Wienova článku	Amplitudový a fázový přenos s LC články	(VŠ)
29. Mezifrekvenční transformátor	Amplitudový a fázový přenos zatíženého MF transformátoru	(VŠ)
30. T-článek LCL	Dolnofrekvenční propust	(VŠ)
31. T-článek CLC	Hornofrekvenční propust	(VŠ)
32. Harmonická analýza periodických signálů	Studium harmonických složek periodických kmitů – Fourierova analýza	(VŠ)

Přepis původních programů z Pascalu do Delphi byl prací dvou studentů:

Horálek Josef, obor fyzika-informatika

Hůlka Josef, obor matematika-informatika.

Výsledkem jsou kompletní projekty, obsahující vedle .exe souborů všechny součásti Delphi projektu. Díky tomu mohl autor provést v projektech dílčí úpravy z hlediska fyzikálního obsahu, doplnit textové informace a upravit grafické výstupy. Studenti také přepsali do Wordu doprovodné texty, vysvětlující fyzikální obsah daného programu. Tím vznikl úplný studijní materiál, použitelný při vyučování fyzice na základní i střední škole. Část projektů je ovšem určena pro předměty Základy fyziky a Základy elektroniky, které studují budoucí učitelé na katedře fyziky.

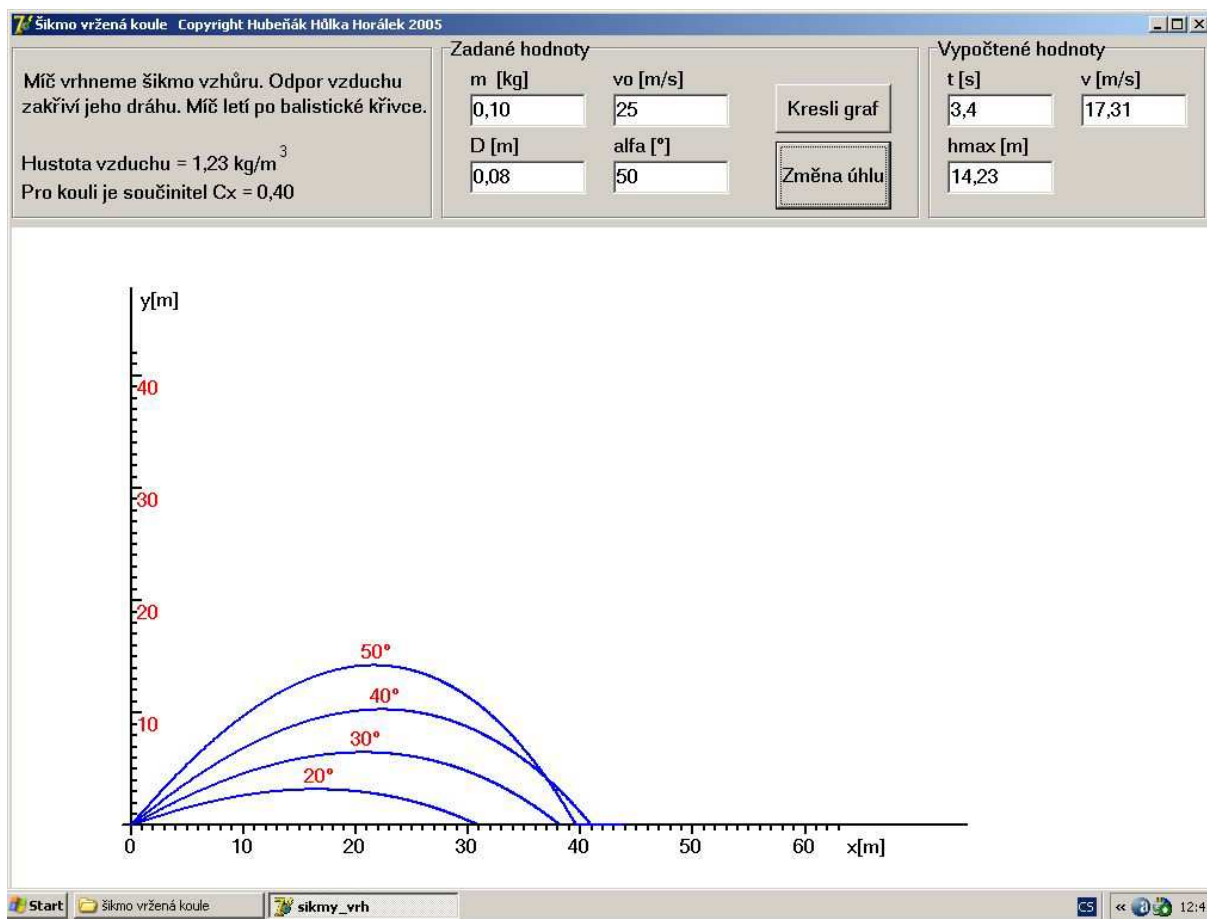


Obr. 1 Protijedoucí auta

Ukázkou programu pro žáky základní školy je projekt „Protijedoucí auta“. Jednoduchou kinematiku rozvíjí program do hry se zadáním rychlostí vozů, počáteční vzdálenosti a možného zpoždění druhého z aut. V grafu $t(s)$ se vykreslí dvě přímky a z průsečíku lze názorně poznat, kde a kdy se auta míjejí. V okně výsledků čteme čas setkání a polohu místa setkání. Pro žáky je určena animace – obrazovkou „projíždějí“ dvě auta.

Program lze použít jako motivační před vzorovým řešením úlohy, nebo jej použít jako nástroj kontroly pro výpočty žáků. Nabízí také volit tři ze vstupních parametrů a hledání čtvrtého tak, aby byla splněna podmínka místa setkání nebo okamžiku setkání.

Pro úlohu dynamickou je připraven projekt „Šikmo vržená koule“. Je určen pro další krok za výkladem šikmého vrhu ve vakuu. S použitím Newtonova zákona a vzorce pro odpor prostředí propočítává a kreslí pohyb vržené koule. Vodorovná osa je kreslena pro vrh pod úhlem 45° ve vakuu a ihned je patrný vliv odporu prostředí. Tlačítko „Změna úhlu“ nabízí vykreslit balistické křivky pro totéž těleso vržené pod jinými úhly. Vypočtené hodnoty dávají čas letu, dopadovou rychlost a maximální výšku.



Obr.2. Šikmo vržená koule

Uživatel zjistí, že program nespočítá dráhu střely – vysoké počáteční rychlosti odmítne.

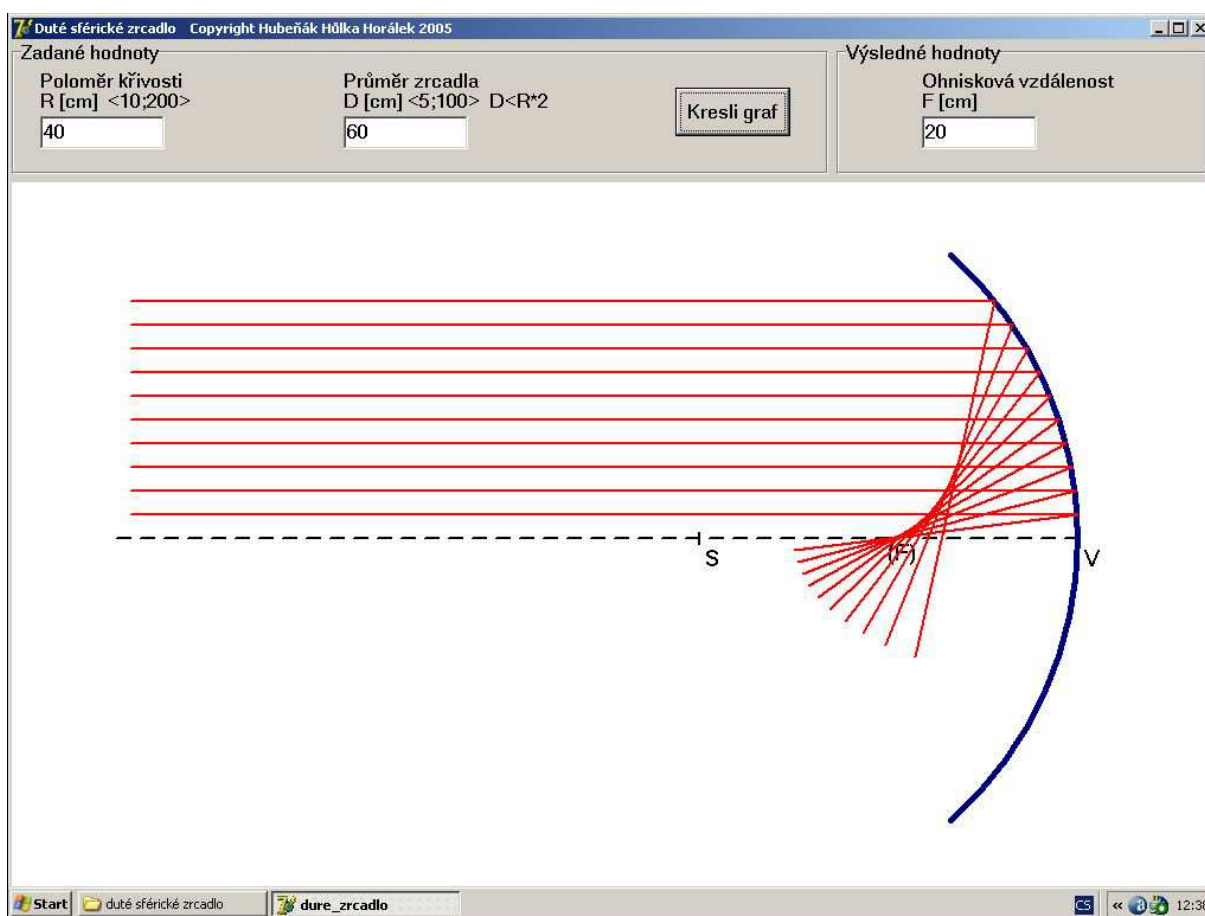
Uživatel-programátor je schopen najít v projektu příkaz, který zadává počáteční výšku y a změnit ji např. na 1,8 m. Pak lze jít s míčkem ze třídy ven a experimentovat. Vybraný student hodí míček, odhadneme úhel vrhu a změříme vzdálenost dopadu. Do programu zadáme úhel a zkusmo hledáme počáteční rychlost, která poskytne stejnou vzdálenost dopadu. Spojení programu se skutečným dějem tady představuje fyziku (a informatiku) jako užitečný nástroj. Počáteční rychlost vrhu bychom mohli dnes zjistit také počítačovou analýzou

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2

videozáznamu, nebo přímým měřením ultrazvukovým snímačem vzdálenosti a porovnat výsledky tří metod.

Pro střední školu je určen projekt „Duté sférické zrcadlo“. Po zadání poloměru křivosti a průměru výsledného zrcadla program vykreslí svazek paprsků, dopadajících rovnoběžně s optickou osou na zrcadlo, a paprsky odražené. Výpočet je založen jen na zákonu odrazu a uživatel zjistí, že v ohnisku se protínají jen paprsky blízké optické ose a pro paprsky vzdálené od osy to již neplatí. Obalovou křivku (v prostoru plochu) – kaustiku – je z grafu dobře vidět.

Program počítá ohniskovou vzdálenost zrcadla ze souřadnice průsečíku prvního odraženého paprsku a optické osy, a tím ověřuje platnost vzorce $f = \frac{R}{2}$.



Obr.3 Duté sférické zrcadlo

Poslední ukázka je projekt Planck2, použitelný na střední i na vysoké škole. Spektrální hustota záření absolutně černého tělesa je podle Planckova zákona

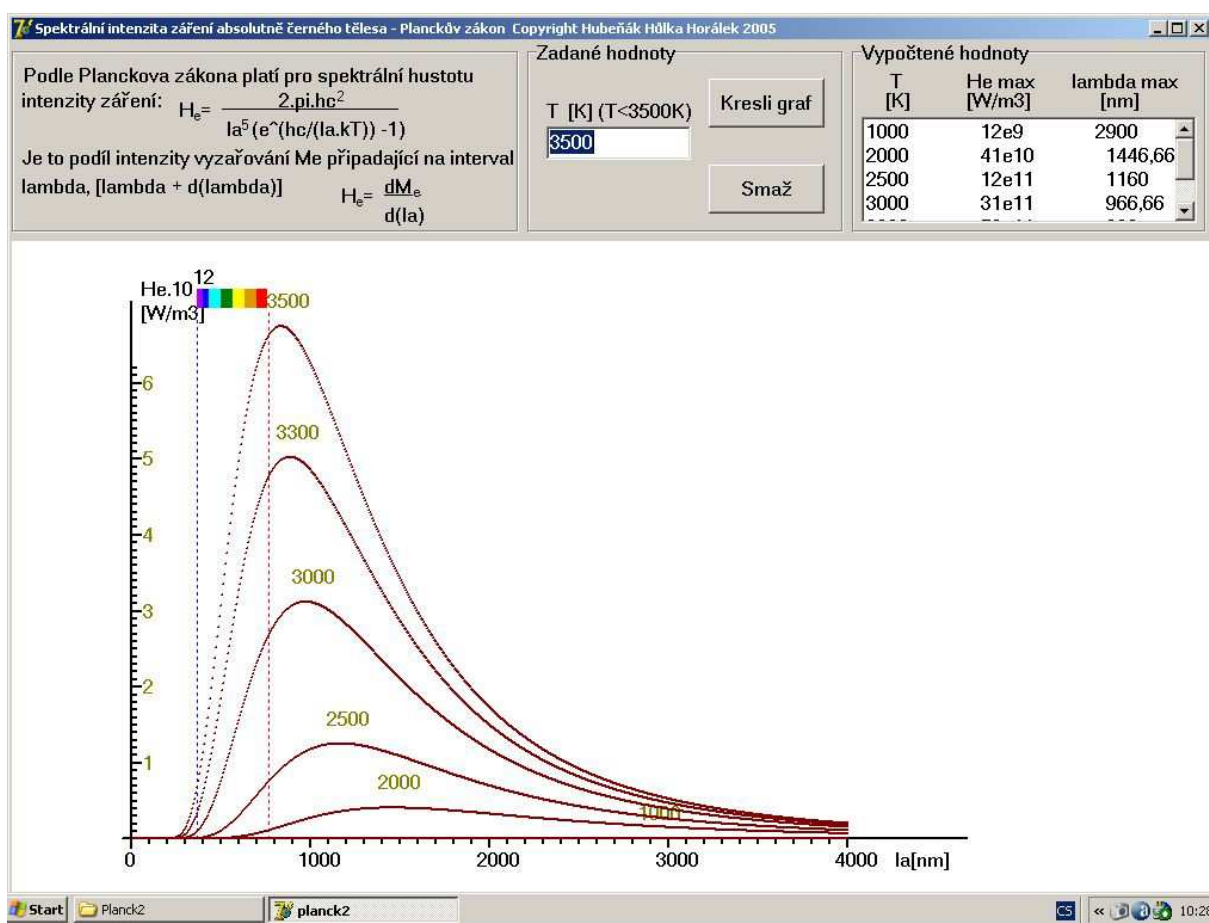
$$H_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5 \cdot \left(e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1 \right)}$$

Wienův posunovací zákon určuje vlnovou délku s maximem spektrální hustoty záření:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Program umožní zadat teplotu a vykreslit grafy $H_e(T)$ a pro názornost je zde zdůrazněn interval vlnových délek viditelného světla. V tabulce jsou vypsané λ_{\max} pro zadané teploty a ke grafům jsou teploty umístěny nad maxima. Graf lze uložit do schránky a vytisknout pro další práci činnosti studujících. Jednoduchým úkolem je stanovení konstanty b pro posunovací zákon. Stačí zadat teplotu 1 000 K a z tabulky odečíst λ_{\max} . Náročnějším úkolem je stanovení poměru energetické účinnosti světelného zdroje. Graf vytištěný pro danou teplotu je třeba pokrýt vhodnou sítí (např. čtvercovou) a sečítáním ploch určit zářivost zdroje a interval spadající do oblasti viditelného světla. Zanedbáním vzdálené infračervené oblasti sice vznikne chyba, ale je zde příležitost odhadnout velikost této zanedbané plochy a zpřesnit výsledek. (Čtvercovou síť lze vytisknout na fólii pro zpětný projektor. Studenti se seznámí s metodou grafické integrace.)

Projekt Planck2 má omezení pro teploty do 3 500 K a přibližně modeluje záření těles, která skutečně používáme jako světelné zdroje – žárovek s wolframovým vláknem. Projekt Planck1 je omezen teplotou 5 500 K a lze jej použít např. v astrofyzice na střední škole.



Obr.4 Planckův zákon

Uvedených (zatím) 32 .exe souborů lze najít na Internetu: <http://pdf.uhk.cz/kfyi>.

Dostat se sem je trochu komplikované. Je třeba jít na www.uhk.cz, dále na Pedagogickou fakultu, katedru fyziky a informatiky, přejít na její nabídku informací a na studium, studijní informace a materiály a teprve zde je ke stažení soubor *Malé fyzikální programy v Delphi*.

Programy jsou funkční s operačním systémem od WIN95 výše.

Některé výsledky celostátního výzkumu „Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky“

Gerhard Höfer^{}, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni*

*Emanuel Svoboda^{**}, katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha*

1 Úvodem

Na konferenci před dvěma roky zde v Srní byla podána informace o záměru provést dotazníkové šetření zaměřené na stav výuky fyziky na našich základních a středních školách [1]. Široce založený výzkum byl po pilotáži dotazníků skutečně proveden ve školním roce 2003/2004 na školách ve všech krajích, a to katedrou obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni ve spolupráci s Fyzikální pedagogickou sekcí JČMF a s Českou školní inspekcí. V druhé polovině roku 2004 byly zahájeny analýzy získaných výsledků řešitelským kolektivem ve složení PaedDr. G. Höfer, CSc. (vedoucí řešitelského kolektivu), Prof. PhDr. Z. Helus, DrSc., prof. RNDr. Z. Půlpán, CSc. a prof. RNDr. E. Svoboda, CSc. Ing. L. Valeš získaná data z dotazníkového šetření o 30 škálovaných položkách zakládala do elektronické podoby a vytvářel vhodné statistické soubory.

Výzkum je zaměřen především na žáky základních škol (celkem 3 728 žáků), menší vzorky z nižších gymnázií (803 žáků), vyšších gymnázií (760 žáků) a ostatních středních škol (1 117 žáků) slouží jako sondy pro případný následný hlubší výzkum. Pokud byla použita data ostatních typů škol k porovnání s daty na základní škole, ve většině případů se porovnávaly základní školy (dále jen ZŠ), nižší gymnázia (dále jen NG) a vyšší gymnázia (dále jen VG). Ostatní střední školy (dále jen OSS) svou různorodostí nedovolují hlubší analýzu.

Předmětem výzkumu je podchycení úrovně vztahů žáků k výuce fyziky, názorů žáků na průběh vyučovací hodiny, názorů na používané učebnice fyziky i používání dalších klasických i moderních multimediálních prostředků a v neposlední řadě i obecnější pohled žáka na výuku vůbec.

V tomto příspěvku se zaměříme na vyhodnocení postoje žáků k jednotlivým vyučovacím předmětům na všech typech škol¹. K tomuto zkoumání jsme použili analýzy **oblíbenosti předmětu** (žáci vypovídali, jak mají příslušný předmět v oblíbenosti) a pro doplnění a potvrzení výpovědí této části i zkoumání **obtížnosti jednotlivých předmětů** (žáci vypovídali, jak hodnotí obtížnost daného předmětu). Samozřejmě se více zaměříme na postoje žáků k fyzice.

2 Zkoumání oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ

Žáci měli v dotazníku zaznamenat subjektivní „úroveň oblíbenosti“ jednotlivých předmětů na diskretní škále hodnot 0, 1, 2, ..., 6. Levá krajní hodnota uvedené škály byla přitom interpretována slovy „krajně neoblíbený“, střed škály, označený skórem 3, jako „středně (ne)oblíbený“ a pravá hodnota, označená skórem 6, jako „velmi oblíbený“. Základní charakteristikou rozložení četností výpovědí žáků je aritmetický průměr stupňů oblíbenosti ϕ . Vysoké hodnoty aritmetického průměru oblíbenosti signalizují pozitivní hodnocení předmětu, nízké hodnoty naopak převahu negativních hodnocení. Pořadí předmětů podle průměrů stupňů oblíbenosti na ZŠ ukazuje tabulka 1 (uspořádáno sestupně):

^{*} hofer@kof.zcu.cz

^{**} emanuel.svoboda@mff.cuni.cz

¹ Příspěvek informuje o výsledcích pouze dvou otázek z celkového počtu 37 otázek.

Tab. 1: Pořadí předmětů podle stupňů oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ

	Inf	Tv	Vv	Rv	Hv	Ov	Př	Dě	Ze	Ma	Aj	Ch	Nj	Fy	Čj
Součet četností	2 182	3 684	3 704	3 664	3 706	3 636	3 686	3 705	3 704	3 701	2 395	2 804	1 664	3 698	3 701
ϕ	5,10	4,90	4,35	4,30	4,10	4,04	3,90	3,76	3,76	3,49	3,43	3,38	3,32	3,32	2,97

V této i v dalších tabulkách, resp. v textu příspěvku, jsou použity zkratky jednotlivých předmětů: Inf – informatika, Tv – tělesná výchova, Vv – výtvarná výchova, Rv – rodinná výchova, Hv – hudební výchova, Ov – občanská výchova, Př – přírodopis, Bi – biologie, Dě – dějepis, Ze – zeměpis, Ma – matematika, Aj – anglický jazyk, Ch – chemie, Nj – německý jazyk, Fy – fyzika, Čj – český jazyk.

Z tabulky vyplývá, že průměrná oblíbenost jednotlivých předmětů (až na Čj) má úroveň vyšší než 3. Na škále průměrných hodnot oblíbenosti je matematika před Aj, Ch, Nj, Fy a Čj. Její postavení v hierarchii jednotlivých předmětů zde nepřekvapuje; je dána povahou uvedeného předmětu (předpokládá soustředěnost žáků při vyučování a systematickosti v domácí přípravě). Pořadí průměrných hodnot oblíbenosti podporuje však hypotézu, že přírodovědné předměty **Ch, Fy jsou v úrovni oblíbenosti v naší žákovské populaci až za matematikou**. To je významná informace pro didaktiku obou disciplín (a samozřejmě i pro učitele). Vzhledem k rozsáhlosti zkoumaného žákovského vzorku a s ohledem na rozdílnost míst působení zkoumaných škol se jeví pořadí úrovně oblíbenosti pro uvedené předměty jako znepokojující. **Naše znepokojení je tím větší, čím více si uvědomujeme, že se to týká předmětů, se kterými se žáci setkávají poprvé.**

I na dalších typech škol (NG a VG) je situace podobná jako u ZŠ. Průměrná hodnota stupňů oblíbenosti všech předmětů u NG až na Čj a Ch, na VG až na Fy a Ch má úroveň vyšší než 3. OSS zaujímají zvláštní postavení, neboť zde má dokonce 5 předmětů průměrnou hodnotu oblíbenosti nižší než 3.

Když jsme porovnali pořadí oblíbenosti jednotlivých předmětů u různých typů škol pomocí Wilcoxonova testu shody pro párované hodnoty², zjistili jsme (při 5% hladině významnosti), že **pořadí oblíbenosti jednotlivých vyučovacích předmětů, které hodnotili žáci ZŠ a NG, se statisticky významně neliší**. V pojetí fyziky, jejího obsahu a náročnosti se oba typy škol neliší. Naopak velkou odlišnost průměrů stupňů oblíbenosti vykazují další přírodovědné předměty Bi a Ch a také Inf. Statisticky významně se také neliší hodnocení pořadí oblíbenosti jednotlivých vyučovacích předmětů žáky NG a VG. Vzhledem k tomu, že při zadávání dotazníku na školách se ve větší míře zadávaly současně testy na nižších i vyšších třídách gymnázia jedné školy, dá se výsledek interpretovat i tak, že pořadí oblíbenosti na školách významně ovlivňuje mimo jiné také osobnost učitele.

Na obr. 1 (viz další strana) jsou uvedeny diagramy rozdělení relativních četností (v %) oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ. Provedli jsme rozčlenění vyučovacích předmětů do tří sloupců: v levém sloupci jsou matematika, informatika a přírodovědné předměty, v prostředním sloupci předměty humanitní a jazykové a v pravém sloupci předměty esteticko-výchovné a tělovýchovné.

Na první pohled zaujme **pravý sloupec** předmětů esteticko-výchovných a tělovýchovných (Tv, Hv, Rv, Vv) a předmět informatika z prvního sloupce, a to svým **výrazně pozitivním rozdělením odpovědí**. Žáci hodnotí tyto předměty výrazně nadprůměrně. Jsou to předmě-

² Wilcoxonův test pro párované hodnoty je neparametrický test. Pracuje s pořadím hodnot zkoumaných souborů. Počítá s rozdíly mezi naměřenými hodnotami, které tvoří pár (průměry rozložení oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ a NG). Rozdíly průměrů se seřadí podle velikosti absolutní hodnoty; jednotlivým členům se přiřadí pořadové číslo, které se zapíše ve sloupečku + (u rozdílu kladného) nebo ve sloupečku - (u rozdílu záporného). Menší hodnota ze součtu sloupečků + nebo - se porovná s kritickou hodnotou.

ty, které svým průměrem zauímají přední místo v žebříčku oblíbenosti. Do druhé skupiny lze zařadit předměty, jejichž odpovědi jsou s různou strukturou negativních a pozitivních hodnocení; diagram je nesymetrický; žáci hodnotí předmět spíše pozitivně. Tyto předměty jsou zastoupeny v prvních dvou sloupcích: v předmětech přírodovědných je to především přírodopis a matematika; v předmětech humanitních dějepis a občanská výchova. Tato skupina zauímá v hierarchii předmětů podle jejich průměrů střední polohu. Třetí skupinu tvoří předměty, jejichž diagram rozložení odpovědí se blíží normálnímu rozdělení. Žáci hodnotí předmět převážně průměrně. U předmětů chemie, fyzika a anglický jazyk však převládá ještě pozitivní část odpovědí; u předmětů německý a český jazyk je pozitivní a negativní část odpovědí přibližně v rovnováze. Tyto předměty jsou v hierarchii průměrů na nejnižším stupni (s nejnižším hodnocením). Některé diagramy vykazují výrazné odchylky od normálu. Příčinou těchto anomálií by mohly být vlivy některých faktorů, které ve svém výzkumu budeme dále zkoumat: odpovědi chlapců a dívek, učitel muž a žena, velikost místa školy.

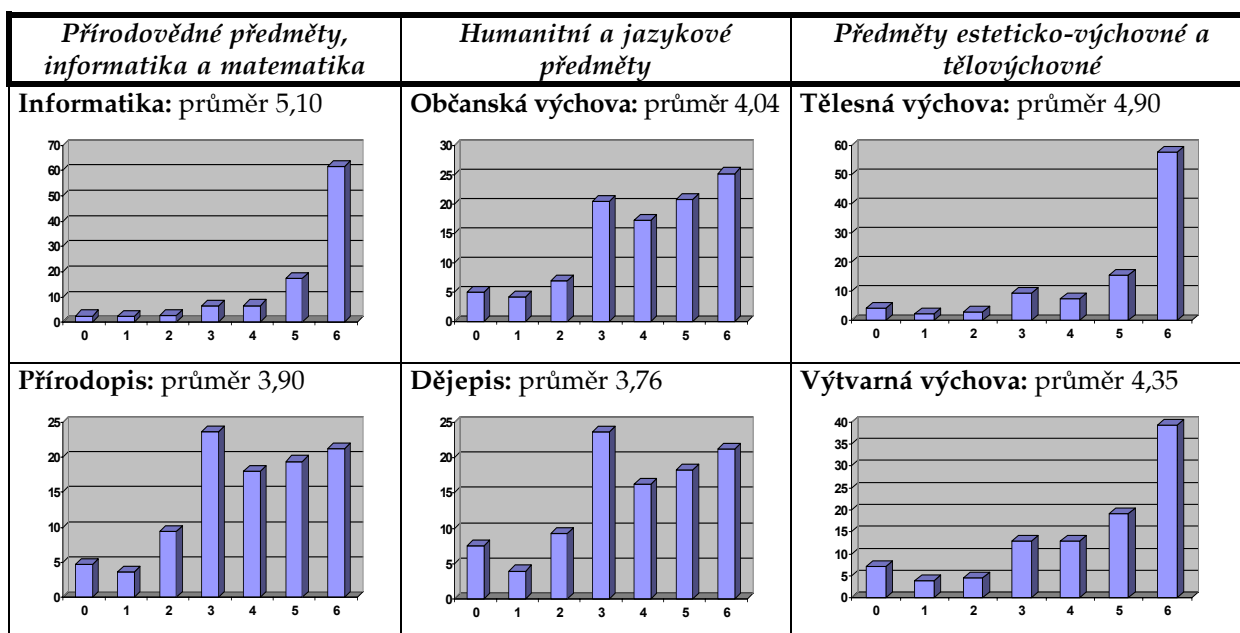
2.1 Porovnání variability rozložení stupňů oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ, NG a VG

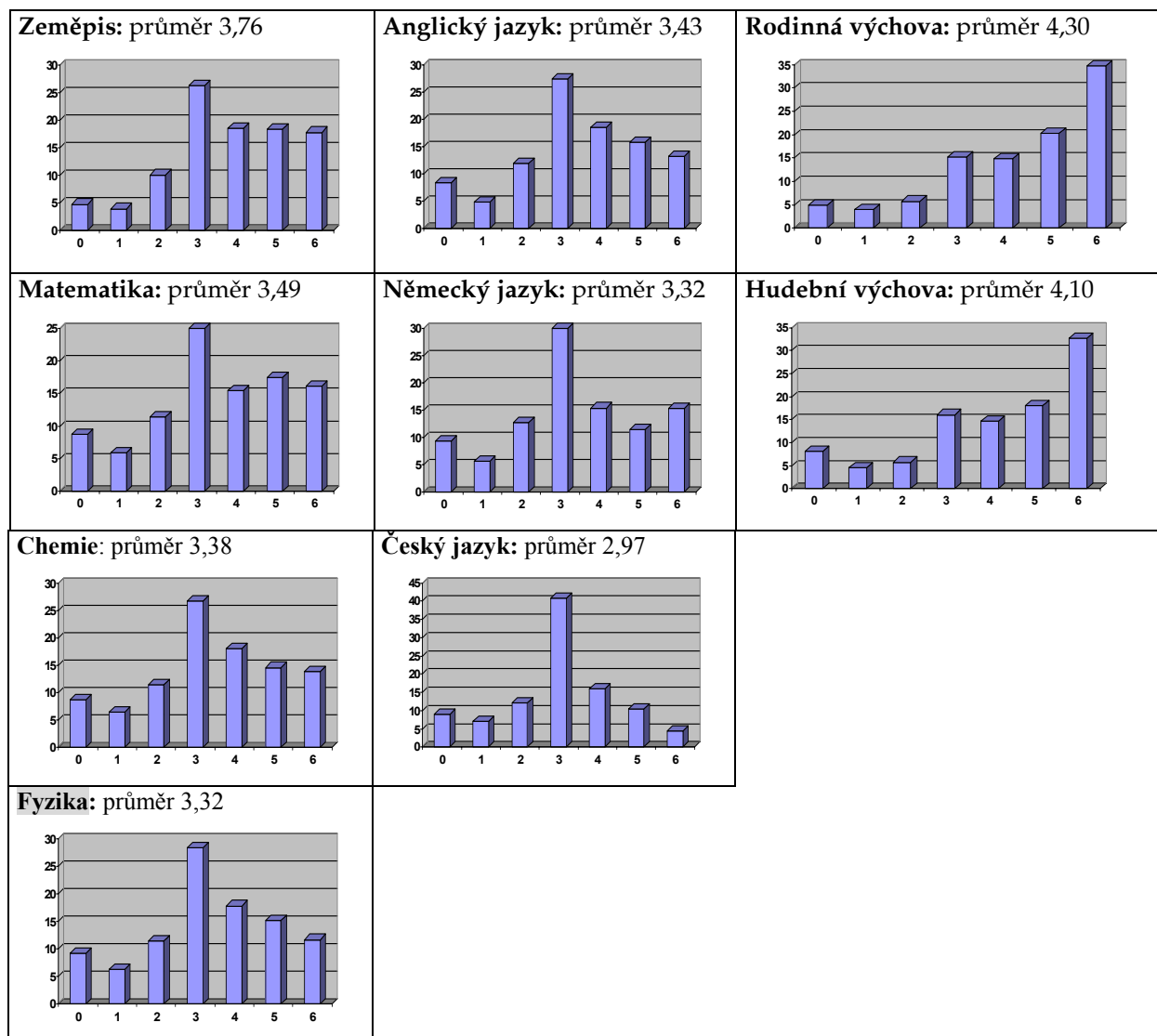
Pro porovnání stavu rozložení odpovědí o oblíbenosti u jednotlivých předmětů na ZŠ, NG, VG a OŠ jsme vytvořili tabulku 2 obsahující aritmetické průměry stupňů oblíbenosti.

Tab. 2: Aritmetické průměry stupňů oblíbenosti jednotlivých předmětů na různých typech škol

	Inf	Tv	Vv	Hv	Ov	Př/Bi	Dě	Ze	Ma	Aj	Ch	Nj	Fy	Čj
ZŠ	5,10	4,90	4,35	4,10	4,04	3,90	3,76	3,76	3,49	3,43	3,38	3,32	3,32	2,97
NG	4,50	4,84	4,16	3,95	3,61	3,52	3,81	3,87	3,27	3,96	2,83	3,19	3,38	2,96
VG	3,96	4,59	4,22	4,15	3,61	3,68	3,96	3,83	3,20	3,89	2,70	3,03	2,86	3,66
OSŠ	4,76	4,76	4,24	3,31	3,74	3,73	3,09	3,96	2,99	3,29	2,96	2,80	2,98	2,99

Obr. 1: Diagramy relativní četnosti (v %) oblíbenosti jednotlivých předmětů na ZŠ





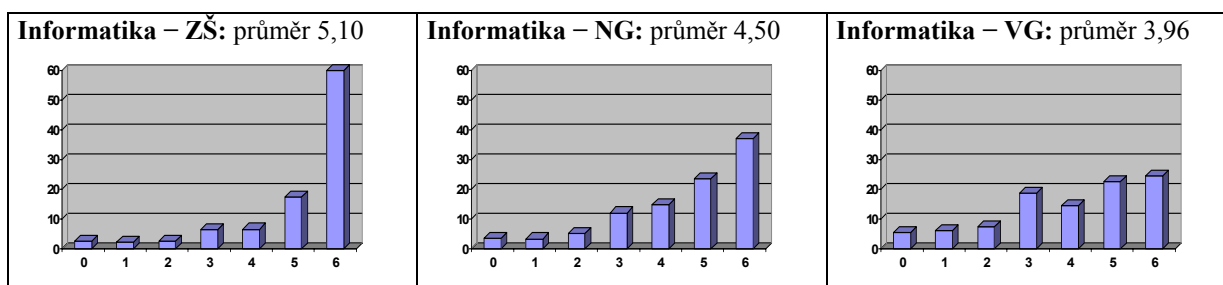
Porovnáním údajů v tabulce 2 vidíme, že většina předmětů na ZŠ je žáky hodnocena jako oblíbenější ve srovnání se střední školou, nebo je hodnocení srovnatelné. Při porovnání NG a VG jsou průměry oblíbenosti jednotlivých předmětů srovnatelné. Výjimku tvoří pouze fyzika (na VG výrazně méně oblíbená) a český jazyk (na VG více oblíbený). Podrobněji porovnáme a zhodnotíme skupinu předmětů obsahujících informatiku, matematiku, přírodopis (resp. biologii), chemii a fyziku.

a) Informatika

Jak je vidět z tab. 2, je informatika na prvním místě žebříčku oblíbenosti v uvažované skupině na všech sledovaných typech škol. Obr. 2 ukazuje, že zatímco na základní škole se projevuje výrazně pozitivní rozdělení relativních četností oblíbenosti (nejvyšší 6. stupeň zvolilo 61,5 % žáků), je křivka nárůstu četností jednotlivých stupňů na NG mírnější (nejvyšší 6. stupeň zvolilo 37,1 % žáků). Poslední z trojice škol, vyšší gymnázium, má silně asymetrické rozdělení negativních a pozitivních relativních četností odpovědí (poslední stupeň volila pouze čtvrtina – 24,5 % žáků). Situaci dokresluje i průměr. Zatímco je na ZŠ průměr nejvyšší – 5,10, je na NG pouze 4,50 a na VG se průměr snížil až na hodnotu 3,96. Skluz oblíbenosti informatiky na NG proti ZŠ je zarážející a bude nutno tuto skutečnost zkoumat podrobněji.

Na 5% hladině významnosti jsme testovali Kolmogorovým–Smirnovovým testem³ (dále jen KS-test), je-li statisticky významný rozdíl mezi rozložením relativní četnosti oblíbenosti informatiky na ZŠ a NG (na NG a VG). Zjistili jsme, že rozdíly relativních kumulativních četností jsou v obou případech větší než je kritická hodnota; **existuje statisticky významný rozdíl v rozdělení četností oblíbenosti informatiky mezi ZŠ a NG. Tento statistický rozdíl je mnohem větší než mezi NG a VG.**

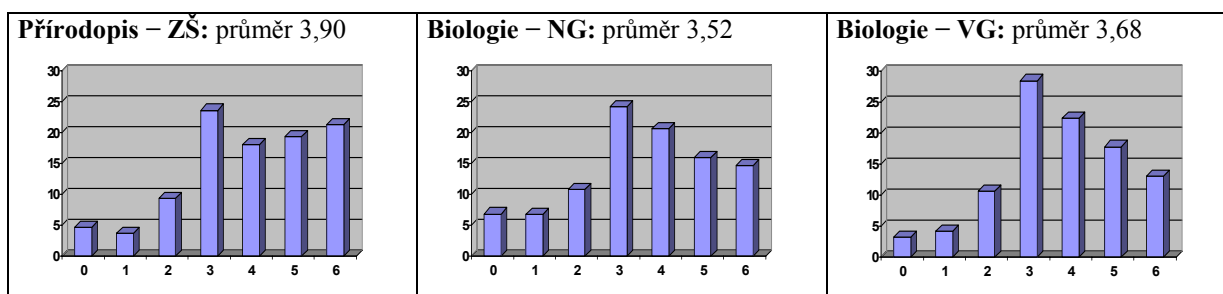
Obr. 2: Porovnání diagramů relativní četnosti (v %) oblíbenosti předmětu informatika na ZŠ, NG a VG



b) Přírodopis (na gymnáziu biologie)

Rozložení relativních četností v % (viz obr. 3) oblíbenosti předmětu na ZŠ vykazuje nesymetričnost negativních a pozitivních postojů (s převahou pozitivních odpovědí); na NG a VG vykazuje toto rozdělení strukturu téměř normálního rozdělení opět s převahou pozitivních odpovědí. Proto je také průměr na ZŠ nejvyšší (oblíbenost tohoto předmětu je na ZŠ vyšší než na ostatních typech škol) – 3,90; na NG – 3,52; na VG – 3,68. Na NG a VG se biologie umístila v žebříčku hodnocení oblíbenosti přírodovědných předmětů za zeměpisem. Z KS-testu vyplynulo, že rozdělení četností oblíbenosti přírodopisu (biologie) na ZŠ a NG sice vykazují statistický rozdíl, ale tento rozdíl není tak výrazný. Hypotéza, že je rozdíl mezi rozložením četností oblíbenosti přírodopisu na ZŠ a NG (resp. na NG a VG), nebyla potvrzena.

Obr. 3: Porovnání diagramů relativní četnosti (v %) oblíbenosti předmětu přírodopis (biologie) na ZŠ, NG a VG

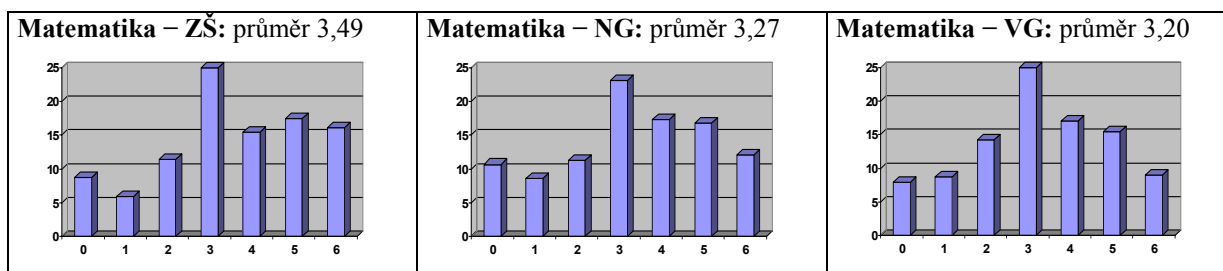


c) Matematika

Porovnáním diagramů relativních četností oblíbenosti (v %) – viz obr. 4 – zjistíme, že na ZŠ vykazuje diagram nesymetričnost rozdělení negativních a pozitivních odpovědí (s převahou pozitivních odpovědí).

³ Kolmogorův–Smirnovův test dobré shody je test porovnávající maximální hodnotu D rozdílu relativních kumulativních četností a kritickou hodnotu D_{kr} rozdílu relativních kumulativních četností. Pokud je D pod kritickou hodnotou D_{kr} , pak se neprokázal signifikantní rozdíl mezi oběma soubory. V opačném případě je statisticky významný rozdíl prokázán.

Obr. 4: Porovnání diagramů četnosti oblíbenosti předmětu matematika na ZŠ, NG a VG

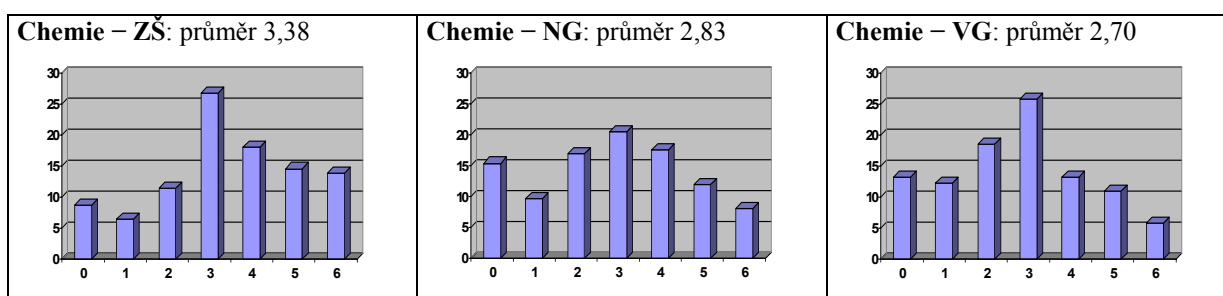


Na NG a VG se rozložení relativních četností přibližuje normálnímu rozdělení (na NG ještě převládá spíše pozitivní hodnocení). Na ZŠ žáci hodnotí matematiku jako oblíbenější předmět než na NG (průměry 3,49–3,7). NG a VG jsou na tom přibližně stejně (průměry 3,27–3,20). KS-test neprokázal statisticky významný rozdíl mezi výpověďmi žáků ZŠ a NG i žáků NG a VG.

d) Chemie

Na ZŠ se rozložení relativních četností odpovědí přibližuje normálnímu rozdělení s převahou pozitivních odpovědí, jak je vidět z obr. 5. U NG, a zvláště u VG, je situace opačná – převládá negativní hodnocení. Tento jev se vyskytuje pouze u chemie. Průměr oblíbenosti chemie je na ZŠ výrazně vyšší než na NG (3,38–2,83).

Obr. 5: Porovnání diagramů relativní četnosti (v %) oblíbenosti předmětu chemie na ZŠ, NG a VG

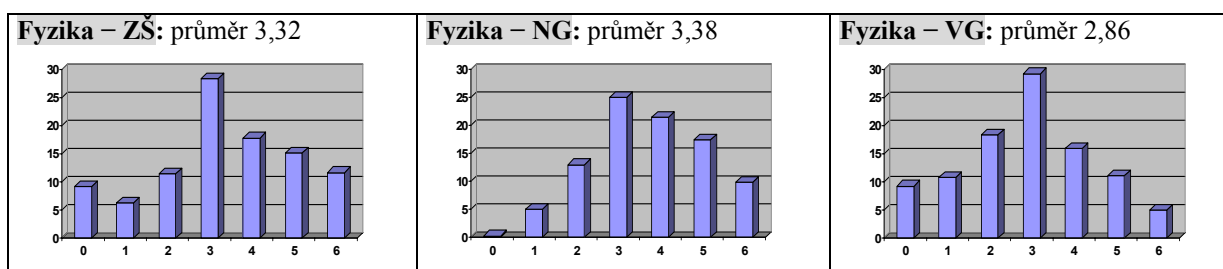


KS-test nám potvrdil statistický významný rozdíl mezi rozložením relativních četností oblíbenosti chemie na ZŠ a NG. Mezi NG a VG rozdíl prokázán nebyl.

e) Fyzika

Jak ukazuje následující obr. 6, diagram rozložení relativních četností (v %) se přibližuje normálnímu rozložení, přičemž na ZŠ a NG převažuje pozitivní hodnocení (tzn. i vyšší průměr); u VG je rozložení četností téměř symetrické (nižší průměr).

Obr. 6: Porovnání diagramů relativní četnosti (v %) oblíbenosti předmětu fyzika na ZŠ, NG a VG



Tuto skutečnost symetričnosti můžeme doložit i tabulkou 3 obsahující rozložení relativních četností (v %) na jednotlivých typech škol.

Tab. 3: Porovnání rozložení relativních četností (v %) oblíbenosti předmětu fyzika na ZŠ, NG a VG

Škola	0	1	2	3	4	5	6
ZŠ	9,2	6,3	11,4	28,3	17,8	15,2	11,7
NG	0,3	5,1	13	24,9	21,4	17,4	9,8
VG	9,3	10,8	18,4	29,2	15,9	11,2	5,1

KS-test potvrdil náš předpoklad, že mezi ZŠ a NG není statistický rozdíl mezi rozložením oblíbenosti fyziky. Ale mezi NG a VG existuje staticky významný rozdíl v oblíbenosti fyziky.

3 Zkoumání obtížnosti jednotlivých předmětů na ZŠ a středních školách

Žáci měli v dotazníku zaznamenat subjektivní „úroveň obtížnosti“ jednotlivých předmětů na diskretní škále hodnot 6, 5, 4, ..., 0. Levá krajní hodnota uvedené škály byla přitom interpretována slovy „krajně obtížný“ (maximálně obtížný), střed škály, označený skórem 3, jako „středně obtížný“ a pravý označený skórem 0, jako „naprosto snadný“ (tedy bez obtíží). Základní charakteristikou rozložení četností výpovědí žáků je aritmetický průměr ϕ . Nabývá diskretních hodnot od 6 do 0. Vysoké hodnoty aritmetického průměru signalizují vysoký stupeň obtížnosti předmětu, nízké hodnoty naopak snadnost předmětu.

a) Porovnání průměrných hodnot a charakteristika jednotlivých předmětů zkoumaného vzorku žáků

Četnosti stupňů obtížnosti 6–0 jednotlivých předmětů na zkoumaných ZŠ (pro celkem 3 800 žáků) a příslušné aritmetické průměry u jednotlivých předmětů jsou uvedeny v tab. 4:

Tab. 4: Četnost stupňů obtížnosti jednotlivých předmětů na základní škole

	Rv	Tv	Inf	Vv	Hv	Ov	Ze	Př	Dě	Nj	Ch	Aj	Fy	Ma	Čj
6	79	123	53	125	110	62	118	122	200	133	238	199	292	356	290
5	34	42	34	46	32	41	124	136	204	153	230	246	309	396	365
4	34	49	29	52	66	71	264	304	363	216	430	355	603	573	585
3	178	249	141	199	255	378	1021	999	1053	571	902	751	1232	1100	1539
2	426	297	209	347	433	600	973	989	810	271	509	423	674	585	533
1	842	713	459	782	851	955	661	643	574	178	300	242	361	384	263
0	2 056	2 201	1 247	2 140	1 947	1 515	532	482	489	139	183	175	222	314	115
Σ	3 649	3 674	2 172	3 691	3 694	3 622	3 693	3 675	3 693	1 661	2 792	2 391	2 693	3 708	3 690
ϕ	0,82	0,87	0,88	0,88	0,97	1,15	2,18	2,24	2,44	2,93	2,98	3,01	3,01	3,04	3,21

Z tabulky vyplývá, že více než střední obtížnost mají předměty Aj, Fy, Ma a Čj. Přitom střed uvedené škály má hodnotu 3 a kvartily 2, 4. To na rozdíl od „oblíbenosti“ předmětů svědčí o menší variabilitě odhadů. To je potěšující výsledek.

Na základě průměrných hodnot můžeme sledované předměty rozdělit do pěti úrovní. Nejobtížněji je hodnocen český jazyk. Druhou skupinou jsou předměty Ma, Fy, Ch a dále dva předměty jazykové Aj a Nj. V hierarchii hodnocení obtížnosti předmětů zaujímá střed Ze a Př. Velká skupina předmětů („výchovy“ a informatika) je hodnocena jako předměty málo obtížné.

V tabulkách 5, 6 a 7 jsou uvedeny četnosti stupňů oblíbenosti na nižších a vyšších gymnáziích a na ostatních středních školách. Na NG jsou 3 předměty výrazně nad středem hodnotící škály (Nj, Ma, Ch), 4 předměty jsou hodnoceny přibližně jako předmět středně obtížný (Aj, Bi, Fy, Čj); dále jsou v hierarchii 2 předměty, které mají průměr obtížnosti mezi 2 až 2,5 (Ze, Dě). Stejně

ně jako u ZŠ existuje velká skupina předmětů („výchovy“ a informatika), které jsou hodnoceny jako nejméně náročné. Na VG se od skupiny nejvíce obtížných předmětů přesunul Čj do nižší polohy; rovněž zeměpis se přesunul vlevo, a to ke skupině nejméně obtížných předmětů.

Tab. 5: Četnost stupňů obtížnosti jednotlivých předmětů na nižších gymnáziích

	Vv	Rv	Tv	Ov	Hv	Inf	Ze	Dě	Aj	Bi	Fy	Čj	Nj	Ma	Ch
6	29	0	24	15	30	23	23	31	26	38	39	39	36	79	111
5	9	1	16	5	16	10	25	38	59	74	82	84	56	121	133
4	12	0	19	26	27	10	72	76	113	121	134	125	67	143	142
3	54	6	73	93	85	70	207	219	218	272	253	299	105	225	206
2	65	6	103	137	96	93	233	200	136	151	156	145	55	120	95
1	158	14	159	218	168	144	137	136	102	84	95	79	29	66	63
0	446	17	399	295	311	191	100	96	56	50	41	27	28	43	20
ϕ	0,93	1,11	1,11	1,25	1,34	1,42	2,23	2,35	2,72	2,89	2,93	3,03	3,24	3,30	3,60

Tab. 6: Četnost stupňů obtížnosti jednotlivých předmětů na vyšších gymnáziích

	Tv	Hv	Vv	Rv	Inf	Ov	Ze	Dě	Bi	Aj	Čj	Nj	Ma	Fy	Ch
6	15	7	11	0	11	8	4	16	18	18	24	35	71	45	84
5	8	2	4	0	10	21	14	32	46	56	34	65	126	129	123
4	20	5	6	0	31	37	27	73	83	105	104	95	168	168	171
3	49	17	26	3	85	162	154	208	247	244	318	171	199	254	196
2	76	29	40	8	102	194	234	207	223	178	181	97	102	108	109
1	157	70	84	4	96	191	153	150	99	114	83	37	58	43	51
0	413	140	172	6	104	135	69	68	36	41	13	12	31	10	20
ϕ	0,90	0,93	1,03	1,38	1,81	1,83	1,96	2,30	2,60	2,66	2,81	3,24	3,43	3,45	3,53

Tab. 7: Četnost stupňů obtížnosti jednotlivých předmětů na OSŠ

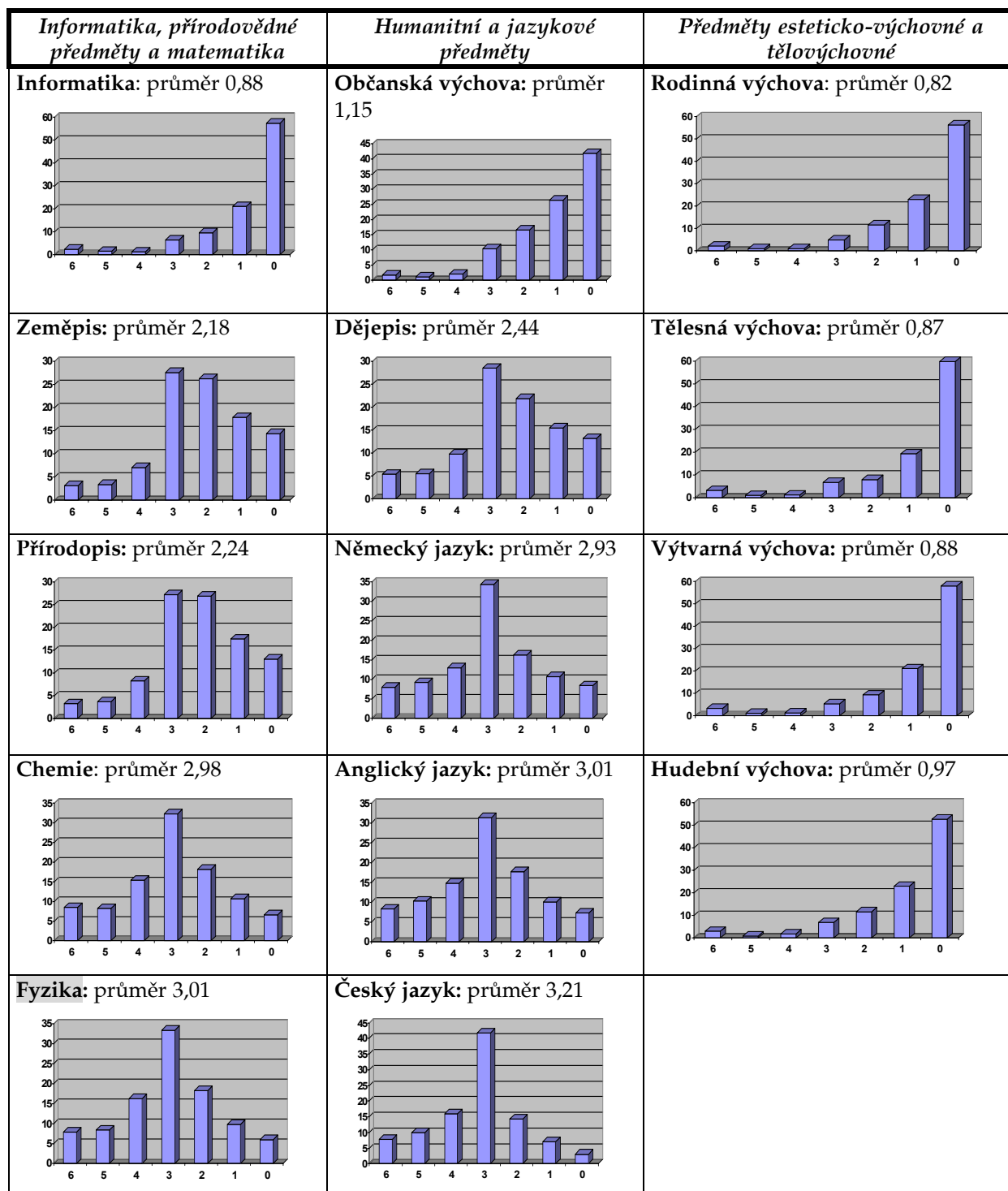
	Tv	Rv	Vv	Hv	Ov	Inf	Ze	Bi	Dě	Aj	Čj	Ch	Nj	Fy	Ma
6	24	3	4	5	10	19	4	11	31	62	42	47	46	83	104
5	18	1	5	3	7	24	6	16	39	50	84	73	75	119	165
4	26	2	4	5	26	53	16	30	84	107	191	111	112	244	233
3	91	12	16	12	128	129	39	109	227	243	509	192	203	454	357
2	100	21	38	15	193	179	45	68	178	131	192	113	75	146	147
1	226	25	42	29	227	222	43	47	81	52	72	57	36	48	73
0	600	52	54	41	221	271	41	40	50	35	20	32	32	16	30
ϕ	0,96	1,16	1,42	1,45	1,47	1,58	1,90	2,42	2,66	3,08	3,08	3,12	3,27	3,40	3,44

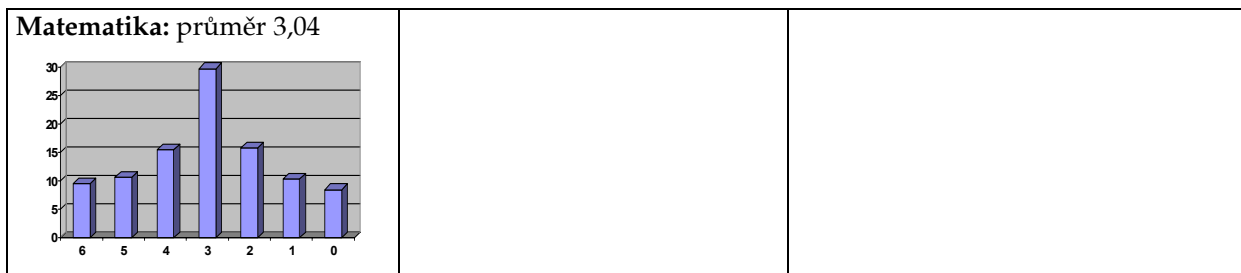
Jestliže porovnáme pořadí obtížnosti jednotlivých předmětů u různých typů škol pomocí Wilcoxonova testu shody pro párované hodnoty, obdržíme následující výsledky: Mezi ZŠ a NG je $T = 22$ a kritická hodnota $T_{kr} = 21$; proto $T > T_{kr}$. **Hodnocení pořadí oblíbenosti jednotlivých vyučovacích předmětů žáky ZŠ a NG se statisticky významně neliší.** Mezi NG a VG je $T = 49,5$ a kritická hodnota $T_{kr} = 21$; proto $T > T_{kr}$. **Hodnocení pořadí oblíbenosti jednotlivých vyučovacích předmětů žáky NG a VG se rovněž statisticky významně neliší.** Druhé porovnání je však více odlišné. Opět zde můžeme usuzovat na částečný vliv osobnosti učitele na hodnocení obtížnosti předmětu.

b) Charakteristika rozložení stupňů obtížnosti jednotlivých předmětů na ZŠ

Na obr. 7 jsou stejně jako u „oblíbenosti“ diagramy rozdělení relativních četností obtížnosti jednotlivých předmětů (v %) rozčleněny do tří skupin: předměty přírodovědné a matematiku, předměty humanitní a jazykové a předměty esteticko-výchovné a tělovýchovné (měřítko procentového zastoupení jednotlivých předmětů je nastaveno podle maximální hodnoty; je tedy u každého předmětu jiné).

Obr. 7: Diagramy četnosti obtížnosti jednotlivých předmětů na ZŠ





Stejně jako u oblíbenosti na první pohled zaujme **pravý sloupec předmětů esteticko-výchovných a tělovýchovných** (Tv, Hv, Rv, Vv) a z prvního sloupce **informatika**, a to svým výrazně pozitivním hodnocením předmětů. Žáci vesměs hodnotí tyto předměty jako více méně nenáročné – snadné. Na rozdíl od oblíbenosti takto hodnotí žáci i občanskou výchovu. Jsou to předměty, které svým průměrem zaujímají i přední místa v žebříčku oblíbenosti.

Druhá skupina předmětů jsou předměty, jejichž odpovědi jsou s různou strukturou negativních a pozitivních hodnocení (více obtížná–méně obtížná). Diagram je výrazně nesymetrický s hodnocením spíše pozitivním (méně obtížný předmět). Tím se částečně liší od hodnocení oblíbenosti předmětů. Zatímco u oblíbenosti jde především o matematiku, přírodovědu, dějepis a občanskou výchovu, vystupují u obtížnosti do popředí zeměpis, dějepis a přírodopis.

Třetí skupina jsou předměty se symetrickým rozdělením pozitivních a negativních hodnocení, přičemž téměř ve všech případech upoutá jedna skutečnost: střední hodnotu 3 hodnotilo výrazně více žáků než ostatní stupně (rozdíl oproti stupňům 4 a 2 je v některých případech více jak dvojnásobný). Dá se usuzovat, že u těchto předmětů se mnozí žáci při rozhodování uchýlovali ke „zlaté střední volbě“. Do třetí skupiny patří jednak předměty humanitní a jazykové – německý jazyk, anglický jazyk a český jazyk, jednak matematika, chemie, fyzika a matematika.

I když byla při hodnocení obtížnosti použita úmyslně obrácená škála hodnocení 6–0 oproti škále hodnocení oblíbenosti 0–6, výsledky sledování obtížnosti při tak velkém počtu respondentů napovídají o provázanosti obou sledovaných jevů. K této problematice se ještě vrátíme v 6. části tohoto příspěvku.

c) Porovnání hodnocení obtížnosti jednotlivých předmětů na ZŠ, NG, VG a OSŠ

Z údajů v tabulce 8 vyplývá, že žáci na NG hodnotí matematiku, informatiku, přírodopis a chemii jako výrazně obtížnější, než je tomu na ZŠ. U „výchovy“ je situace podobná. Fyzika je naopak obtížnější na ZŠ než na NG, rozdíl ale není výrazný. Předměty humanitní a jazykové jsou hodnoceny na NG jako méně obtížné (až na Nj) než na ZŠ.

Tab. 8: Porovnání průměrů obtížnosti předmětů u jednotlivých typů škol

	Rv	Tv	Inf	Vv	Hv	Ov	Ze	Př/Bi	Dě	Nj	Ch	Aj	Fy	Ma	Čj
ZŠ	0,82	0,87	0,88	0,88	0,97	1,15	2,18	2,24	2,44	2,93	2,98	3,01	3,01	3,04	3,21
NG	1,11	1,11	1,42	0,93	1,34	1,25	2,23	2,89	2,35	3,24	3,60	2,72	2,93	3,30	3,03
VG	1,38	0,90	1,81	1,03	0,93	1,83	1,96	2,60	2,30	3,24	3,53	2,66	3,45	3,43	2,81
OSŠ	1,16	0,96	1,58	1,42	1,45	1,47	1,90	2,42	2,66	3,27	3,12	3,08	3,40	3,44	3,08

Vzhledem k NG hodnotí žáci na VG informatiku, matematiku a fyziku (tu výrazněji) jako předměty obtížnější. Předměty zeměpis, biologie a chemie jsou hodnoceny jako předměty méně obtížné. „Výchovy“ – Rv, Vv, Ov – jsou hodnoceny jako obtížnější; méně obtížné jsou předměty Tv a Hv. U humanitních a jazykových předmětů je hodnocení přibližně stejné.

d) Porovnání rozložení stupňů obtížnosti fyziky s dalšími přírodovědnými předměty, informatikou a matematikou na různých typech škol

Porovnání bylo provedeno KS-testem a χ^2 -testem dobré shody. Zjistili jsme, že rozdíl mezi hodnocením stupně obtížnosti fyziky a matematiky vykazuje statisticky významný rozdíl pouze u nižších gymnázií. U ostatních typů škol jsou hodnoty srovnatelné, statisticky nevýznamné (rozdíl u ZŠ je velmi malý).

Velký statistický rozdíl se objevuje mezi fyzikou a chemií u nižších gymnázií. Toto hodnocení chemie bude třeba důkladně prověřit didaktiky chemie. U ostatních středních škol naopak žáci hodnotí jako statisticky významně obtížnější fyziku. Jedním z možných vysvětlení by mohl být ten fakt, že na těchto typech škol se s fyzikou setkávají častěji než s chemií.

Při porovnání fyziky a biologie (přírodopisu) se statisticky významné rozdíly objevují na všech typech škol (ve prospěch biologie). Nabízí se otázka, zda by tohoto jevu nešlo využít ve prospěch lepšího hodnocení obtížnosti fyziky a následně k větší oblíbenosti, jestliže by se do fyziky zařazovaly oddíly z biofyziky a biologie. Autoři učebnic a didaktici fyziky by se touto problematikou měli zabývat hlouběji.

Zeměpis je hodnocen na všech typech škol jako statisticky významně méně obtížný než fyzika. Opět se tady nabízí možnost zařazovat některé prvky ze zeměpisu do výuky fyziky.

Největší statistický rozdíl existuje při hodnocení obtížnosti fyziky a informatiky. Statistický rozdíl je největší ze všech porovnávaných dvojic předmětů. Zařazování informatiky do hodin fyziky by určitě tyto hodiny oživilo a zlepšilo zájem žáků o tento předmět. Je to však problematika nová a bude třeba zkoumat, jaké formy použití přinesou očekávaný výsledek. Je třeba se touto problematikou intenzivněji zabývat.

Pokusili jsme se také porovnat hodnocení fyziky a českého jazyka. Na ZŠ a NG je Čj hodnocen jako statisticky významně náročnější (můžeme se domnívat, že je to pro zaměření Čj na gramatiku); u VG se situace mění a žáci hodnotí jako obtížnější fyziku (u Čj můžeme předpokládat, že důvodem je větší zaměření na literaturu).

4 Závislost volby stupně oblíbenosti a obtížnosti u dívek a hochů na ZŠ

Následující tabulka 9 ukazuje průměry stupňů oblíbenosti a obtížnosti **matematiky, informatiky a přírodovědných předmětů** u hochů (dále jen H) a dívek (dále jen D) na základní škole.

Tab. 9: Porovnání četnost stupňů oblíbenosti a obtížnosti přírodovědných předmětů u H a D na ZŠ

ZŠ	Fy		Ma		Ch		Př		Ze		Inf	
	Oblíb.	Obtíž.	Oblíb.	Obtíž.	Oblíb.	Obtíž.	Oblíb.	Obtíž.	Oblíb.	Obtíž.	Oblíb.	Obtíž.
průměr H	3,54	2,82	3,58	2,96	3,42	3,02	3,72	2,38	3,89	2,14	5,31	0,72
průměr D	3,08	3,21	3,40	3,13	3,34	2,90	4,08	2,10	3,63	2,22	4,88	1,05
D	0,123	0,104	0,045	0,045	0,026	0,048	0,110	0,084	0,101	0,024	0,158	0,131
D_{kr}	0,044	0,045	0,045	0,045	0,051	0,051	0,045	0,045	0,045	0,045	0,068	0,058
χ^2	75,07	62,80	–	–	–	–	52,34	42,99	41,85	–	79,64	45,20
χ^2_{kr}	7,82	7,82	–	–	–	–	7,82	7,82	7,82	–	7,82	7,82

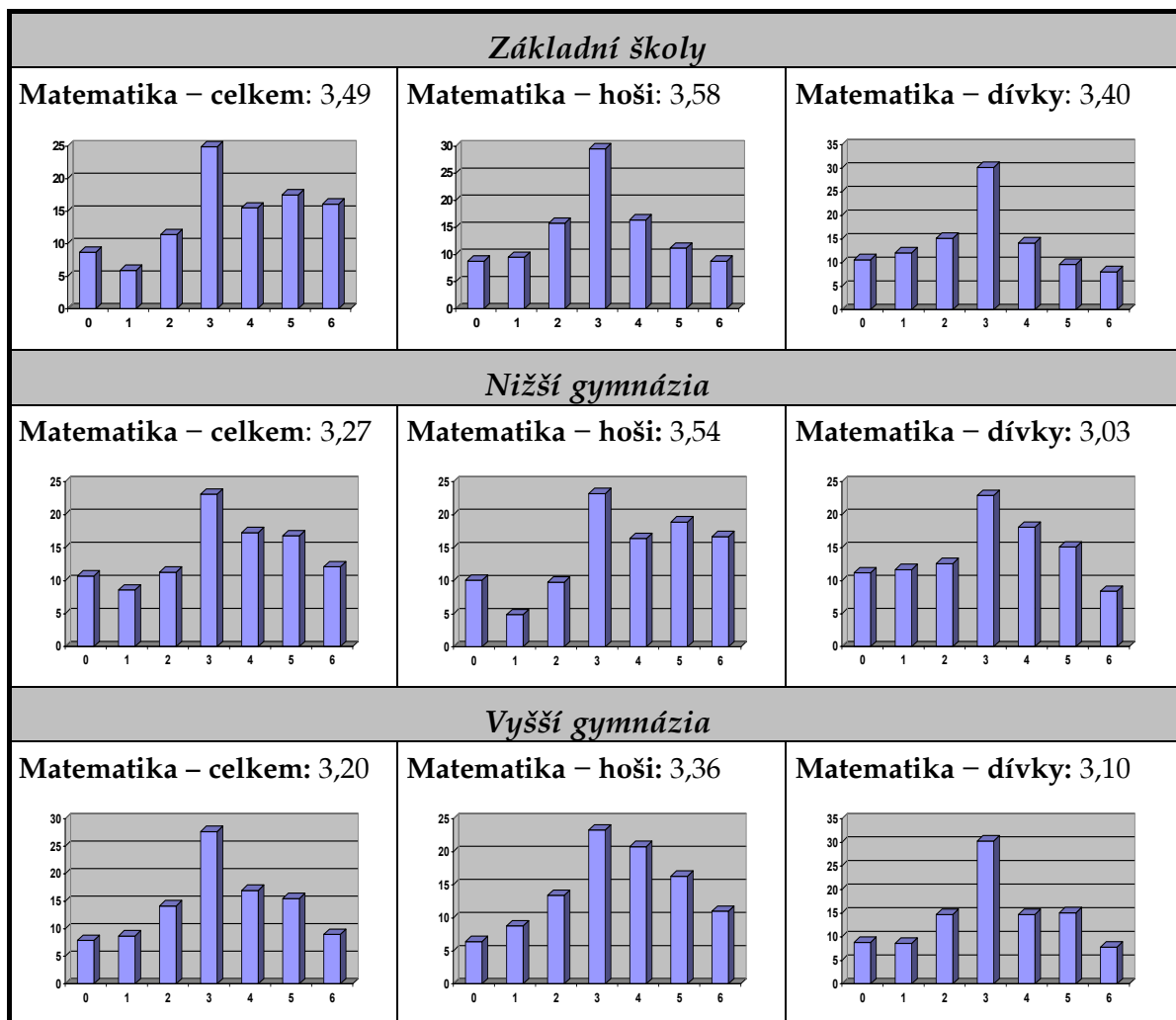
Jak KS-testem, tak i χ^2 -testem vyšlo statisticky výrazně odlišné hodnocení oblíbenosti i obtížnosti chlapci a děvčaty u fyziky (u hochů předmět oblíbenější – hochy hodnocen jako méně obtížný předmět), u přírodopisu (u děvčat předmět oblíbenější – děvčaty hodnocen jako

méně obtížný předmět), u informatiky (u hochů předmět oblíbenější – hochy hodnocen jako méně obtížný předmět). Zeměpis je hochy hodnocen jako více oblíbený předmět; obtížnost je u hochů i děvčat hodnocena srovnatelně.

Porovnání u ostatních typů škol je podobné. Pro názornost uvedme následujících stránkách obrázky 8, 9, 10 a 11 sloupcových diagramů relativních četností (v %) oblíbenosti informatiky, matematiky, chemie a fyziky na ZŠ, NG a VG (na svislé ose u sloupcových diagramů není stejné měřítko, protože bylo zvoleno podle maximální hodnoty).

a) matematika

Obr. 8: Diagramy četnosti oblíbenosti matematiky na ZŠ, NG a VG



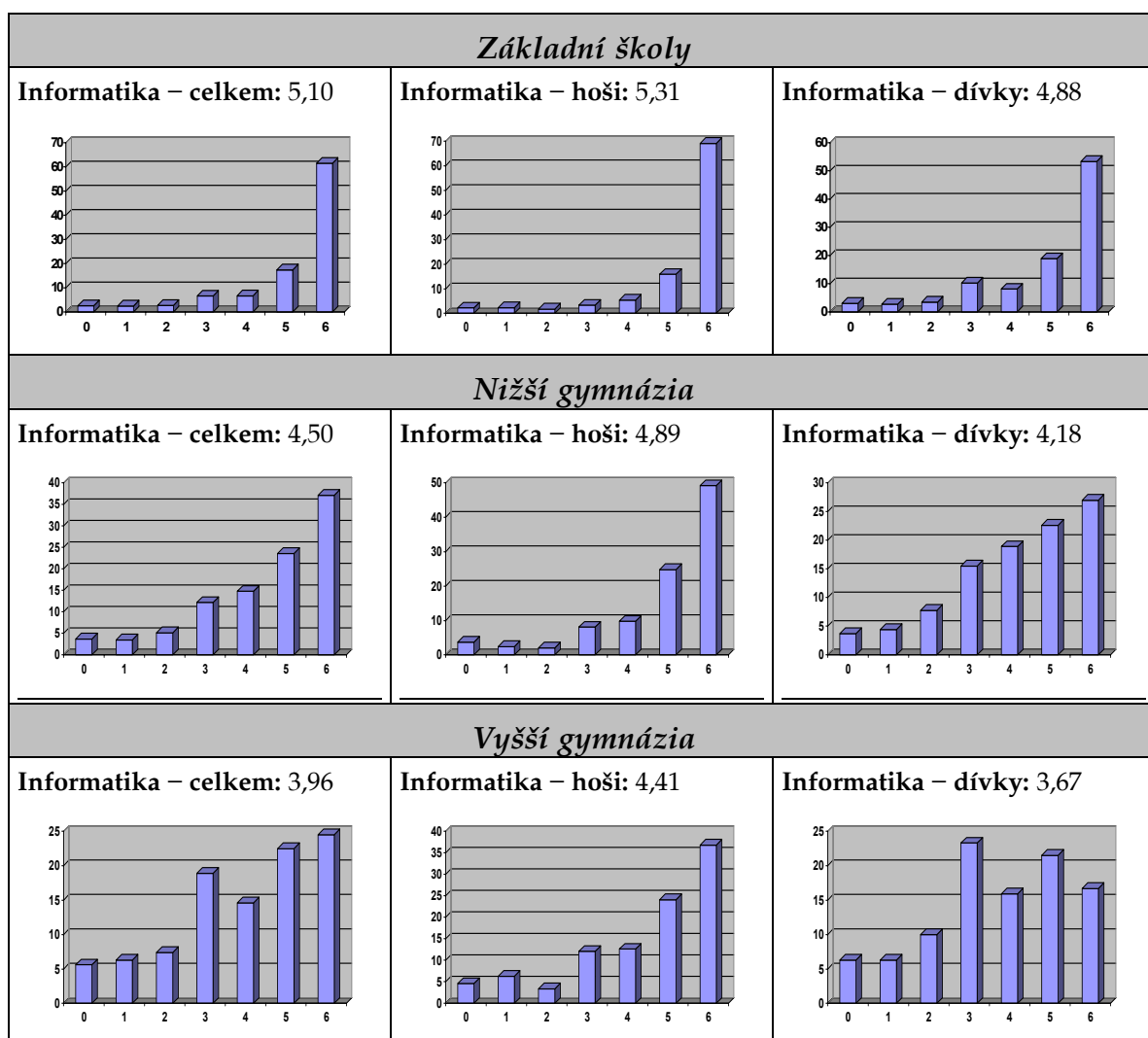
Rozdíl mezi hodnocením matematiky hochy a děvčaty na jednotlivých typech škol nevykazuje statisticky významný rozdíl. Rozložení relativní četnosti stupňů oblíbenosti vykazuje na ZŠ nesymetrický trend s posílením pozitivní části. Na NG a více na VG se rozložení blíží normálnímu rozložení.

b) informatika

Jestliže porovnáme rozložení relativních četností oblíbenosti celkově (hoši a děvčata dohromady), vidíme, že od silně pozitivního hodnocení u ZŠ (průměr 5,10; pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 85,6 % všech žáků), přes silně pozitivní hodnocení u NG (průměr 4,50; pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 75,4 % všech žáků) až po nesymetrické rozložení s převahou pozitivního hodnocení u VG (průměr 3,96, pozitivní stupně oblíbenos-

ti – 4, 5, 6 – volilo 61,7 % všech žáků). **Oblíbenost informatiky však od ZŠ, kde je jeho hodnota nejvyšší, klesá na NG a další propad je u VG.** Zatímco má rozložení relativních četností oblíbenosti na ZŠ charakter výrazně pozitivní u hochů i dívek (pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 90,4 % hochů a 80,3 % děvčat), situace na NG a VG se odlišuje. Na NG hoši volí výrazně pozitivní hodnocení (pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 83,8 % hochů), zatímco u děvčat můžeme zaznamenat přibližně lineární růst po maximální hodnotu 27,0 % (pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 68,6 %). Na VG vykazují hoši opět výrazně pozitivní hodnocení (pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 73,6 % hochů), u dívek se maximální hodnocení pohybuje kolem hodnot 15–20 % (pozitivní stupně oblíbenosti – 4, 5, 6 – volilo 54,1 % dívek). Můžeme tedy shrnout, že **hodnocení oblíbenosti informatiky hochy a děvčaty na ZŠ, NG i VG je statisticky významně odlišné. Hoši volí tento předmět statisticky významně oblíbenější než děvčata.**

Obr. 9: Diagramy relativní četnosti oblíbenosti informatiky na ZŠ, NG a VG



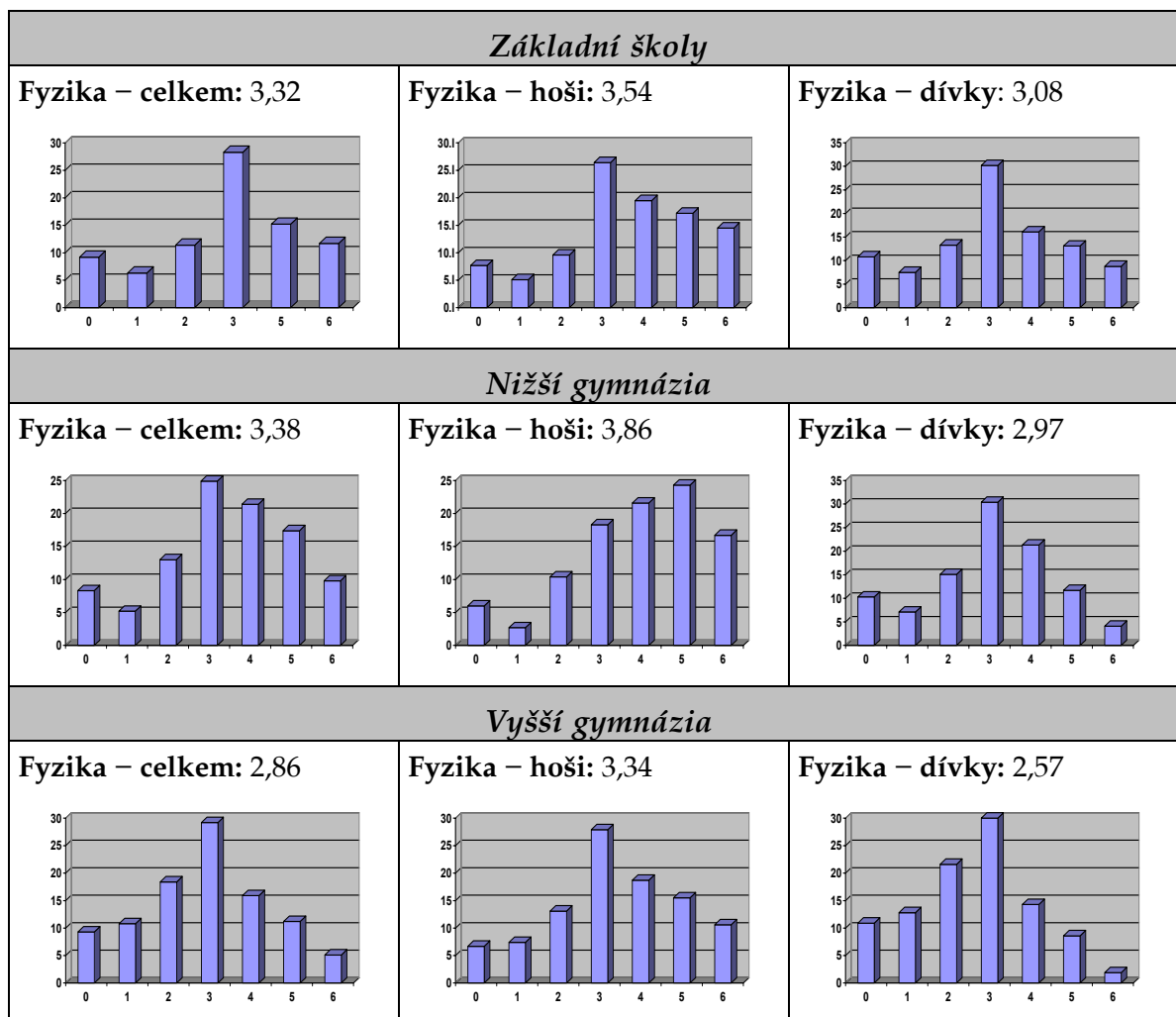
c) fyzika

V tabulce 10 je porovnání relativních četností (v %) oblíbenosti fyziky u hochů a dívek na jednotlivých typech škol ve skupinách stupňů 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Z této tabulky a z diagramů na obr. 10 je vidět, že na jednotlivých typech škol je fyzika oblíbenější u hochů než u dívek. Výraznější rozdíly v průměrech stupňů oblíbenosti jsou na NG (0,89) a VG (0,77). Na ZŠ pozitivní stupně oblíbenosti 4, 5, 6 volilo 51,2 % hochů a jen 38 % dívek. Na NG pak 62 % hochů a jen 37 % dívek. Na VG volilo pozitivní stupně oblíbenosti 44,8 % hochů a 24,7 % dívek.

Tab. 10: Porovnání rozložení relativních četností oblíbenosti fyziky u H a D na ZŠ, NG, VG ve skupinách stupňů 0, 1, 2; 3; 4, 5, 6 (uvedeno v %)

Typ / skupina stupňů	0, 1, 2	3	4, 5, 6
ZŠ Celkem	27,0	28,3	44,7
ZŠ H	22,4	26,4	51,2
ZŠ D	31,6	30,4	38,0
NG Celkem	26,5	24,9	48,6
NG H	19,1	18,3	62,6
NG D	32,5	30,4	37,1
VG Celkem	38,6	29,2	32,2
VG H	27,3	27,9	44,8
VG D	45,3	30,0	24,7

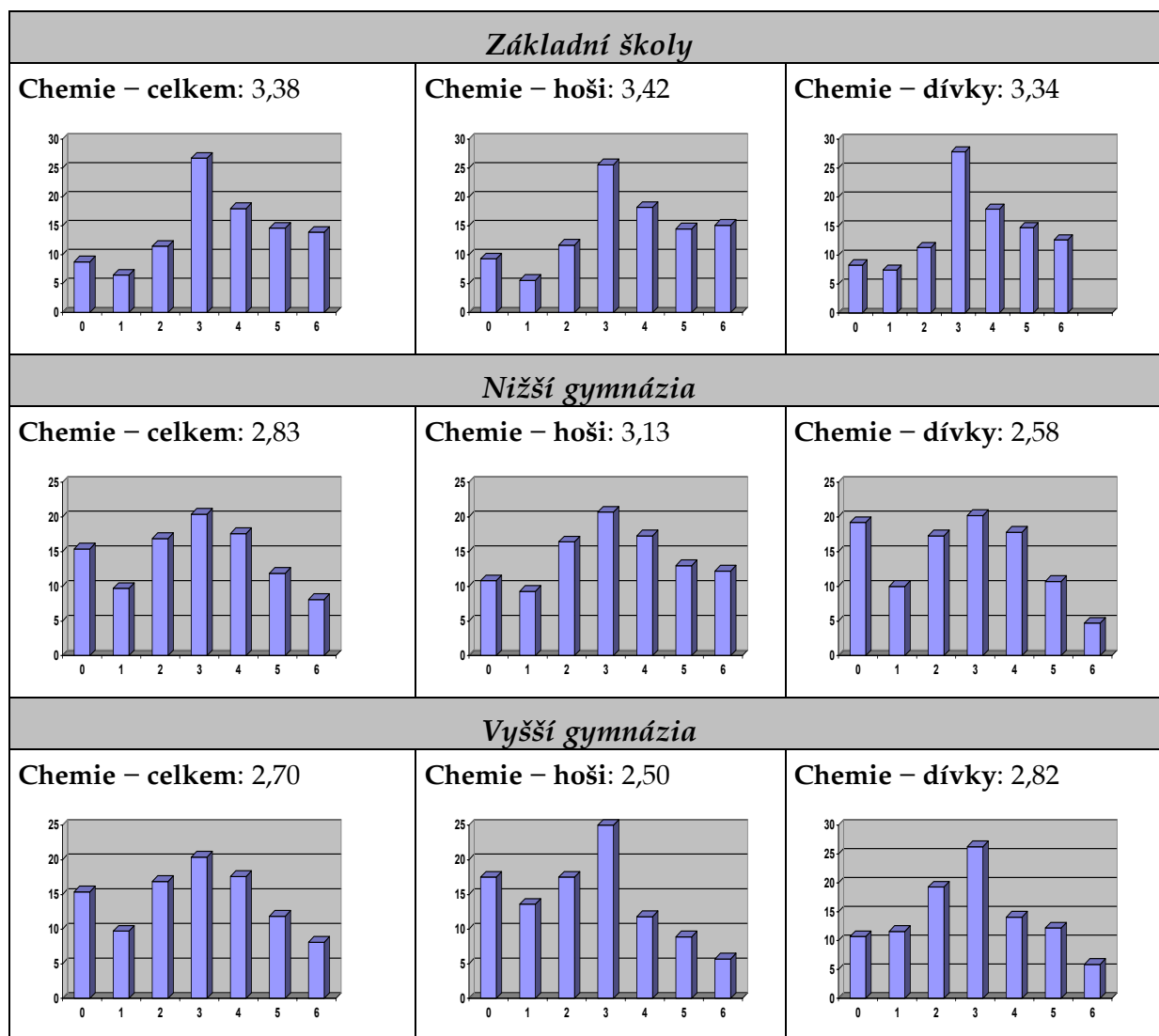
Obr. 10: Diagramy relativní četnosti oblíbenosti fyziky na ZŠ, NG a VG



d) chemie

Z diagramů na obr. 11 (viz další strana) vyplývá, že na ZŠ a NG je chemie obtížnější u hošů než u dívek, rozdíl na ZŠ je ale malý. Naopak na VG mají chemii raději dívky než hoši.

Obr. 11: Diagramy relativní četnosti oblíbenosti chemie na ZŠ, NG a VG



5 Rozložení celkového průměru známek žáků na jednotlivých typech škol

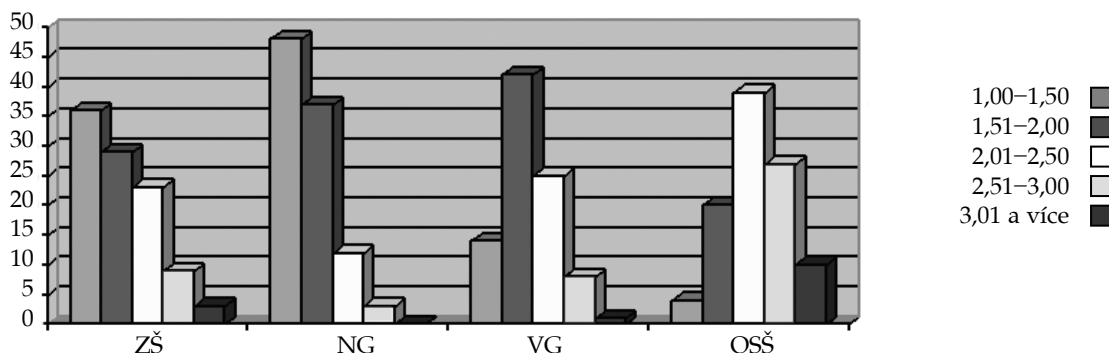
Jedním z posledních úkolů, který jsme si stanovili v kapitole všeobecných údajů, byla analýza rozložení celkového průměru všech známek. Žáci uvedli svůj průměr v jednom z pěti intervalů I až V: 1,00–1,50; 1,51–2,00; 2,01–2,50; 2,51–3,00; 3,01 a více. Výsledky jsou zapsány v souhrnné tabulce 11.

Tab. 11: Četnosti průměrů známek hochů a dívek v intervalech I–V na jednotlivých typech škol

Interval průměrů známek		ZŠ		NG		VG		OSŠ	
		počet	%	počet	%	počet	%	počet	%
I	1,00–1,50	1 329	36	381	48	180	14	43	4
II	1,51–2,00	1 093	29	299	37	319	42	219	20
III	2,01–2,50	842	23	99	12	189	25	435	39
IV	2,51–3,00	338	9	21	3	58	8	300	27
V	3,01 a více	126	3	2	0	9	1	115	10
Celkem		3 728		802		755		1 112	
Průměr		1,83		1,60		1,85		2,35	

Následující diagram na obr. 12 lépe podchycuje rozdíly v rozložení intervalů I až V u jednotlivých typů škol:

Obr. 12: Diagram relativní četnosti průměrů (v %) v jednotlivých intervalech na ZŠ, NG, VG a OSŠ



U ZŠ a NG je maximální složkou první interval průměrů (žáci mají pravděpodobně vyznamenání), u VG se toto maximum přesouvá do druhého intervalu, u OŠ je maximální složkou střed (třetí interval). Podíváme-li se na celou situaci pozorněji, vidíme, že nejvíce žáků je se svým celkovým průměrem zahrnuto do prvního intervalu u NG; téměř polovina všech žáků „má vyznamenání“ (48 %); u ZŠ je to přibližně třetina (36 %); u VG a OSŠ dochází k poklesu počtu těchto žáků (14 %, 4 %). Lepší obrázek si však vytvoříme, jestliže si rozšíříme naše zorné pole na I. a II. interval (kolik žáků má průměr do 2,0). U NG je těchto žáků více než tři čtvrtiny (85 %); u ZŠ je to více jak polovina všech žáků (65 %); u VG je to přibližně polovina žáků (56 %); u OSŠ pouze čtvrtina žáků (24 %). Poslední dva intervaly (průměry vyšší než 2,0) jsou nejméně četné u žáků NG (3 %). Následuje VG s 9 %, ZŠ s 12 % a OŠ s 37 %. Jak KS-testem, tak i χ^2 -testem dobré shody vycházejí statisticky významné rozdíly mezi základní školou a nižším gymnáziem, nižším gymnáziem a vyšším gymnáziem a základní školou a ostatními středními školami.

Rozložení celkového průměru známek hochů a dívek na různých typech škol do intervalů I-V je v tabulce 12.

Tab. 12: Tabulka četnosti průměru známek H a D na ZŠ, NG, VG a OŠ

ZŠ	I		II		III		IV		V		Součet	Průměr
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%		
H	547	28,5	554	29	504	26	220	11	89	4,5	1 914	1,92
D	782	43	539	29	338	18	118	6	37	4	1 814	1,72
NG	I		II		III		IV		V		Součet	Průměr
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%		
H	147	40	149	41	53	15	16	4	1	0	366	1,67
D	234	54	150	34	46	11	5	1	1	0	436	1,55
VG	I		II		III		IV		V		Součet	Průměr
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%		
H	38	13	110	39	92	33	36	13	6	2	282	2,01
D	142	30	209	44	97	20	22	5	3	1	473	1,76
OSŠ	I		II		III		IV		V		Součet	Průměr
	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%	počet	%		
H	19	2	150	17	354	40	268	30	97	11	888	2,40
D	24	11	69	31	81	36	32	14	18	8	224	2,14

Na všech typech škol existuje rozdíl mezi celkovým průměrem známek hochů i dívek. Ve všech případech je u hochů průměr vyšší než u dívek: ZŠ – 1,92/1,72; NG – 1,67/1,55; VG – 2,01/1,76; OSS – 2,40/2,14. KS-test potvrdil, že na všech typech škol existuje statisticky významný rozdíl mezi rozložením četností celkového průměru hochů i dívek na všech typech škol. Zjistili jsme také, že se statisticky významně liší celkové průměry dívek a hochů ve stejných skupinách škol. Děvčata mají vždy lepší průměr než hoši. Obdobně z výzkumu plyne, že celkové průměry známek v porovnání homogenních skupin v různých typech škol statisticky významně vykazují kromě ZŠ směrem k vyšším ročníkům rostoucí tendenci (směrem k horšímu průměru); ZŠ/NG/VG/OSS: hoši 1,92/1,67/2,01/2,40; dívky 1,72/1,55/1,76/2,14; celkem 1,83/1,60/1,85/2,35.

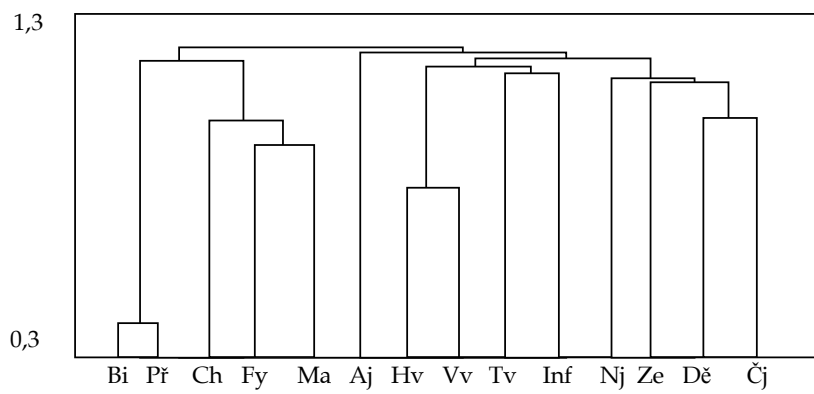
6 Sledování provázanosti jednotlivých předmětů

Z korelací rozložení četností úrovně „oblíbenosti“ jsme zamýšleli odhadnout možné **vztahy mezi „oblíbenostmi“ jednotlivých předmětů**. Protože rozsahy jednotlivých proměnných pro korelace byly různé, lze obecně jen říci, že při testování hypotézy $H_0: \rho = 0$ proti alternativě $H: \rho \neq 0$ na více než 5% hladině významnosti jsou statisticky významné ty hodnoty výběrových korelačních koeficientů r , pro které platí: $|r| > 0,138$. Z tohoto hlediska je třeba považovat za důležité vztahy proměnných (jednotlivé předměty) o „dost“ převyšující uvedenou hodnotu. Vybrali jsme ty, u nichž je hodnota výběrového korelačního koeficientu větší než 0,250. Kombinace, které převyšují korelační koeficient přes hodnotu 0,250, jsou: Čj/Dě – 0,281, Vv/Hv – 0,482, **Ma/Fy – 0,353**, Ma/Ch – 0,271, Př/Bi – 0,773, Př/Ch – 0,277, Bi/Ch – 0,270, **Fy/Ch – 0,270**.

Uvedené údaje o výběrových korelacích svědčí o **malé provázanosti oblíbenosti předmětů**. Zde se pak nabízí hypotéza o ovlivňování uvedené „oblíbenosti“ spíše učiteli než obsahem předmětu.

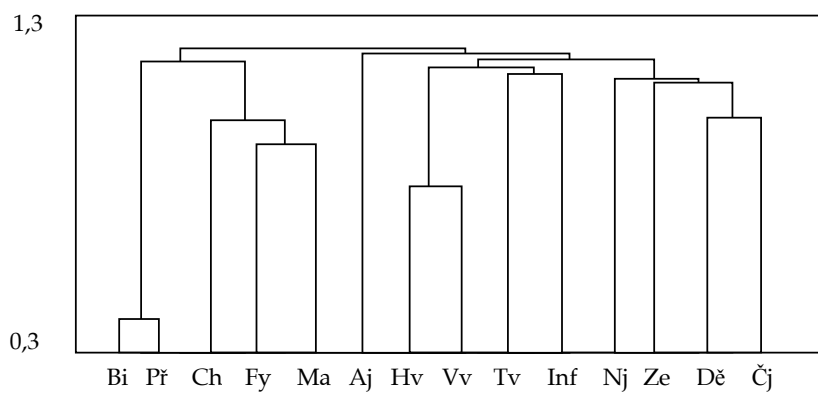
Provázanost jednotlivých předmětů daleko názorněji ukazuje diagram na obr. 13. Z diagramu založeném na použití metody hierarchického shlukování jednotlivých proměnných (předmětů výuky) vzhledem k oblíbenosti přehledně vyplývají vzájemná propojení některých předmětů (využívá se jednoduchého spojení Eukleidovských vzdáleností). Měřítka vlevo porovnává velikost vazby (čím je sloupeček nižší, číslo na měřítku nižší, tím je propojení užší). Potvrzují se nám znovu vazby: Bi–Př (jedná se o jeden a týž předmět); Hv–Vv; Ma–Fy, případně ještě s Ch; Dě–Čj. Zbývající vazby oblíbenosti předmětů nastávají až na vyšší úrovni. Z diagramu však můžeme usoudit také na dvě velká seskupení předmětů: jednak předměty přírodovědné (Bi, Př, Ch, Fy) a matematika v levé části diagramu, jednak v pravé části diagramu předměty jazykové, humanitní a „výchovy“ (Aj, Hv, Vv, Tv, Nj, Dě, Čj) a také překvapivě i informatika a zeměpis.

Tab. 13: Diagram hierarchického shlukování jednotlivých předmětů vzhledem k oblíbenosti



Podobně jsme pomocí výběrového korelačního koeficientu získali vztahy mezi rozložením obtížností jednotlivých předmětů. Výsledky vzájemných vazeb jsou u obtížnosti podobné jako u oblíbenosti, což dokládá i následující diagram na obr. 14.

Obr. 14: Diagram hierarchického shlukování jednotlivých proměnných (předmětů) vzhledem k jejich obtížnosti



Závěr

Výzkumem oblíbenosti a obtížnosti předmětů a porovnání celkových průměrů jednotlivých předmětů jsme dospěli k následujícímu shrnutí:

- Průměrná oblíbenost** jednotlivých předmětů na ZŠ (kromě Čj) má úroveň vyšší než 3 (středně neoblíbený, popř. oblíbený), podobně na NG kromě Čj a Ch a na VG kromě Fy a Ch. **Rozložení průměrů obtížnosti** všech předmětů na ZŠ (až na Čj, ten se výrazně hodnocením obtížnosti odlišuje) má úroveň nižší než 3 (předmět středně obtížný). Na NG jsou 3 předměty výrazně nad středem hodnotící škály (předměty hodnocené jako nejobtížnější – Nj, Ma, Ch). Na VG převyšují průměr obtížnosti předměty: Nj, Ma, Fy, Ch. Podle Wilcoxonova párového testu neexistuje statisticky významný rozdíl mezi pořadím průměrů oblíbenosti i obtížnosti jednotlivých předmětů na ZŠ. Dá se předpokládat, že stupeň oblíbenosti závisí na stupni hodnocení obtížnosti jednotlivých předmětů.
- Fyzika se na všech typech škol umístila v pořadí průměrů oblíbenosti** jednotlivých předmětů na jednom z posledních míst: na ZŠ na 13. místě před Čj; na NG na 10. místě před Ma, Nj, Čj a Ch; na VG na 13. místě před Ch; na OSŠ na 12. místě před Ch a Nj. Na ZŠ a NG je situace o to závažnější, že fyzika je zde předmět, který je pro žáky nový.
- Četnosti stupňů oblíbenosti přírodopisu, matematiky, dějepisu a občanské výchovy na ZŠ jsou s různou strukturou pozitivních a negativních hodnocení (převládají pozitivní hodnocení). Na ostatních typech škol je situace podobná.
- V rozložení četností stupňů oblíbenosti předmětů fyziky, anglického, německého a českého jazyka je v rovnováze pozitivní i negativní hodnocení předmětů. Předměty jsou v hierarchii průměrů oblíbenosti předmětů na nejnižším stupni. Na ostatních typech škol je situace podobná.
- Většina předmětů na ZŠ je žáky hodnocena jako oblíbenější nebo srovnatelně oblíbená než na NG (s výjimkou anglického jazyka). U fyziky nebyl zjištěn významný statistický rozdíl.
- Průměry oblíbenosti jednotlivých předmětů u NG a VG jsou srovnatelné (s výjimkou fyziky). Na VG je fyzika výrazně méně oblíbená než na NG.

7. V žebříčku oblíbenosti přírodovědných předmětů a matematiky na ZŠ je fyzika statisticky nejméně oblíbená. Vzhledem k tomu je smysluplné zařazování témat z oborů biologie, biofyziky, zeměpisu a především informatiky do vyučování fyzice.
8. V celkovém porovnání oblíbenosti přírodovědných předmětů, informatiky a matematiky a předmětů jazykových a humanitních hodnotili žáci na ZŠ jako statisticky významně oblíbenější předměty první skupiny.
9. Při výzkumu provázanosti skupin předmětů převyšuje mezní korelační koeficient dvojice předmět: Čj/Dě; Vv/Hv; Ma/Fy; M/Ch; Př/Bi; Př/Ch; Bi/Ch; Fy/Ch. Situace je podobná na všech typech škol.
10. Z výzkumu můžeme vytipovat dvě skupiny předmětů se vzájemnou provázaností: Bi, Př, Ch, Fy, Ma – předměty přírodovědné a matematika; Aj, Hv, Vv, Tv, Inf, Nj, Ze, Dě, Čj – předměty jazykové a humanitní, „výchovy“ a také překvapivě informatika a zeměpis.
11. Závěry výzkumu „obtížnosti“ jsou analogické k závěrům 1–10.
12. Hoši na rozdíl od dívek hodnotí jako statisticky významně oblíbenější předměty Fy, Ze, Inf. Dívky hodnotí ve srovnání s hochy jako statisticky významně oblíbenější přírodopis. Předměty Ch a Ma jsou hodnoceny hochy i dívkami podobně.
13. Statisticky významně se liší celkové průměry dívek a hochů ve stejných skupinách škol. Dívky mají vždy lepší průměr než hoši. Obdobně z výzkumu plyne, že celkové průměry známek v porovnání homogenních skupin v různých typech škol statisticky významně vykazují kromě ZŠ směrem k vyšším ročníkům rostoucí tendenci horšího průměru, a to ZŠ/NG/VG/OŠ: hoši 1,92/1,67/2,01/2,40; dívky 1,72/1,55/1,76/2,14; celkem 1,83/1,60/1,85/2,35.

Literatura:

- [1] Höfer G.: *Postoje a podmínky učitelů a žáků při výuce fyziky v Čechách*. In: Sborník z konference s mezinárodní účastí *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky*, Srní, duben 2003. Ed. K. Rauner. ZČU Plzeň 2003. s. 27–35.
- [2] Höfer G., Mechlová E., Svoboda E.: *Education of Physics by the Prism of the Secondary School Pupils in the Czech Republic*. In: Workshop proceedings *Teaching and Learning Physics in new Contexts*. GIREP 2004, Ostrava, July 2004.

Klostermannové

Václav Sklenář*, *Hotely Srní a Šumava*

Šumavské povídky a romány Karla Klostermanna nabízejí čtenáři nejen obraz přírody a lidí, ale svojí zasvěceností a osobním zaujetím autorovým dokazují i jeho pokrevní svazky s lidmi a místy na Šumavě. Spisovatel v řadě svých prací čerpá náměty i z prostředí svého rodu. Tak v románu „Skláři“ je zachycena rodina autorovy matky a objevuje se zde i otec. Román „Kam spějí děti“ je téměř kronikou hrádecké větve jeho rodu. Často se dosud uvádí, že Klostermannové přišli na Šumavu odněkud z Porýní a před koncem 17. století se usadili na panství královského horního města Kašperské Hory, na Horské Kvildě. Skutečností je, že tam od tohoto času žila rodina Klostermannů, jejímž přímým potomkem byl i spisovatel Karel Klostermann. Začneme tedy svoje putování po stopách jejich rodu odtud.



Obr. 1 Srní a okolí

Kdo se chce projít z Horské Kvildy na Zlatou Studnu, odbočí ze státní silnice Kvilda–Svojše na turisticky značenou lesní silničku, stoupající vzhůru lesem na Zlatou Studnu. Většinou neví, že těsně za mostkem přes potůček ze Zhůřských slatí, nad jeho pravým břehem, stával horský statek se zvoničkou na střeše nazývaný „U Daniele“ neboli místně Danielhof, kde po několik generací žili Klostermannové. Statek po válce podlehl náporu nových časů a můžeme se na něj podívat jen na nějaké staré pohlednici nebo ve Stehlíkově „Zemi zamyšlené“, kde ho autor zvěčnil drobnou kresbičkou. Jméno získal po Danielu Klostermannovi. Ten na Horskou Kvildu ovšem nepřišel z Porýní. V roce 1670 tuto usedlost koupil od magistrátu Kašperských Hor jistý Gregor Klostermann z Rejštejna. V tom čase byl statek opuštěný. Podle místního podání na něm v průběhu třicetileté války přežil jediný jeho obyvatel morovou nákazou. Gregor Klostermann z Rejštejna byl pravděpodobně otec Daniela Klostermanna, který se zde v roce 1687 oženil. Žádné jiné písemné doklady o něm nebyly dosud objeveny. Z pojmenování statku vyplývá, že tento Daniel byl prvním hospodářem obnovené usedlosti. Klostermannové pak hospodařili na Danielhofu nejméně do poloviny 19. století, protože spisovatel vzpomíná svoji návštěvu u příbuzných na tomto statku v roce 1857.

* V.Sklenar@hotely-srni.cz

V okolí svého statku na Horské Kvildě se pak usazovali početní potomci Daniela Klostermanna a žili tam až do roku 1945. Tehdy to bylo patnáct rodin, z toho devět rodin jako majitelé vlastních usedlostí. Například švec Rudolf Klosterman z čp. 4. Při svážení dřeva na sáních utrpěl tříštivou zlomeninu stehenní kosti. Před amputací ho zachránil místní léčitel „Boarichter-Karl“, pravým jménem Karel Weisshäupel. Rudolfova noha však potom zůstala kratší. V čp. 68 žili Kilián a Hermína Klostermannovi, oba krejčovali. V místní hasičské kapele hrál na trumpetu Václav Klostermann z čp. 12 a jeho syn Karel na buben. Na Kvildě žilo v téže době pět rodin Klostermannů, všichni jako majitelé vlastních usedlostí. Josef Klostermann z čp. 47 na Hamerských Domkách byl prvním předsedou DTJ, založené v roce 1924 v rámci německé sociálně demokratické strany. Se synem Františkem hrál ve vyhlášené místní kapele Annamichl. Lukáš Klostermann z čp. 35 byl pokladníkem místního sdružení papírenských dělníků a v letech 1919–1925 také členem obecního zastupitelstva Kvildy za sociálně demokratickou stranu. Rodiny Klostermannů žily na Vydřích Domkách v čp. 96 a 167.

V okolí Horské Kvildy žili Klostermannové také na Ranklově u Zlaté Studny. Tam žil Matyáš Klostermann. Jeho manželka Františka byla dcerou sklářského dělníka Josefa Hoffmanna ze Zlaté Studny. Přivedli na svět devět dětí a hned ten prvorozený, pojmenovaný po otci Josef, narozený 16. ledna 1819, se stal téměř legendární postavou Šumavy. Pepíček totiž rostl a rostl a neuplynulo ani dvacet roků a byl zde 210 cm vysoký obr, silák, dobrák a slušný a pracovitý člověk, *Rankelský Sepp*. Brzy převzal otcův statek a dobře se postaral o všechny své sourozence.

Ranklov stál na pláni mezi Churáňovským vrchem a Horskou Kvildou. To je jedna z nejdrunějších oblastí Šumavy. V nadmořské výšce kolem 1 100 m jsou zde rozsáhlé slatě Zhůřská, Traxlerská, Kikerecká a Mezilesní. Na malém kousku trochu pevnější půdy nedaleko Kikerecké slatě žil Sepp Klostermann. Jeho usedlost měla staré právo pastvy dobytka v okolních lesích Kašperských Hor. Přesto Seppa samotné hospodaření uživit nemohlo. Pilně tedy pozvozničil. Se svým volským potahem vozil pro sklárnu na Zlaté Studni dříví a křemen. Po polomech v roce 1870 a následné broučkové kalamitě vozil dříví dolů k Otavě. Přes poctivou a usilovnou práci a velmi střídavý způsob života podlehl tlaku „Horských pánů“ a svůj statek jim prodal. Koncem sedmdesátých let koupil na Stachách v osadě Jáchymov bývalou Hercíkovu chalupu čp. 132 a vedle malého zemědělství si přivydělával výrobou dřeváků a šindelů. Byl tam ale velmi nešťastný. S novým prostředím se nedokázal sžít mj. proto, že tam žili převážně česky mluvící lidé a Sepp česky neuměl ani slovo. Nerozuměl českému kázání ve stašském kostele a chodil proto na bohoslužby i kázání až do Nicova. Jeho manželka, rozená Krickelová ze Zhůří, byla o mnoho let mladší. Vypráví se, že ji mladý Sepp poprvé zahlédl, když byla jako nemluvně v kolébce, a prohlásil, že si na ni počká. Měli čtyři syny a čtyři dcery a všechny vzorně vychovali.

Sepp Klostermann byl velmi skromný a spořivý člověk. Měl velmi dobré zdraví a prý nikdy nepotřeboval lékaře. Oblékal se velmi prostě, ale důstojně. Nosil černý kabát i kalhoty a černý klobouk se širokým okrajem. S mohutnou postavou kontrastoval jeho chlapecky jasný, vysoký hlas. Měl dobráckou povahu a rozuměl i žertu. Svě mimořádné síly nikdy nezneužil a jen velmi výjimečně předvedl pro obveselení sousedů nějaký silácký kousek. Byl velmi klidný. Pokud se ho ale někomu podařilo rozhněvat, se zlou se potázel. Lidé se ho často snažili vyfotografovat, ale nikomu to nedovolil. Seppův jediný snímek se zachoval jen díky menšímu podfuku, kdy mu předložili fingovanou žádost budějovické konzistoře o jeho podobiznu. Díky tomu se dnes můžeme, pokud se k fotografii dostaneme, podívat na tuto výraznou osobnost staré Šumavy. Sepp Klostermann zemřel 19. ledna 1888 ve věku 69 roků. Manželka ho přežila o celých 40 roků a oba jsou pochováni na hřbitově na Stachách. Hrob časem zanikl a na jeho místě byl postaven nový pomníček, na němž je mj. napsáno, že Rankelský Sepp žije ve věčné paměti Stacháků.

Postavu Rankelského Seppa vložil Karel Klostermann do svého románu „V ráji šumavském“. Sepp je tam obrazem mizejícího světa starých časů a lidí Šumavy vedle nových časů a mravů, zrozených z broučkového ráje se vším všudy.

Ze statku „U Daniele“ na Horské Kvildě pocházel *Josef Klostermann*, narozený v roce 1765, pravděpodobně vnuk Daniela Klostermanna. S ním a s dalším valným houfem Klostermannů se setkáme při putování v okolí Srní. Josef Klostermann byl asi první svého rodu, který se usadil „na královském“ – v oblasti tehdejších osmi králováckých frejrychet. Jeho statek, místně zvaný Wurmbauerhof, stával do roku 1945 vpravo od silnice ze Srní na Rokytu, poblíž dnešního penzionu „Zvoneček“. Také tato budova, postavená po stavbě nové silnice po roce 1910, patřila k někdejšímu Wurmbauerhofu. V té době již statek ovšem nepatřil Klostermannům, hospodařila tam rodina Baumannových. Hlavní budova dvora byla po roce 1945 zlikvidována a zůstaly po ní pouze zbytky klenutých sklepů na místě bývalého statku a pak ještě základy dvou podružských chalup, na nichž jsou dnes postaveny nové rekreační chalupy. Wurmbauerhof býval ve své době jedním z největších statků na zdejší ruchtě Stodůlský Podíl. Z něj pak došlo k jakési populační explozi Klostermannů do blízkého i vzdálenějšího okolí. Nebylo to v těch dobách nic neobvyklého a podobným vývojem procházely i další rodiny místních sedláků.

Manželkou Josefa Klostermanna byla Anna Weberová, potomek rodiny zakladatelů zdejší ruchtě. Josef Klostermann byl svého času také rychtářem Stodůlského Podílu, i když nepocházel „z královského“. K rychtářství mu údajně pomohlo i to, že jeho manželka jako jediná z celé ruchtě uměla číst a psát. Josef Klostermann-Wurmbauer měl deset dětí.

Dne 12. ledna 1814 se Wurmbauerům narodilo poslední desáté dítě, syn Josef. Podle zvyku šumavských sedláků měl v dospělosti převzít rodný statek. Ale stalo se jinak. Spisovatel Karel Klostermann o tom píše: „Bylo mu snad 11 let, když jednou při pasení dobytka v lese spolu s jinými chlapci vyslídili na stromě včelí roj. I vybrali hoši včelám med a jak náleží se ho najedli. Ještě téhož dne se Josífek povážlivě rozstonal. Náhodou nebo požitím medu, kdož ví. Jeho matka, jejímž byl miláčkem, si zoufala, když viděla, že chlapcova nemoc se rychle horší. V této hrozně chvíli učinila Bohu slib, že uzdraví-li se její dítě, vykoná s ním pouť na Svatou Horu u Příbrami. Nemoc trvala několik týdnů. Pak se hoch uzdravil a matka, věrna svému slibu, se s ním vydala na Svatou Horu. Tam jej zaslíbila Bohu. Po návratu domů řekla manželovi, co učinila, že jejich nejmladší musí na studiu, aby se stal knězem. Wurmbauer o studování nechtěl ani slyšet. Je to pošetilost, kdo by potom převzal statek. Jeho odpor nezlomila ani domluva místního faráře, na něhož se matka obrátila o pomoc. Ubohá matka, bojíc se božího trestu, div si nezoufala a když po dvou letech její muž zemřel, přisoudila jeho smrt božímu hněvu.“

Josífek potom vystudoval gymnasium v Klatovech a tehdejší přípravu na akademická studia, tzv. filosofii v Praze. Po celou dobu studií jej ani nenapadlo, že by mohl být něčím jiným než knězem. Ale po ukončení filosofie pojednou shledal, že není povolán k duchovnímu stavu. Řekl to matce. Ta jej pro Boha a všechny svaté prosila, aby dbal jejího svatohorského slibu a vstoupil do semináře. Josífek ale nedbal jejích proseb a přihlásil se ke studiu medicíny. Doufal, že matka jej po čase pochopí a že se usmíří. Ale nestalo se tak. Matka se nesmírně trápila pro svůj nesplněný svatohorský slib a v době, kdy byl její syn promován na doktora medicíny, zemřela. Krátce před svou smrtí, zmítána hrůzou, že pro nedodržení svého slibu bude navždy zatracena, prý pravila: „To všechno ty boží včelíčky. Při vybírání medu hoch asi roj zničil a Bůh nás všechny za tento hřích potrestal“.

Tolik sám spisovatel o svém otci. Tento příběh je mimo jiné dokladem nesmírné poctivosti a čestnosti starých obyvatel Šumavy. Jejich slovo bylo tehdy pro ně závaznější, než později celá kopa notářských spisů.

Před ukončením studia medicíny, v době roztržky s matkou, podporovala Josefa Klostermanna jeho sestra Therezie. Byla o celých 18 roků starší, než vzpurný bratr. Navíc sama v mládí

pocítila tvrdou povahu rodičů, když si proti jejich vůli vzala za manžela chudého dřevaře. Teď „podržela“ svého bratra, hmotně jej při studiu medicíny podporovala a uhradila i závěrečné poplatky za rigoróza a promoci. Dr. Josef Klostermann jí za to zůstal celý život vděčný.

MUDr. Josef Klostermann se v dobách svého studia seznámil se třemi syny bohaté šlechtické rodiny Abéle, majitelů Českých hutí u Prášil. K nim jezdil na prázdniny a tam se poznamenal se svou pozdější manželkou, Charlottou Hauerovou, pocházející po matce z rodiny Abéle. Otec bratří, bohatý sklář Jiří Kryštof Abele, se stal jeho otcovským přítelem a všestranně mu pomáhal ulehčit jeho studentský život. Když Josef Klostermann odešel do Vídně studovat medicínu, dal mu Jiří Kryštof Abele doporučující dopisy pro svoje vídeňské přátele a známé a Josef Klostermann pak mohl v jejich rodinách poskytovat domácí vyučování jejich dětem a získat tak finanční prostředky, usnadňující mu studium. Po smrti Jiřího Kryštofa Abele prokazoval Josefovi stejnou přízeň poručník bratří, bratr Jiřího Kryštofa, Ferdinand Abele. Ve Vídni bydlel Josef Klostermann společně s jedním synem Abelů, který se tam učil francouzsky. Josef Klostermann toho využil a učil se společně s ním, což mu v pozdějším životě bylo velmi užitečné. Oba bratři Abele podnikli cestu po Itálii a Josef Klostermann je doprovázel. To byl pro chudého studenta ze Srní velký dar, protože za vlastní prostředky by si nic takového nemohl dovolit. Nejstaršího bratra pak Josef Klostermann doprovázel také do Hamburku, kde mohl společně s ním navštívit několik nemocnic a měl tak možnost získat pro svoji budoucí práci lékaře řadu cenných poznatků.



Obr. 3 Odhalení pamětní desky Karlu Klostermannovi v Haagu am Hausruck



Obr. 2 Haag am Hausruck (12. 2. 2005)

Po promoci byl krátký čas rodinným lékařem Abelů na Českých hutích. Po svatbě s Charlottou v roce 1844 se na přání její matky odstěhovali do hornorakouského městečka Haagu. Matka nevěsty mívala poblíž, ve Schneegatteru, sklárnu. V Haagu se Klostermannovým narodil 15. února 1848 první syn Karel, budoucí básník Šumavy. Klostermannovi však v Haagu nebyli spokojeni. Svoji roli možná sehrály i neurovnané poměry v rodině Charlottiny matky. Mladí manželé se v roce 1849 odstěhovali do Sušice.

Tam začala nelehká životní pouť doktora Klostermanna. Nezapřel v sobě dítě drsného, hrdého a spravedlivého rychtáře z Wurmbauerhofu. Jeho osobní povahové vlastnosti, přímost a čestnost, mu v dalším životě nadělaly mnoho těžkostí a hmotných starostí. Vystřídal postupně řadu lékařských štací. Po krátkém působení v Sušici v letech 1849–54 přijal místo panského lékaře rodiny knížete Lamberka v Žichovicích. Po třech letech se o svatodušních svátcích roku 1857 vrací znovu do Sušice. Působí tam do roku 1860. Pak přijal místo vrchnostenského lékaře u knížete a maršálka Windischgrätze ve Štěkni. Ale tam se mu brzy znechutily poměry a v roce 1862 odchází do Kašperských Hor. Zde získal velmi výhodné místo městského lékaře „pod penzí“. Zakrátko se stal členem městské rady a v pozdější době se dokonce stal i starostou okresu Kašperskohorského. Seznámil se s tehdejšími významnými českými politiky Ladislavem Riegrem a provázel ho při jeho cestě Šumavou. V roce 1867 se ucházel i o místo poslance v říšském sněmu. V tomto směru neuspěl. Když nesouhlasil s rozpočtem města Kašperské Hory a vystoupil proti jistým finančním machinacím, ztratil své výhodné místo městského lékaře a stal se v Kašperských Horách pouhým soukromým praktickým lékařem. Měl tehdy již 10 dětí a ztráta dobře placeného místa přivedla jeho rodinu do velmi obtížné finanční situace. Těsně před svou smrtí dokonce žádal o vysvědčení o nemajetnosti.

Dr. Josef Klostermann zemřel 12. listopadu 1875. Byl pochován v rodinné hrobce Hafenbrádlů a Abělů v Českých hutích u Prášil. Jeho celoživotní přítel, nejstarší ze tří bratří Abělů, Kryštof, pronesl po smrti doktora Klostermanna krásná slova: „Za živa byl naším nejlepším přítelem, ať s námi zůstane spojen i po smrti“.

V roce 1857 přivedl doktor Josef Klostermann poprvé svého syna Karla nahoru na Šumavu. Navštívili rodový statek „U Daniele“, otcův rodný Wurmbauerhof na Dolních Hrádkách pod Srním, otcovu sestru na „Kamenném domě“ na Horních Hrádkách a řadu dalších příbuzných v okolí Srní. Od té doby pak student Karel Klostermann prožíval až do ukončení svých studií část svých prázdnin tam, uprostřed ponurých a přece nesmírně krásných lesů, a mezi blízkými, příbuznými lidmi. Ponejvíce však na „Kamenném domě“ u své nezapomenutelné tetičky. Tam vzniklo to vzácné pouto, kterým Šumava dokáže upoutat dodnes, tam byl začátek celoživotního svazku Karla Klostermanna se Šumavou, přírodou i lidmi.

První velká osobnost, kterou mladý Karel na Šumavě poznal, byla jeho tetička *Therézie*. K ní, na výstavný statek na Horních Hrádkách, na „Kamenný dům“, jezdil na prázdniny nejčastěji. Celý život pak spisovatel vzpomínal na tuto starou ženu „vrásčitých osmahlýh lící a pohádkově modrých očí“.

Tetička se v mládí seznámila s dřevařem z Kaltenbrunn, Johannem Schulhauserem. Její otec známosti tvrdě nepřál. Ale mladí se měli rádi a tak nakonec prosadili svou. V roce 1817 byla svatba. Starý Wurmbauer tedy stran svatby povolil, ale jinak stál na svém. „Žebráci jste a žebřáci zůstanete, pokud budete živi a vaše děti budou ještě bídňější žebřáci.“ To prý řekl po svatbě své dceři. Přidal jí jenom nepatrných 200 šajnů, krávu a něco drobného náradí a nábytku. Hannes si nevěstu s tímto věnem odvedl na Kaltenbrunn. Tehdy to byly 3–4 dřevařské chalupy mezi Kostelním vrchem a Jezerním hřbetem, končina odlehlá a nesmírně chudá. Novomanželé tam začali usilovně a tvrdě pracovat. Postupně se jim narodilo šest synů a šest dcer. Jak děti dorůstaly, přibývalo jejich dělných rukou a přibývalo pozvolna i výdělku z kácení, svozu a plavení dřeva. 15. ledna 1845 koupili manželé Schulhauserovi od Václava Webera na Horních Hrádkách za 4,758 rýnských statek s několika jitry polí a luk, větší plochou neúrodných kamenitých drah a asi 50 jiter lesa. Dům byl nejstarším objektem v tomto místě, stál zde již v roce 1733, kdy se v okolí usadili první osadníci. Bývala to panská fořtovna Kaltenbrunnského revíru, postavená celá z kamene, s mohutnými valenými klenbami ve sklepech i přízemí a s pěknou zvoničkou nad střechou. Symbolické bylo, že nedaleko jejich nového domova, na úpatí Schlösselwaldské hory, ležel Wurmbauerhof, kde otec „tetičky“ prorokoval novomanželům žebračský osud. Je možné, že chtěli proroctví zlomit, ale spíše na ně moc ne-

mysleli, když začali hned usilovně pracovat. Z neúrodných drah vybírali kamení, střelným prachem trhali velké balvany, vykáceli kus lesa, půdu vyčistili a získali tak další plochy pro pole a louky. Dlouhé kamenné hráze v okolí Kamenného domu, dnes rekreačního střediska Prefy Hýskov, připomínají vytrvalost a nesmírně těžkou práci těchto lidí. Samozřejmě nejen rodiny tetičky Schulhauserové na Horních Hrádkách. Všichni obyvatelé staré Šumavy museli být nesmírně pracovití, skromní a moudří, aby dokázali v podmínkách této oblasti obstát, získat vše potřebné pro svoji existenci, založit zde domovy a žít.

Rodina spisovatelovy tetičky z Kamenného domu mezi tyto lidi patřila. A tak za několik let byl Kamenný dům jedním z největších místních statků. Měl ve svých stájích přes 40 kusů skotu a dluh byl splacen do haléře.

V této práci dorůstaly tetičce děti. Nejstarší syn se jí příliš nevyvedl. Měl nepříliš dobrou známost a podněcován svojí „nevěstou“ a hlavně její rodinou, vymohl si na svých rodičích odstupné 300 zlatých. Písemně se vzdal všech dalších dědických nároků. Se svojí milou pak žil dalších čtrnáct roků, než byla svatba. Při kácení dřeva mu kmen přerazil nohu tak nešťastně, že potom zůstal nadosmrti mrzákem. Posléze skončil jako žebrák a byl rád, že mu jeho bratr Vincek poskytl přístřeší na podružské chalupě Kamenného domu. Druhý syn se po svatbě usadil na Kaltenbrunnu, kde mu rodiče koupili jejich původní chalupu. Třetí syn se stal vlastníkem slušného statku s kusem krásného lesa na tzv. Hrádeckém Podílu, což byla oblast nalevo od staré cesty, vedoucí z Rokyty na Horní Hrádky. V dobách „broučkového ráje“ byl sveden agenty dřevařských firem k nerozváznému prodeji dřeva ze svého lesa. Nemohl v objemu a čase dostát převzatým závazkům, přišel o podstatnou část svého majetku a posléze se vystěhoval do Německa. Čtvrtý syn odešel po svatbě s rodinou do Bavor, kde si koupil malou usedlost. Pátý syn se stal dobrým hospodářem na rodném statku. Šestý, nejmladší syn Josef dostal od své matky nejvíce hotových peněz. Na Kamenném domě si zařídil obchod s moukou a hospodu. Zpočátku se mu dařilo dobře, ale vlivem obchodního nezdaru a též zlatého opojení broučkového ráje upadl do dluhů. Zásluhou sestry Moniky, která od něho obchod i hospodu koupila, se dostal z nejhoršího. Odstěhoval se do Chorvatska a koupil si tam malý mlýn a nepatrné hospodářství. Nijak valně se mu ale nedařilo.

Synové připravili své matce velké starosti i po prusko-rakouské válce v roce 1866. Dva z nich byli v pruském zajetí, mladší z nich, matčin miláček, byl navíc těžce raněn.

S dcerami měla tetička méně starostí. Postupně je provdala a zaopatřila slušným věnem. Jedna z nich se po ovdovění znovu vdala za nejbohatšího vchynického sedláka. Nejmladší, Monika, se stala známou a prosperující hostinskou na Kamenném domě a vedla přitom i obchod s moukou a chlebem. Manžel Moniky byl velký dobrák a vedle své energické a podnikavé manželky byl až druhý. Dojížděl do Sušice pro mouku a do Dlouhé Vsi pro pivo. Doma na něj zbylo vyplachování sklenic, mytí nádobí a péče o dobytek. Do šenku prý nesměl ani vkročit. Původně býval dřevorubcem a také pracoval jako vorař na Otavě.

Bohatý život měla tetička Terežka. Koncem padesátých let ale začal její manžel poznenáhlu ztrácet zrak, až oslepl docela. Doktor Klostermann jej musel dlouho přesvědčovat, než se odhodlal k operaci v Praze. Nešlo pouze o strach ze samotné operace. I vlastní cesta do Prahy byla pro tohoto prostého horala stejným nebezpečím. Nakonec se k cestě do Prahy i operaci odhodlal a vše dopadlo skvěle: znovu viděl. Tenkrát prý tetička proplakala mnoho slz štěstí a radosti. Záchrana zraku jejího manžela byla jakýmsi dodatečným vyjádřením vděčnosti dr. Klostermanna své sestře za vše, co pro něj udělala v době studia medicíny.

Padesát roků spolu prožili tetička a její Hannes. V roce 1867 ji její celoživotní spolehlivý partner navždy opustil. Asi rok po jeho smrti se stala příhoda, která hezky dokresluje její osobnost. Tenkrát vážně onemocněla jedna dcera jejího bratra dr. Klostermanna v Kašperských Horách. Tetička se rozhodla, že ji navštíví. Syn Josef jí od cesty varoval, protože předtím

dlouho přelo a dalo se čekat, že Otava bude nad Rejštejnem rozvodněná. Tetička trvala na svém, a tak zapřáhl a vyjeli. Když sjeli do údolí, bylo hůře, než předpokládali. Řeka valila ohromné spousty vod a unášela urvané stromy. Ty se různě hromadily, rychle vzdouvaly řeku a voda zaplavovala úzkou silničku, vedoucí podél jejího pravého břehu do Rejštejna. Když dojeli před konec hlubokého údolí, zvaného Schelmergasse, zmizela před nimi cesta ve vodě. Josef nechtěl dál pokračovat, ale tetička vydala nekompromisní rozkaz jet dále. Projížděli tedy pomalu vodou a zbývalo už jen několik metrů k místu, kde se silnice zvedala do kopečku a vystupovala z vody. Tam byl ale v zátočině proud nejsilnější, podemlel už svah silnice a strhl zád' vozu. Josef stačil pouze uchopit matku a vyskočit s ní před vůz do vody. Rychle ji pak v náručí vynesl na suché místo. Vůz i koně mezitím strhla voda a ve chvíli vše zmizelo v rozbouřeném proudu mezi ohromnými balvany. Josef začal bédovat a vyčítat matce její umíněnost. Tetička však odpověděla: „žebřin máme dost, uděláš si nový vůz. A koně ti koupím nového, tenhle už beztoho nestál za nic“. Došli pak pěšky do Hor. Tam zjistili, že dcera dr. Klostermanna je už mimo nebezpečí a zakrátko se chystali na zpáteční cestu. Tetička se ani slovem nezmínila o nebezpečné příhodě. Když se jí bratr zeptal, jak to vypadá dole u řeky, zda bylo možné projet, odpověděla: „Ovšem, bylo možné projet, jinak bychom tady nebyli“.

Začátkem ledna 1871 se její neteř na Kašperských Horách vdávala. Přes kruté mrazy tetička na svatbu přijela. Nechtěla však přenocovat a tak se téhož dne, pozdě v noci, vracela zpět na Hrádky. Když za krutého mrazu vyjížděli od Vydry nahoru na Srní, rozzářila se nad Huťskou horou silná polární záře. Na tetičku to velmi silně zapůsobilo: „ta záře věští brzkou smrt“, řekla tehdy. Nejspíše při této cestě prostydl, roznemohla se a krátce nato, koncem ledna 1871, zemřela.

Této prosté ženě, rozené Klostermannové, vděčíme asi za to, že mladý student Karlík získal hluboký citový vztah k Šumavě, poznal a začal chápat život zdejších lidí a vše později zvětšil i oslavil v řadě svých literárních prací.

V prostoru Srní, na Dolních Hrádkách, později Karel Klostermann, tehdy už učitel plzeňské německé reálky a začínající spisovatel, navštěvoval rodinu své sestřenice Cecilie Häuslerové. Bydlela v domě čp. 65 na Stillseifenském potoce, místu se také říkalo Mlýnské domky. Cecilie, narozená 16. září 1853, byla sedmé dítě Karlova strýce, Kašpara Klostermanna, narozeného 1. prosince 1800. Häuslerovi měli na Stillseifenském potoce mlýn, výrobu šindelů, pekařství a něco jako koloniál. Profesor Klostermann zde rád poslouchal vyprávění pana Häuslera o událostech starých i nedávných časů. Stejně rád jedl také výtečné pstruhy, které mu připravovala sestřenka. Poznenáhlu tak získával materiál pro řadu svých literárních prací. Dům čp. 65 je dodnes zachován a obydlen.

Na Srní navštěvoval Karel Klostermann i další příbuzné a známé. Dům nad Srním, na cestě na Sedlo, kde byla před časem umístěna spisovatelova pamětní deska, však kupodivu nenavštěvoval. Tento statek patřil trvale rodině Pauknerů. Michl Paukner byl potomkem jednoho z devíti sedláků, kteří v roce 1726 založili Srní. Statek byl v držení Pauknerů až do odsunu v roce 1946.



Obr. 2 Spisovatel Karel Klostermann

Spisovatel zato často navštěvoval statek sedláka Václava Beera, místně nazývaného „Wenzei-franzlbeer“, který býval blízko Pauknerova domu, ale na opačné straně silnice na Sedlo a poněkud blíže k Srní. Statek po válce zanikl a jeho polohu dnes naznačuje pouze zarostlý pahrbek v louce, asi 50 metrů od silnice. S Beerovými se spisovatel velmi spřátelil. Jejich syn Ignác studoval v Plzni a bydlel v podnájmu u spisovatele. Karel Klostermann si této rodiny asi velmi vážil. Do děje své snad nejzávažnější knihy „Kam spějí děti“ umístil i sedláka Beera a jeho syna (jmenují se tam Reebovi).

V době, kdy již intenzivně pracoval na svých dílech, pobýval o prázdninách nejčastěji a nejdéle v Rejštejně, v domě čp. 100, kde až do roku 1945 žila jedna z několika rodin rejštejnských Klostermannů.

V Rejštejně působil jako farář jeho nejmladší bratr Jakub Klostermann, narozený 11. října 1862. Je to asi jediný šumavský Klostermann – duchovní. Jeho babička z Wurmbauerhofu se jeho zásluhou alespoň na věčnosti dočkala jakéhosi dodatečného splnění svého slibu svatohorské Bohorodičce. Na faru do Rejštejna si Jakub Klostermann k sobě vzal svoji matku Charlottu. Zemřel ve svých 39 letech 21. března 1901 a je pochován u zdi apsidy rejštejnského kostelíka. O dva roky později vedle něho uložili k věčnému odpočinku i jeho matku Charlottu.

Svoji pouť za Klostermanny jsme tedy zakončili v Rejštejně. Ale skončili jsme opravdu? Z Rejštejna přece pocházel Gregor Klostermann, který v roce 1670 koupil opuštěný statek na Horské Kvildě, pravděpodobně pro svého syna Daniela. V urbáři z roku 1654 je v Rejštejně mezi 43 sedláky uveden též jeden Klostermann. A to ještě není všechno!

Koncem února roku 1617 projednávali komisaři České komory Šimon Fiedler a Baltazar Krueger stížnosti majitelů Bajerova dvora u Kašperských Hor a Klášterského mlýna u Rejštejna „na přetěžování dávkami a desátkou“. Tehdejší majitel Klášterského mlýna uváděl protokolárně, že statek převzal před třiceti roky od svého otce Wolfa a ten jej zase zdědil po svém otci Tomášovi. Tehdejší majitel tedy převzal Klášterský mlýn od svého otce Wolfa kolem roku 1587. Nebývalo zvykem, aby hospodář předával statek synovi moc brzy. Často dědil až nejmladší syn. Je tedy možné posunout převzetí statku Wolfem až do let 1550 až 1560 a držení Tomášovo zase nějakých 20-30 roků zpět. A jsme někde v létech 1520–30. Je třeba dodat, že před komisí v roce 1617 stál Gall Klostermann. Jeho otec se jmenoval Wolf Klostermann a děd Tomáš Klostermann.

Klásterský mlýn byl ovšem mnohem starší. Tak starý, že se ani neví, jak. Existoval již v roce 1455, kdy jej vlastnili bratři Kryštof, Wanko a Wölfl, synové zemana Kašpara ze Šimberka. Ti v roce 1456 prodali polovinu tohoto zboží jistému Hankovi a jeho „hospodyni“ Barboře.

Mlýn sám byl pravděpodobně ještě starší.



Obr. 5 Odhalení pamětní desky ve St. Oswaldu

U jeho zrodu stál asi nějaký klášter z německé nebo z české strany. Mohl to být např. bavorský klášter ve Windbergu, který ve Hvozdu již před koncem 12. století dostal zboží Albrechtice a v roce 1233 pak od tehdejšího držitele oblasti Albrechta IV. z Bogenu „místo Sušice a ves Podmokly“.

U zrodu Klášterského mlýna mohly stát české kláštery, např. Strahovský, založený a podporovaný Vladislavem II. Ten dal podnět k postavení kostela v Albrechticích, vysvěceného pak 5. února 1179. Investorem mohl být také klášter Břevnovský, který údajně dostal po smrti poustevníka Vintříře po roce 1045 od knížete Břetislava I. území zv. Březník nebo Březnice v prostoru pozdějších Hartmanic a Dobré Vody. A nelze vyloučit pilné a podnikavé cisterciáky z kláštera nepomuckého, kteří později finančně přispívali na stavbu hradu Kašperk.



Obr. 6 Pamětní deska ve St. Oswaldu



Obr. 7 Hrob Karla Klostermanna na Ústředním hřbitově v Plzni

Mlýn zde měl opodstatnění v souvislosti s proniknutím těžby otavského zlata až k „bohaté skále“ neboli „zum reichem Stein“, k Rejštejnu, a dále proti Losenici a Otavě. Asi se na přesného zakladatele Klášterského mlýna nikdy neukáže, ale to není žádná tragédie. Velmi pravděpodobný je jeho „klášterní“ původ. A to nás může zajímat i v souvislosti s putováním za šumavskými Klostermanny. Lidé v nejstarších dobách měli pouze křestní jména. Příjmení získávali postupně podle zcela reálných znaků. Mohlo to být zaměstnání, vzhled, povahové vlastnosti, místo původu. Snad není příliš nepravděpodobné, že třeba Tomášovi, mlynáři na Klášterském mlýně, začali říkat Klostermann, zvláště když zlato tam kopali převážně německy mluvící kovkopové. Synům Kašpara ze Simberka tak možná neříkali, ale už tomu Hankovi z roku 1456 tak říkat mohli. V tom případě by to byla první stopa Klostermannů na Šumavě. Mnohem spolehlivější, alespoň jménem, je pak ten „dědeček“ Tomáš, kterého lze umístit do první poloviny 16. století.

Klásterský Mlýn už v tomto čase nepatřil zakladatelskému klášteru, ale byl samostatným privilegiovaným dvorem v držení rodiny Klostermannů. Svědčí o tom průkazně zápisy komisařů České Komory z roku 1617. Rychlé rozrůstání rodin zemědělců donutilo i Klostermanny, aby se postupně usazovali na jiných místech, např. na Reckerbergu nebo na Horské Kvildě.

Tak jsme se cestou za šumavskými Klostermanny z Horské Kvildy přes Srní do Rejštejna dostali k místům, kde s největší pravděpodobností rod spisovatele Karla Klostermanna poprvé zapustil své kořeny do šumavské půdy. Krátké připomenutí některých příslušníků tohoto rodu a jejich životních osudů může oživit řadu krásných míst na našich budoucích toulkách Šumavou.

Přehled Klostermannů na Šumavě

Kvilda

1. Josef <i>Hamerské domky čp. 47</i>	Povozník a zemědělec, poslední ohledavač dobytka. Byl prvním předsedou sociálně demokratického dělnického tělocvičného spolku Kvilda, založeného roku 1924. Po obsazení Německem byla v říjnu 1938 tato tělocvičná jednota rozpuštěna. Místně byla jednota nazývána roudn (roten) Turnverein a její členové byli „do roudn“ – rudí. V kapele Annamichl hrál se svým synem Františkem.
2. Johann <i>„Odumhansl“</i> <i>Vydří Domky čp. 96</i>	Truhlář
3. Karel <i>„Odumhansl – Karl“</i> <i>Vydří Domky čp. 167</i>	Tesař Ve volebním období 1919–25 byl členem obecního zastupitelstva Kvildy za sociálně demokratickou německou stranu.
4. František <i>(syn Josefa)</i>	Hrával ve 30. letech dvacátého století na trubku v kapele Johann Strauss a Annamichl. Kapela Johann Straus byla založena v roce 1927 jako 12členná, později rozšířená o 7 dalších hudebníků – mezi nimi byl i František Klostermann. Kapela Annamichl se během II. světové války spojila s hudebním spolkem J. Strauss. Důvodem byl odchod hudebníků do války.
5. Lukáš <i>čp. 84</i>	Byl pokladníkem místního spolku továrních dělníků, založeného již v roce 1904, jako veřejný spolek. V roce 1920 byl změněn na místní organizaci továrních dělníků (sídlo v Ústí nad Labem). V letech 1919–1925 byl členem obecního zastupitelstva Kvildy za sociálně demokratickou stranu.

Horská Kvilda

1. Josef <i>„Hammer Josef“ – čp. 12</i>	
2. Rudolf <i>„Honrimer“ – čp. 10</i>	Švec Při svážení dřeva na saních utrpěl tříštivou zlomeninu stehenní kosti. Před amputací ho zachránil místní věhlasný léčíitel „Boarichter“ – pravým jménem Karel Weisshäupel. Rudolfova noha však zůstala o něco kratší.
3. Franz <i>„Max‘n“ – čp. 13</i>	
4. Emanuel <i>„Manei“ – čp. 37</i>	

5. Franz <i>„Manei Franz“ – čp. 66</i>	
6. Kilian <i>„Max'n Schneider“ – čp. 68</i>	Spolu se svou ženou Hermínou krejčovali.
7. Franz <i>„Luksch'n“ – čp. 69</i>	
8. Václav <i>„Hammer-Wenzel“ – čp. 70</i>	Hrál v místní hasičské kapele na trumpetu, jeho syn Karel na buben.

Ve II. světové válce padlo z Horské Kvildy 51 mužů, z toho 10 Klostermannů.

Okolí Kašperských Hor

1. Richard <i>čp. 20</i>	Jeho rodina žila až do konce II. světové války na brusírně Reissenschleif.
2. Adolf <i>čp. 38</i>	Měl hostinec na Karlině pile.

Srní

1. Franz <i>čp. 123 (105)</i>	Dědictvím dostal Gruber.
2. Emerich <i>čp. 128</i>	Žil zde krátce po roce 1925. Před ním byl dům dlouho v držení Pauknerů.

Na hřbitově v Nicově byli Klostermannové pohřbívání ještě v padesátých letech 20. století.

Literatura

Archiv: Emil Kinzl

Možnosti experimentálního ověření fyzikálního obsahu Maxwellových rovnic

Václav Havel*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

Úvod

Je známo, že vyvrcholením vysokoškolského kurzu elektřiny a magnetismu bývá sestavení Maxwellových rovnic a jejich užití pro výklad obecných vlastností elektromagnetického pole. Jejich vyvození se opírá o řadu experimentálně ověřitelných zákonitostí, s nimiž se studenti seznamují v průběhu celého kurzu. Většinou však ani tyto zákonitosti nebývají opřeny o reálný demonstrační pokus, snad s výjimkou kvalitativního ověření Faradayova zákona elektromagnetické indukce.

Vzniká proto otázka, zda fyzikální obsah Maxwellových rovnic je ověřitelný soustavou přesvědčivých demonstračních experimentů. Je zřejmé, že toto ověřování se týká integrální formy těchto rovnic, které obvykle zapisujeme ve tvaru:

$$\oint_{(c)} \vec{H} \cdot d\vec{r} = I + \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (1a)$$

$$\oint_{(c)} \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad (1b)$$

$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q \quad (1c)$$

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0. \quad (1d)$$

Význam označení a integračních symbolů je obvyklý. V prvních dvou rovnicích je na levé straně křivkový integrál po uzavřené křivce (tzv. cirkulace vektoru). Ve druhých dvou rovnicích se jedná o plošný integrál přes uzavřenou plochu.

První dvě rovnice mají stěžejní význam a z hlediska filosofického jsou vyjádřením principu determinismu pro teorii elektromagnetického pole. Zbývající dvě rovnice blíže charakterizují elektromagnetické pole. V rovnici (1c) je Q volný elektrický náboj uvnitř objemu omezeného uzavřenou plochou (S). Tato rovnice je matematickým vyjádřením skutečnosti, že pole vektoru \vec{D} může být zřídlové a jeho zdrojem jsou volné elektrické náboje. Rovnice (1d) naopak vypovídá o nezřídlovosti pole vektoru \vec{B} , což znamená neexistenci volných magnetických pólů (předpovězených Diracem, ale dosud neobjevených).

V tomto článku bych chtěl naznačit možnosti experimentálního ověření fyzikálního obsahu těchto rovnic. Mají-li být navržené postupy efektivní a v průběhu vysokoškolské přednášky nebo semináře použitelné, musí kromě obvyklých požadavků didaktických splňovat ještě matematickou nenáročnost jejich vysvětlení. Postupně budou navrženy pokusy k ověření jednotlivých Maxwellových rovnic.

* havelv@kof.zcu.cz

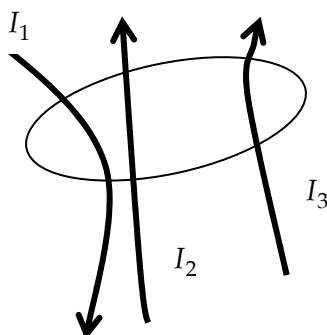
Ověření rovnice (1a)

Ověření rovnice (1a) může být provedeno ve dvou krocích. V prvním se ověří Ampérův zákon celkového proudu, tedy vztah (1a) bez členu $\frac{\partial \Psi}{\partial t}$, který představuje posuvný proud.

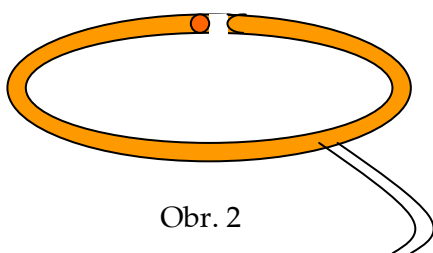
Druhý krok bude spočívat v důkazu, že také posuvný proud vytváří magnetické pole a má stejné účinky jako proudy kondukční a konvekční (vyvolané rozdílem potenciálů v kovovém vodiči nebo nesené makroskopickými částicemi).

Ověření Ampérova zákona

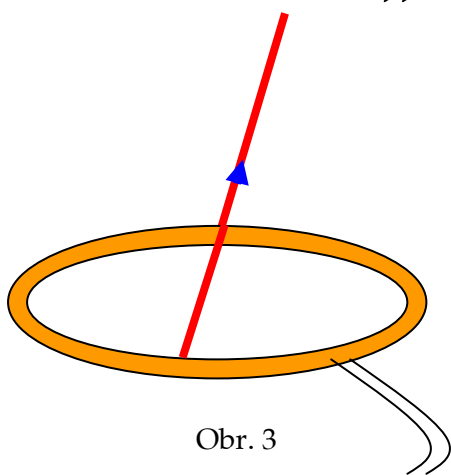
Ampérův zákon můžeme formulovat tak, že cirkulace vektoru \vec{H} je rovna celkovému proudu, který protíná integrační dráhu (c).



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

$$\oint_{(c)} \vec{H} \cdot d\vec{r} = \sum_k I_k \quad (2)$$

Zde proudy jdoucí jedním směrem bereme kladně, proudy s opačným směrem záporně. Máme-li ověřit vztah (2), je nutno především experimentálně určit číselnou hodnotu integrálu na levé straně tohoto vztahu. K tomuto účelu se výborně hodí Rogowskiho-Chattockův potenciálometr.

Tento přípravek je dlouhou dobu užíván při magnetických měřeních a jeho zhotovení i v poměrech školních kabinetů není příliš složité.

Rogowskiho-Chattockův potenciálometr je pružná trubice (např. hadice z umělé hmoty), která je opatřena dvěma vrstvami vinutí tak, že vývody jsou ve středu trubice (obr. 2).

Při změně magnetického toku v závitech potenciálometru se indukuje na jeho výstupu napěťový impuls, který může být měřen buď pomocí balistického galvanometru nebo elektronického integrátoru. Představme si, že máme dlouhý vodič, kterým protéká proud I . Kolem tohoto vodiče obepneme potenciálometr, který na koncích spojíme dřevěným kolíčkem (obr. 3).

Předpokládáme, že na jednotku délky potenciálometru připadne n závitů. Průřez trubice bude S .

Zákon celkového proudu napíšeme v obvyklé formě (2). Integrační křivku (c) ztotožníme s osovou křivkou potenciálometru.

Intenzitu magnetického pole vyjádříme ve tvaru

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}, \text{ takže ve vztahu (2) bude}$$

$$\frac{1}{\mu_0} \cdot \oint_{(c)} \vec{B} \cdot d\vec{l} = I. \quad (3)$$

Vynásobíme a vydělíme integrand plochou průřezu potenciálometru S a počtem závitů připadajících na jednotku délky potenciálometru n . Skalární součin $\vec{B} \cdot \vec{dl} = B \cdot dl \cdot \cos \alpha$, kde úhel α svírají vektory \vec{B} a \vec{dl} , přičemž předpokládáme, že vektor \vec{dl} leží na integrační cestě (c) a tedy na ose potenciálometru. Výraz $B \cdot S \cdot \cos \alpha$ však představuje magnetický tok příčným průřezem potenciálometru. Výraz $B \cdot S \cdot \cos \alpha \cdot n \cdot dl$ bude představovat účinný magnetický tok všemi závity ležícími na úseku dl integrační křivky. Výsledkem těchto úprav je

$$\frac{1}{\mu_0 \cdot S \cdot n} \cdot \oint_c B \cdot S \cdot \cos \alpha \cdot n \cdot dl = \frac{1}{\mu_0 \cdot S \cdot n} \cdot \int d\Phi_u, \quad (4)$$

kde $\int d\Phi_u$ je účinný magnetický tok celým potenciálometrem. Z toho vyplývá, že

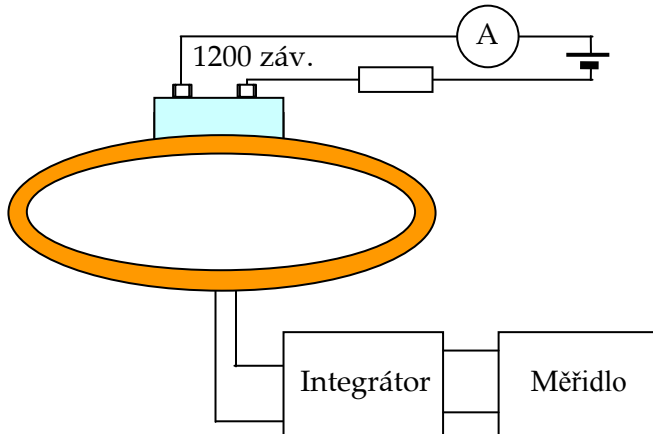
$$\oint_{(c)} \vec{H} \cdot \vec{dl} = \sum_{k=1}^n I_k - \int d\Phi_u.$$

Změnu magnetického toku provedeme např. tak, že proud ve vodiči komutujeme. Měříme potom napěťový impuls v potenciálometru, který bude úměrný této změně. Platí tedy

$$\int u(t) \cdot dt = \Delta\Phi_u = 2 \cdot \Phi_u. \quad (5)$$

Napěťový impuls může být měřen buď pomocí balistického galvanometru nebo elektronického integrátoru.

Aby se dosáhlo měřitelných výsledků, je nutné, aby proud vstupující do smyčky potenciálometru byl řádově 1 000 A. Toho se docílí např. tak, že proud 1 A bude zaveden do cívky s 1 200 závity a potenciálometr provlečen dutinou této cívky, jak je naznačeno v obr. 4.



Obr. 4

Při komutaci proudu v cívce se bude měnit magnetický tok potenciálometrem o hodnotu

$$\Delta\Phi = 2 \cdot \Phi_u. \quad (6)$$

V potenciálometru se indukuje napěťový impuls, který je úměrný této změně magnetického toku a tím také levé straně zákona celkového proudu.

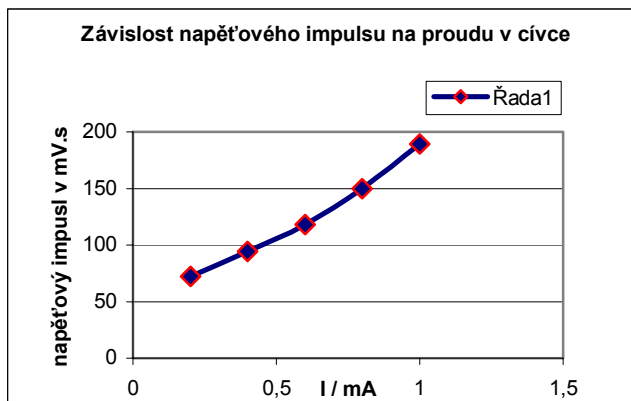
Jako první provedeme pokus, v němž bude ukázáno, že hodnota křivkového integrálu v zákonu celkového proudu je úměrná proudu,

který protíná integrační křivku. Byla použita cívka s 1 200 závity a měření bylo provedeno pro proudy od 0,2 do 1 A.

Výsledky jsou v následujících tabulkách a na grafu, který ukazuje úměrnost mezi proudem, který protíná integrační smyčku a hodnotou křivkového integrálu.

Cívka 1200 závitů

I / A	$U / (mV \cdot s)$
0,2	72,5
0,4	94,5
0,6	118
0,8	150
1	189



V rozmezí pozorovacích chyb je patrné, že napěťový impuls, který charakterizuje hodnotu křivkového integrálu

$$\oint_{(c)} \vec{H} \cdot d\vec{l}, \quad (7)$$

je úměrný velikosti proudu protínajícího plochu omezenou integrační křivkou (tento proud je ovšem $1200 \cdot I$).

Jako další pokus provedeme měření, kdy potenciálometr a tedy také integrační křivka prochází dvěma cívkami se 600 závitů, jimiž prochází proud 1 A. Cívky jsou zapojeny do série, a to v souhlasném i nesouhlasném směru. Výsledky jsou v příložené tabulce.

Proud 1A - dvě cívky 600 závitů zapojeny

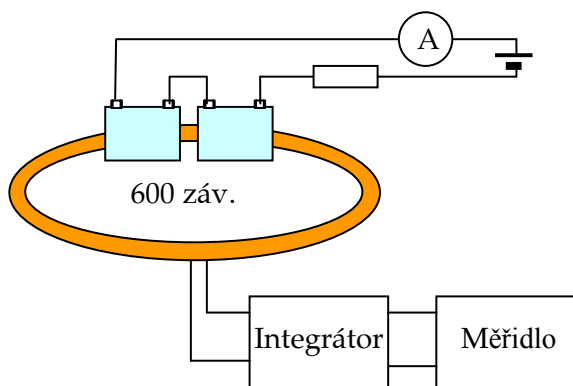
souhlasně

Měř.č.	mV.s
1	200
2	185
3	190
4	200
5	190
6	188
7	185
8	200
9	187
10	190
průměr	191,5

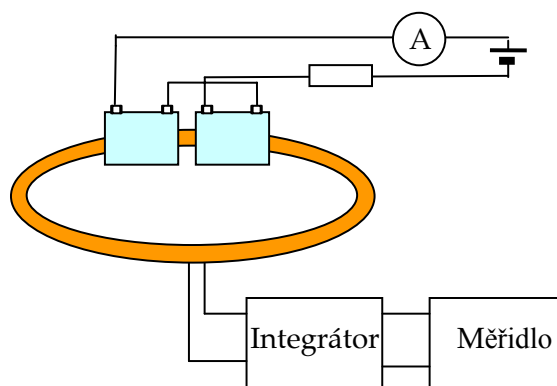
nesouhlasně

Měř.č.	mV.s
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	1
8	0
9	2
10	1
průměr	0,4

Z tabulek je vidět, že účinek cívek zapojených souhlasně byl v souladu s účinkem cívky s 1 200 závitů. Nesouhlasně zapojené cívky nedávaly měřitelný výsledek, protože proudy protínající integrační křivku se rušily. Tvar smyčky potenciálometru můžeme různě deformovat a ukázat, že tvar uzavřené křivky nemá vliv na výsledek měření.



Obr. 5 Souhlasně zapojené cívky



Obr. 5 Nesouhlasně zapojené cívky

Existuje ovšem ještě jeden způsob měření křivkového integrálu ve vztahu (5). Do cívky, kterou prochází potenciálometr, zavedeme střídavý proud. Potom se na vývodech potenciálometru bude indukovat napětí

$$u(t) = -\frac{\partial}{\partial t} \int d\Phi_u, \quad (8)$$

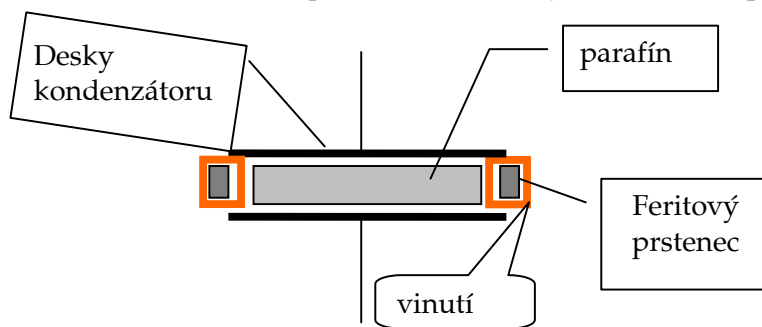
kde $\Phi_u = \Phi_m \cdot \cos \omega \cdot t$. Toto napětí bude přímo úměrné také úhlové frekvenci ω proudu, který protéká cívkou

$$u(t) = \omega \cdot B_m \cdot N \cdot S \cdot \sin \omega \cdot t. \quad (9)$$

Zde B_m je maximální hodnota magnetické indukce, ostatní veličiny si zachovávají stejný význam jako v předchozím textu. Zvolíme-li dosti vysokou frekvenci (např. 10 kHz), bude indukované napětí měřitelné nízkofrekvenčním voltmetrem.

Druhým krokem k ověření platnosti vztahu (1a) je důkaz existence magnetického pole vytvořeného posuvným proudem. K tomu lze užít přípravku podle obr. 7. Deskový kondenzátor s plochou desek asi 50 cm² má parafínové dielektrikum asi 1 cm tlusté. Je připojen ke zdroji střídavého napětí a je umístěn uvnitř feritového prstence. Prstenec je na obvodu opatřen vinutím.

Prochází-li kondenzátorem střídavý proud (nejlépe s frekvencí větší než 10 kHz), vytváří se kolem kondenzátoru proměnné magnetické pole a ve vinutí se indukují střídavé napětí. Toto napětí je měřitelné nízkofrekvenčním milivoltmetrem. Dá se ukázat, že



že magnetická permeabilita je pro malé hodnoty intenzity pole H přibližně konstantní) je úměrné posuvnému proudu procházejícím kondenzátorem. Popsané pokusy potvrzují kvalitativně a s přiměřenou mírou přesnosti i kvantitativně, že Maxwellova rovnice (1a) je v souladu se skutečností. Demonstrace nejsou náročné na provedení. Nehodí se sice pro demonstrace na přednášce, ale lze je provést na semináři ke kursu elektřiny a magnetismu.

Ověření rovnice (1b)

Rovnice (1b) představuje Faradayův zákon elektromagnetické indukce. Tento důležitý zákon elektromagnetismu se již na základních školách demonstruje tak, že se cívka ze školního rozkladného transformátoru připojí k demonstračnímu milivoltmetru a potom se do cívky zasune a z cívky vysune tyčový magnet. Ukazuje se, že velikost napětí závisí na rychlosti, se kterou se magnet vzhledem k cívice pohybuje, a také na směru jeho pohybu. Takový pokus je ovšem jen předvedením existence jevu. Nelze při něm provést kvantitativní vyhodnocení a také z hlediska speciální teorie relativity je v podstatě chybný, neboť platnost zákona (1a) by měla být ověřována v pevně vybrané inerciální soustavě, kde nenastává pohyb jedné části aparatury vzhledem k druhé. Vznik elektrického pole při pohybu magnetu je vlastně relativistickým jevem.

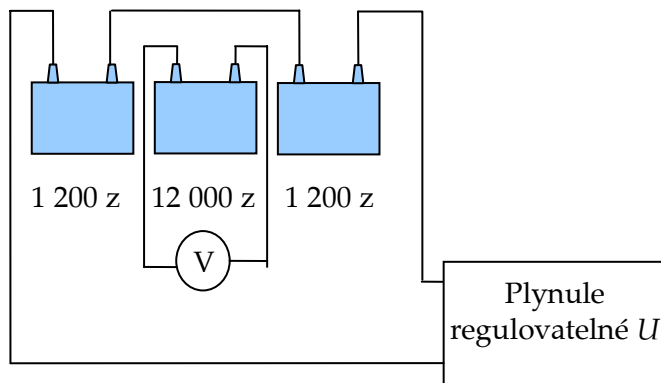
Námítka, že jde o pomalé pohyby, není správná, neboť v relativistické elektrodynamice nastává vzájemná souvislost magnetického a elektrického pole i při zcela pomalých pohybech. Jestliže chceme ověřit zákon (1b), je nutno provést to s aparaturou, jejíž části se vzhledem

k sobě nepohybují a uspořádání musí umožnit kvantitativní vyhodnocení pokusu. Jednou z možností je užití aparatury na obr. 8.

Ze zdroje s lineárně proměnným napětím jsou napájeny dvě do série zapojené cívky. Proud jimi protéká v souhlasném směru. Magnetický tok prochází prostřední cívkou, která má 12 000 závitů. Magnetický tok, vytvářený krajními cívkami, se mění lineárně s časem podle vztahu

$$\Phi(t) = \Phi_1 \cdot t, \quad (10)$$

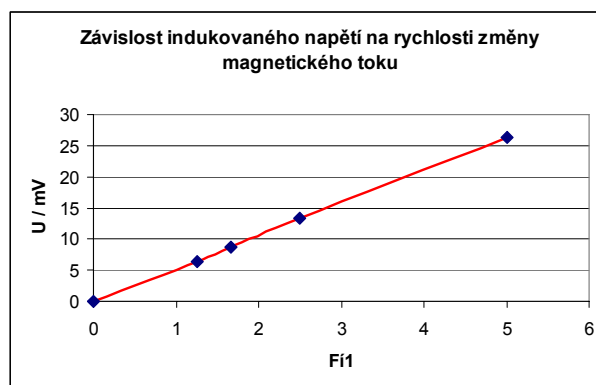
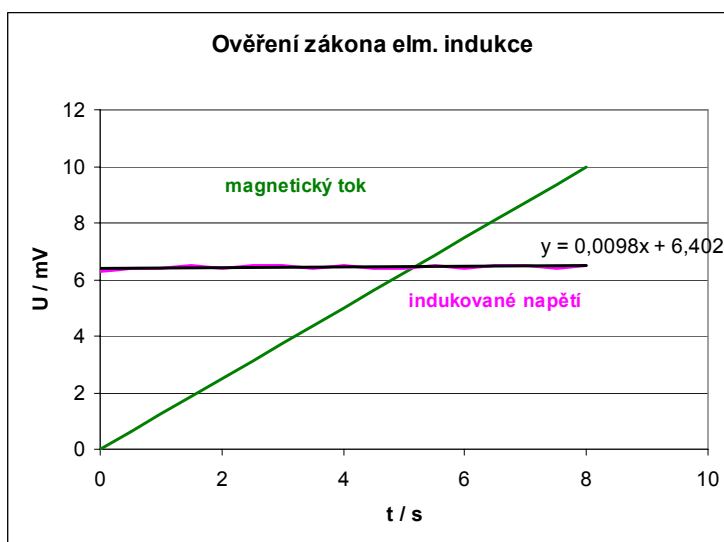
kde Φ_1 je změna magnetického toku za jednotku času. Regulovatelný zdroj byl nastaven tak, aby nárůst magnetického toku z nulové hodnoty na maximální mohl nastat za dvě sekundy, za čtyři sekundy až osm sekund. Bylo měřeno napětí indukované v prostřední cívce. Výsledky měření jsou v tabulce.



Obr. 8

Doba náběhu magnetického toku 8 s

t / s	F ₁	U / mV
0	0	6,3
0,5	0,625	6,4
1	1,25	6,4
1,5	1,875	6,5
2	2,5	6,4
2,5	3,125	6,5
3	3,75	6,5
3,5	4,375	6,4
4	5	6,5
4,5	5,625	6,4
5	6,25	6,4
5,5	6,875	6,5
6	7,5	6,4
6,5	8,125	6,5
7	8,75	6,5
7,5	9,375	6,4
8	10	6,5



Magnetický tok v tabulce je udán v relativních jednotkách. Na grafu je patrný lineární nárůst magnetického toku a přibližně stálá hodnota indukovaného napětí. To je dobře vidět i z připojené směrnice trendu, která v tomto případě udává pro indukované napětí hodnotu 6,4 mV. Podobně bylo měření provedeno i pro rychlejší změny magnetického toku (na maximální hodnotu magnetický tok narostl za 6, 4, 2 sekundy). Výsledek celého měření je na grafu, který ukazuje závislost indukovaného napětí na rychlosti změny magnetického toku.

Je patrná lineární závislost indukovaného napětí na rychlosti změny magnetického toku, tedy platnost vztahu

$$U \sim \frac{d\Phi}{dt}. \quad (11)$$

Ověření Lenzova pravidla se dá provést tak, že magnetický tok bude klesat ze své maximální hodnoty na nulu. Znaménko indukovaného napětí se změní. Je možno namítnout, že toto ověření se vztahuje jen na případ, kdy se magnetický tok mění lineárně s časem. Pomocí analogového počítače a výkonového sledovače napětí lze ovšem modelovat různé časové průběhy proudu v magnetizačních cívkách a průběh indukovaného napětí porovnat s průběhem časové derivace magnetického toku. Tato měření autor dosud neprováděl, ale jejich složitost s vyhodnocení pomocí programu Excel není o mnoho obtížnější než měření již provedená. Také čtenáře může napadnout, že magnetické toky by se zvětšily použitím ferromagnetického jádra. Protože však průběh závislosti magnetické indukce na intenzitě magnetického pole je nelineární (je dán magnetizační křivkou), bylo by takové měření velmi komplikované. Jedinou možností by bylo užití permendurového jádra, které má přibližně konstantní hodnotu relativní permeability.

Ověření rovnice (1c)

Problém ověření Gaussovy věty elektrostatické vyžaduje vyřešení dvou dílčích úloh. Jednak je to měření toku elektrické indukce uzavřenou plochou (levá strana vztahu (1c)), jednak určení volného náboje, který se uvnitř plochy nachází. Začneme druhým z těchto úkolů. Je možno využít osamoceného kovového vodiče, který bude nabit na předem určené napětí. Uvažujme o izolované kouli (kulový konduktor, který je běžnou součástí vybavení fyzikálních kabinetů) o poloměru r . Její kapacita je dána známým vztahem

$$C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r. \quad (12)$$

Zde ε_0 je permitivita vakua (měření se provádí ve vzduchu, kde relativní permitivita je přibližně jedna). Při potenciálu V (měřenému proti zemi) bude na kouli náboj

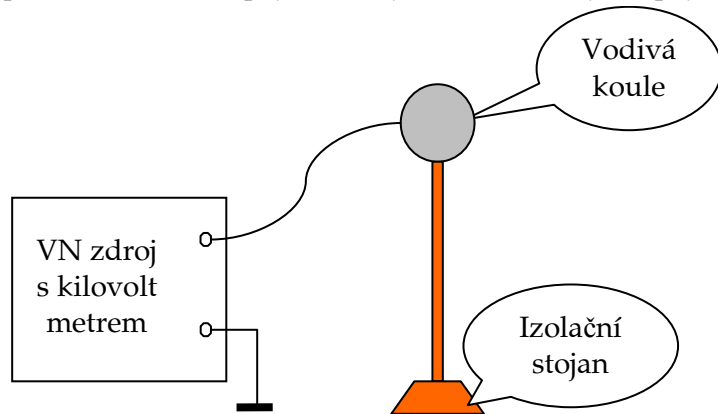
$$Q = C \cdot V. \quad (13)$$

VN zdroj před zapnutím propojíme s koulí dobře izolovaným vodičem. Potom voltmetr zapneme a nastavíme žádané napětí (např. 1 kV). Potom spojení zdroje koule a zdroje odpojíme. Koule bude nabitá nábojem daným vztahem (13). (Předpokládá se, že poloměr koule je předem změřen.) Tímto způsobem je možno vodivou kouli nabít na potenciál, který je omezen rozsahem zdroje.

Druhý, neméně náročný úkol spočívá v určení hodnoty plošného integrálu na levé straně vztahu (1c). Měření se opírá o skutečnost, že vektor elektrické indukce procházející kovovou destičkou vyvolá na jejím povrchu indukovaný náboj s plošnou hustotou $\sigma = D_n$, kde D_n je normálová složka tohoto vektoru. Levou stranu vztahu (1c) však lze upravit

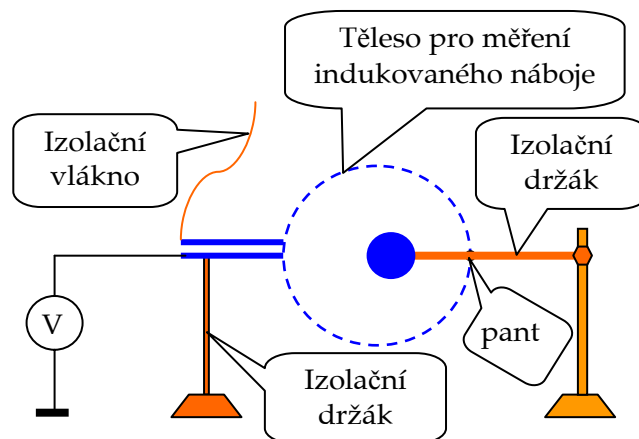
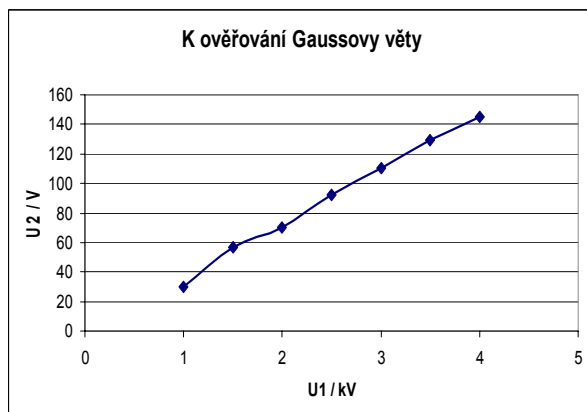
$$\oint_{(S)} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \oint_{(S)} D_n \cdot dS = \oint_{(S)} \sigma \cdot dS = Q_i.$$

Tok vektoru elektrické indukce je určen indukovaným nábojem na uzavřené ploše. Tento indukovaný náboj můžeme měřit již popsáním způsobem. Je-li kapacita tělesa C' a na těle se naměříme potenciál V' , bude pro indukovaný náboj platit $Q_i = C' \cdot V'$.



Obr. 9

Vlastní měření provedeme tak, že vnější těleso, na němž měříme indukovaný náboj volíme průhledné (skládá se ze dvou polokulových cedníků – obr. 10).



Obr. 10

Malou vodivou kouli nabijeme při otevřené velké kouli na požadovaný náboj. Vnější těleso uzavřeme a elektrostatickým voltmetrem změříme indukovaný náboj. Nejprve ukážeme, že velikost indukovaného náboje nezávisí na poloze vnitřní malé koule. Zde využíváme skutečnosti, že cedníky jsou průhledné. Pokus se provede tak, že malou kouli nabijeme na zvolený potenciál při otevřené vnější kouli. Potom vnější kouli uzavřeme a připojíme na elektrostatický voltmetr. Údaj tohoto voltmetru se nemění, když polohu malé koule měníme pomocí izolovaného držáku. Dalším krokem je ověření závislosti indukovaného náboje na náboji (potenciálu) vnitřní koule. Postup je stejný jako v předchozím případě. Náboj na vnitřní kouli však postupně měníme. Výsledek je znázorněn v grafu.

Čtenáře jistě překvapí malé hodnoty potenciálu naměřené na velké kouli. Hlavní příčinou je kapacita elektrostatického voltmetru, kterým toto napětí měříme. Z grafu je vcelku dobře pozorovatelná lineární závislost indukovaného náboje na vnější kouli na náboji uvnitř. Vlastní provedení je poněkud časově náročné a bezprostředně se nehodí jako demonstrační pokus. Tohoto postupu lze však užít pro samostatnou práci studentů v semináři. I přes uvedené nedostatky jsou přesvědčivost pokusu a jeho didaktický přínos natolik vysoké, že opravňují jeho provedení ve vysokoškolském kurzu fyziky.

Ověření rovnice (1d)

Rovnice (1d) má sice jednodušší tvar, její ověření však představuje rovněž značný problém. Velkým problémem je zejména měření magnetického toku uzavřenou plochu. Jedinou možností je vyjít z definice integrálu jako součtu příspěvků od jednotlivých malých plošek. Matematicky to lze vyjádřit jako

$$\oint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} \sim \sum_{k=1}^n \vec{B}_k \cdot \Delta\vec{S}_k .$$

Libovolnou plochu můžeme rozložit na určitý počet jednoduchých plošek. Hodnota integrálu je nahrazena součtem magnetických toků těmito malými ploškami. Prvním krokem je tedy měření magnetického toku malou plochou. K tomu se užije měření změny magnetického toku malou cívkou, která má n závitů. Uspořádání tohoto pokusu je na obr. 11.

Prochází-li plochou cívky magnetický tok Φ , bude účinný magnetický tok $\Phi_u = n \cdot \Phi$. Klesne-li tento magnetický tok na nulu (když vytáhneme magnet), indukuje se v cívce napětí

$$u(t) = -\frac{d\Phi_u}{dt} = -\frac{n \cdot d\Phi}{dt}.$$

Integrujeme-li toto napětí pomocí balistického galvanometru nebo elektronického integrátoru, dostáváme

$$\Phi = \frac{1}{n} \cdot \int u(t) \cdot dt.$$

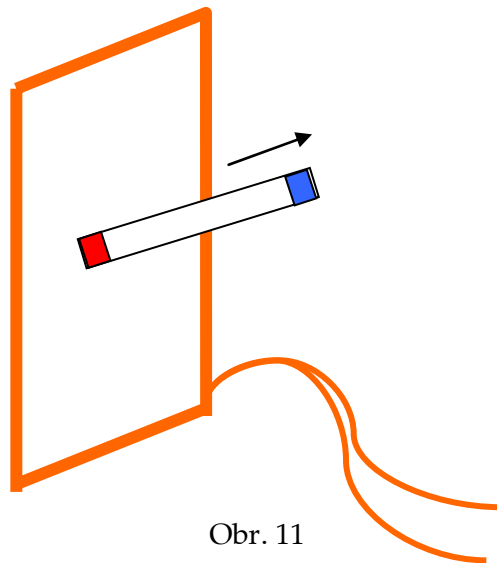
Napěťový impuls je měřen integrátorem nebo balistickým galvanometrem. Snadno se přesvědčíme, že při vytažení magnetu, jak je to naznačeno na obr. 11 vzniká v cívce měřitelné napětí a příslušný napěťový impuls.

Uzavřenou plochu můžeme sestavit z jednoduchých cívek, které budou zapojeny do série ve stejném smyslu (např. z cívek ve tvaru pravidelných trojúhelníků můžeme sestavit pravidelný čtyřstěn, ze čtvercových cívek krychli). Právě druhé možnosti užil autor. Na obrázku 12 je znázorněna krychle sestávající z šesti do série zapojených cívek, jejichž vývod je připojen k integrátoru.

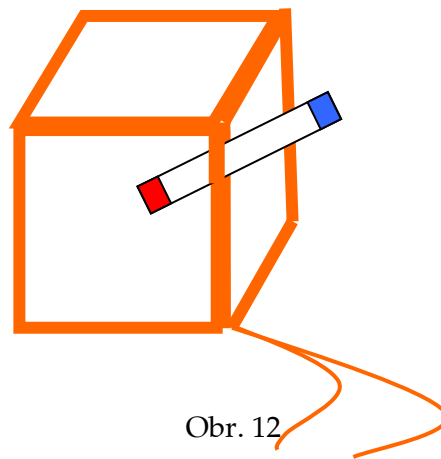
Po vytažení magnetu je údaj integrátoru nulový. Pokus můžeme několikrát opakovat s různou výchozí polohou magnetu. Výsledek je stále stejný, což je přesvědčivým důkazem platnosti vztahu (1d). Místo pohybu magnetu je možno užít dlouhého elektromagnetu, který protáhneme krychlí a potom v něm komutujeme proud. Změna magnetického toku je potom $2 \cdot \Phi$.

Závěr

Výše popsané pokusy usnadňují pochopení fyzikálního obsahu Maxwellových rovnic. Matematické operace s Maxwellovými rovnicemi jsou samozřejmě také potřebné, ale mohou vést k formalismu při jejich chápání. Experimentální náročnost pokusů není tak velká, aby převážila jejich didaktický přínos. Jak již bylo řečeno, lze provedení některých z těchto pokusů přenést do seminářů, které by neměly být pouhým matematickým procvičováním příkladů akademického charakteru, často nemajících nic společného s realitou.



Obr. 11



Obr. 12

Hodnocení znalostí a dovedností žáků ZŠ z hlediska přípravy školních vzdělávacích programů

Eva Hejnová*, Ústav přírodních věd Univerzity J. E. Purkyně, Ústí nad Labem

1. Úvod

Součástí každého školního vzdělávacího programu (dále jen ŠVP) by měla být část věnovaná hodnocení žáků a autoevaluaci školy [1]. V této části ŠVP by měla být také vymezena pravidla pro hodnocení žáků a popsána evaluační činnost školy. Ke zjišťování výsledků vzdělávání budou učitelé muset vybírat a případně vytvářet vhodné hodnotící prostředky (evaluační nástroje). Kromě výše uvedeného hodnocení žáků jejich učiteli bude prováděno podle Rámcového projektu evaluace vzdělávání pravidelné externí hodnocení žáků, kteří se nacházejí na konci 3. období základního vzdělávání. Jedná se o žáky 9. ročníků ZŠ a studenty, kteří přecházejí z nižšího stupně víceletého gymnázia na vyšší. Toto hodnocení bude připravovat a realizovat Centrum pro zjišťování výsledků vzdělávání (dále jen CERMAT). Pro tento účel by měly být užívány standardizované testy.

Učitelé i pracovníci CERMATu by při tvorbě evaluačních nástrojů měli vycházet ze vzdělávacích standardů, jejichž hlavními funkcemi jsou podle Trny [2] „stanovení konkrétních výstupů vzdělávání (specifických vzdělávacích cílů) a následné hodnocení úrovně dosažení těchto vzdělávacích výstupů jako zpětné vazby (prostřednictvím hodnotících prostředků)“. V **Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání** (dále RVP ZV) jsou uvedeny očekávané výstupy a učivo. **Očekávané výstupy** mají charakter specifických vzdělávacích cílů a představují tak cílovou část vzdělávacího standardu (např. „žák aplikuje poznatky o rovnováze na páce a pevné kladce při řešení praktických problémů“ [1]). Jak ukazuje Trna [2], „chybí část hodnotící (tj. hodnotící prostředky doplněné hodnotícími klíči a výkonovými normami), která by ověřila splnění cíle“. Je totiž zřejmé, že vzdělávací cíl bez hodnotící části je velmi neurčitý, neboť může být splněn na úrovni žáků ZŠ, SŠ i VŠ.

Hodnotícími prostředky mohou být například **úlohy**. Před tvůrci evaluačních nástrojů tak stojí poměrně obtížný úkol; ke specifickým cílům, které jsou deklarovány v RVP ZV, vybrat vhodné úlohy, kterými by ověřili splnění daného vzdělávacího cíle. Obtížnost daného úkolu spočívá v nedostatečné nabídce některých typů úloh (viz dále), chybějícím nebo nedostatečným hodnotícím klíči k různým typům úloh (zejména k úlohám otevřeným), určení obtížnosti úlohy a s tím souvisejícím stanovení výkonové normy (např. splnil–nesplnil) a v neposlední řadě také v nedostatečné informovanosti učitelů o tvorbě a používání různých evaluačních nástrojů (testů, úloh atd.).

Ve svém příspěvku bych ráda poukázala na některé typy úloh, kterým je dle mých zkušeností ve školní praxi věnována dosud malá pozornost. Jedná se o **úlohy zaměřené na metody vědeckého zkoumání**, někdy též označované jako **úlohy typu PISA**. V dalším textu vysvětluji, proč je důležité tyto úlohy pro hodnocení žáků používat. Na několika ukázkách pak ilustruji způsob hodnocení těchto úloh a uvádím též výsledky pilotážní úloh.

2. Proč je vhodné používat úlohy typu PISA

V RVP ZV je kladen důraz na **klíčové dovednosti**, nově mají být do výuky zaváděna **průřezová témata**, velká pozornost je též věnována **mezipředmětovým vztahům**. Kromě toho má škola možnost do svého učebního plánu zařadit integrovaný předmět Člověk a příroda. Navíc i v rámci společné části maturitní zkoušky se podle nového školského zákona uvádí (viz

* hejnova@pf.ujep.cz

zákon č. 561/2004 Sb. ze dne 24. září 2004, čtvrtá část, Hlava II „Ukončování středního vzdělávání“, § 78 „Společná část maturitní zkoušky“), že žáci si mohou v rámci volitelné zkoušky vybrat předmět „přírodovědně technický základ“. Do maturitních testů z tohoto předmětu by pak měly být zařazovány právě úlohy typu PISA. Takových úloh mají však učitelé k dispozici velmi málo a s jejich tvorbou a hodnocením nemají zpravidla téměř žádné zkušenosti; mnozí se takovým úlohám často i brání s tím, že jsou pro jejich žáky příliš obtížné.

Úlohy typu PISA jsou zpravidla zaměřené na zjišťování souboru základních znalostí a dovedností z různých oborů lidské činnosti, které jsou nezbytné pro úspěšné uplatnění v moderní společnosti. V oblasti přírodních věd zpravidla tento soubor základních znalostí a dovedností označujeme jako **přírodovědnou gramotnost žáka**. Důraz je kladen na posunutí školního vzdělávání od klasických „školních znalostí“ k jejich aplikaci a rozvoji dovedností potřebných pro úspěšné uplatnění v životě.

Úlohy typu PISA proto nezjišťují pouhé faktografické vědomosti, ale jsou zaměřeny na vyšší intelektuální dovednosti. Často se jedná o úlohy kontextové a aplikační, tedy úlohy pojednávající o různých životních situacích a ukazující, jak v nich může být fyzika (resp. přírodní vědy) aplikovány. Tento typ úloh zpravidla nezjišťuje pouze jednu konkrétní znalost nebo dovednost, ale jejich řešení vyžaduje využití širšího spektra znalostí a dovedností z různých oblastí fyziky i jiných oborů. Při řešení úloh jsou žáci často nuceni využívat znalostí a dovedností z různých předmětů. Přednost těchto úloh je mimo jiné v tom, že žáci jsou mnohem více motivováni takové úlohy řešit, než tomu bývá u úloh bezkontextových a takzvaně „školometských“.

Několik úloh výše uvedeného typu jsem vytvořila v rámci své disertační práce [3]. Pro tyto úlohy jsem vytvořila následující klasifikaci, která se mi při jejich tvorbě osvědčila. V následující tabulce jsou uvedeny i příklady aktivních sloves a slovesných vazeb, které je vhodné při formulaci úloh daného typu používat.

Tabulka 1 Klasifikace úloh podle struktury dovedností s příklady aktivních sloves a slovesných vazeb

1. Úlohy, které vyžadují rozpoznání problémů, které je možno vědecky zkoumat	
vybrat nebo vytvořit hypotézu, která byla nebo mohla být testována, je-li popsán výzkum nebo postup, kterým byly shromážděny údaje nebo je-li popsána situace, v níž by hypotézy mohly být vědecky zkoumány	<i>napiš, jakou myšlenku mohl XY ověřovat; urči, která z těchto hypotéz byla testována</i>
2. Úlohy, které vyžadují výběr nebo získání informací nezbytných pro vědecké zkoumání	
vybrat nebo vytvořit informaci o tom, co je potřeba udělat pro ověření hypotézy nebo správné rozhodnutí. Informace se může týkat toho, které skutečnosti by se měly porovnat, které proměnné by se měly změnit, které další doplňující informace jsou potřeba, nebo jaké kroky by se měly podniknout k získání důležitých údajů	<i>uveď (alespoň jednu) informaci, kterou je nutno zjistit, abys mohl(a) rozhodnout; které z informací by XY pomohly, aby mohl udělat; stručně vysvětli, jak by se tento předpoklad dal ověřit</i>
3. Úlohy, které vyžadují vyvozování nebo hodnocení závěrů, případně sdělování platných závěrů	
ze zadaných údajů vyvodit závěr, který podává správné vysvětlení; vybrat správný závěr, jsou-li zadány údaje a závěry, které z nich byly vyvozeny; na základě předložených údajů provést hodnocení daného závěru (zamítnout či podpořit daný závěr; uvést, do jaké míry je závěr spolehlivý)	<i>myslíš, že to bylo nejlepší rozhodnutí? (uveď alespoň jeden důvod svého souhlasu nebo nesouhlasu); rozhodni, kdo má pravdu; mají tito zastánci pravdu? (vysvětli svoji odpověď); navrhní (dvě) jiná vysvětlení, proč; použij informace z obrázku, které by podpořily názor, že</i>

3. Hodnocení úloh

Úlohy, které jsem v rámci disertační práce vytvářela, byly úlohy otevřené (žák tvoří svoji odpověď sám). K hodnocení tohoto typu úloh se zpravidla používají podrobné hodnotící návody neboli **hodnotící schémata**. Tato schémata umožňují hodnotitelům co nejobektivnější hodnocení otevřených úloh. Při tvorbě těchto schémat jsem vycházela ze zkušeností z hodnocení otevřených úloh, které byly zadávány v rámci mezinárodních výzkumů TIMSS a PISA.

Hodnotící schémata jsou zpravidla vytvářena autorem úlohy, který nejprve formuluje vzorovou odpověď; a jsou dotvářena na základě odpovědí žáků, kteří danou úlohu řeší v rámci pilotního ověřování úlohy. Schémata, která jsem používala pro hodnocení otevřených úloh, se skládají z těchto částí:

- vzorové odpovědi (jak by podle autora úlohy měl odpovídat dokonalý řešitel);
- kritérií pro hodnocení pro jednoznačné rozpoznání správné odpovědi (pokud je to nutné), tj. toho, co žák ve své odpovědi zmínit musí, případně co není nezbytně nutné;
- různých kategorií správných odpovědí, a je-li to nutné, příklady odpovědí, které jsou hodnoceny jako správné;
- různých kategorií částečně správných odpovědí, a je-li to nutné, příklady odpovědí, které jsou hodnoceny jako částečně správné;
- různých kategorií nesprávných odpovědí, a je-li to nutné, příklady odpovědí, které jsou hodnoceny jako nesprávné;
- ostatních kategorií, které zahrnují případy, kdy žák úlohu (resp. určitou část úlohy) vůbec neřeší nebo uvede odpověď „Nevím“ nebo je jeho odpověď přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo zcela nesrozumitelná (neinterpretovatelná).

K hodnocení úloh jsem používala dvoučíslicový kód. První číslice udává míru správnosti odpovědi (počet bodů, které může žák za správnou, resp. částečně správnou odpověď získat), druhá číslice specifikuje, jaké konkrétní řešení nebo odpověď žák zvolil. Tento mechanismus umožňuje zjišťovat nejen počty správných a nesprávných odpovědí, ale poskytuje rovněž informaci o přístupech žáků k řešení konkrétních úloh a o chybách, kterých se žáci dopouštějí. U nesprávné odpovědi je ve sloupečku pro počet bodů uvedena číslice „7“, kterou jsem při statistickém zpracování používala ve spojení s druhou číslicí pro vyjádření typu odpovědi. Posledním třem kategoriím (odpověď „Nevím“, odpověď je přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo zcela nesrozumitelná (neinterpretovatelná)), je přidělena číslice „9“, kterou jsem při statistickém zpracování používala ve spojení s druhou číslicí pro vyjádření typu odpovědi (viz tab. 2).

Tabulka 2 Význam kategorií 91, 92, 93

91	Prázdné nebo „Nestihl jsem odpovědět“.
92	Žák uvádí odpověď „Nevím“ nebo „Neumím odpovědět“.
93	Přeškrtnutá, vygumovaná, nečitelná nebo neinterpretovatelná odpověď.

4. Ukázky úloh

Vzhledem k omezenému prostoru pro text příspěvku uvádím **ukázky dvou úloh**. U každé úlohy je kromě zadání a hodnotícího schématu uvedena statistika úlohy (počet žáků řešících danou úlohu a absolutní i relativní četnosti pro jednotlivé kategorie odpovědí) a stručný komentář.

Úloha Puk na koberci

Jirka s Petrem provedli jednoduchý pokus. Vzali puk a položili ho na koberec. Udeřili do něj hokejkou, puk se začal pohybovat a po určité době se zastavil. Jirka tvrdil, že puk se zastavil, protože ho už nic netlačilo dopředu. Petr řekl, že puk se zastavil proto, že na něj působila třecí síla.

Kdo z těchto chlapců má pravdu?

Jakým jednoduchým pokusem by pravdivost svého tvrzení mohl podpořit?

Hodnotící schéma

Kód		Odpověď (vzor): pravdu má Petr. Pokud by měl pravdu Jirka, puk by se nemohl vůbec pohybovat a zastavil by se okamžitě. Mohl by provést svůj experiment na jiném povrchu (na příklad na ledě nebo na lino), kde je třecí síla menší. Puk by se pak zastavil po delší době.
Počet bodů	Typ odpovědi	
1		Správná odpověď (kritéria pro hodnocení): aby odpověď byla hodnocena jako správná, žák musí zmínit, že při provádění pokusu je nutno změnit kvalitu povrchu, po kterém se těleso pohybuje (je nutno měnit velikost třecí síly). Žák ve své odpovědi nemusí zmínit, že je nutné zachovat stejnou velikost působící síly (stejně silný úder).
1	0	Pravdu má Petr. Žák dále ve své odpovědi uvádí nutnost provedení experimentu, který by ukazoval, že na dobu, za kterou puk zastaví, má vliv třecí síla (třecí sílu je nutno zmenšit nebo zvětšit), přičemž žák se ve své odpovědi výslovně zmiňuje o třecí síle. Příklad: „Když puk položí na lino, tak pojede dál, protože je hladší, a to znamená, že má menší tření.“
1	1	Pravdu má Petr. Žák dále ve své odpovědi výslovně nejmenuje třecí sílu, ale uvádí, že puk by se zastavil za delší dobu, pokud by se pohyboval po hladším povrchu (linoleu, ledu, ...), nebo v prostředí, ve kterém na něj nepůsobí žádná síla (např. ve vesmíru). Příklady: „Když to samé zkoumá na lině.“ „Dal by ten puk na led a vystřelil.“
1	9	Jiná správná odpověď.

7		Nesprávné odpovědi
7	0	Pravdu má Petr. Žák dále ve své odpovědi uvádí příklad pokusu, který tvrzení Petra nijak nepodporuje nebo ve své odpovědi opakuje část textu ze zadání. Příklady: „Na puk působí třecí síla.“ „Tření je nutné zlo.“ „Když si děti hrají s míčem na trávě, také ho zastaví třecí síla.“
7	1	Pravdu má Petr. Bez vysvětlení nebo s vysvětlením, které je nečitelné, neinterpretovatelné či přeškrtnuté.
7	2	Pravdu mají oba. Bez vysvětlení nebo s vysvětlením, které je částečně nebo úplně chybné.
7	3	Pravdu má Jirka. Bez vysvětlení nebo s vysvětlením, které je částečně nebo úplně chybné.
7	9	Jiná nesprávná odpověď.

Výsledky pilotáže úlohy

Počet žáků řešících úlohu: 52

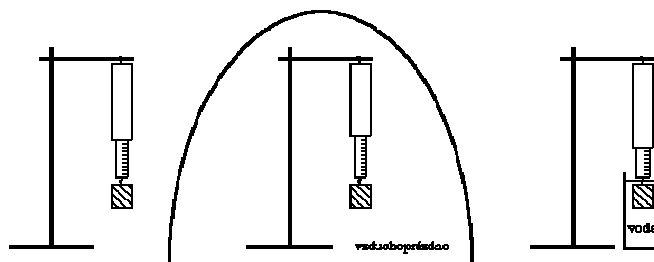
Kód	10	11	19	70	71	72	73	79	91	92	93
Počet žáků	12	7	0	20	4	4	3	0	2	0	0
Vyjádření v %	23,1	13,5	0	38,4	7,7	7,7	5,8	0	3,8	0	0

Komentář

V této úloze zvolilo správnou odpověď 82,7 % žáků. Pouze třetina žáků však uměla také navrhnout správný experiment k podpoře pravdivosti tvrzení.

Úloha Kvádr na siloměru

Jirka se rozhodl, že provede následující pokus. Vzal dřevěný kvádr, pověsil ho na siloměr a siloměr s kvádrem pověsil na stojan (obr. A). Na obr. A působí na kvádr gravitační síla a vztlaková síla vzduchu, siloměr ukazuje jejich výslednici.



Obr. A

Obr. B

Obr. C

Pak dal stojan pod poklop a vyčerpal pomocí vývěvy z prostoru pod poklopem vzduch (obr. B).

Nakonec celý kvádr ponořil do odměrného válce naplněného vodou (obr. C).

- Srovnej velikosti gravitačních sil, které působily na dřevěný kvádr v případech A a B (pro srovnání použij např. výrazy „stejně“, „větší“, „menší“).
- Srovnej velikosti gravitačních sil, které působily na dřevěný kvádr v případech A a C (pro srovnání použij např. výrazy „stejně“, „větší“, „menší“).
- Myšlenka, kterou si Jirka chtěl těmito pokusy ověřit, byla potvrzena. Napiš, jakou myšlenku si chtěl Jirka pravděpodobně ověřit.

Hodnotící schéma k části c)

Část c)		
Kód		Odpověď (vzor): žák může uvést např., „že velikost síly změřené siloměrem (ne gravitační!) závisí na prostředí, ve kterém se dřevěný kvádr nachází.“
Počet bodů	Typ odpovědi	„že ve vodě působí na dřevěný kvádr větší vztlaková síla než ve vzduchu (resp. ve vzduchu působí na dřevěný kvádr větší vztlaková síla než ve vzduchoprázdnu).“
1	0	Správná odpověď (kritéria pro hodnocení): žák musí správně určit myšlenku, která mohla být při tomto pokusu ověřována.

7		Nesprávné odpovědi
7	0	Jirka si chtěl ověřit, že velikost gravitační síly závisí na prostředí, ve kterém se dřevěný kvádr nachází, nebo že je velikost gravitační síly v každém prostředí stejná.
7	9	Jiná nesprávná odpověď.

Výsledky pilotáže úlohy

Počet žáků řešící úlohu: 38

Kód	10	70	79	91	92	93
Počet žáků	1	26	7	2	1	1
Vyjádření v %	2,6	68,5	18,4	5,3	2,6	2,6

Komentář

Část c) byla pro žáky velmi obtížná (úlohu vyřešil pouze jeden žák z gymnázia). Důvodem je pravděpodobně nezvyklá formulace otázky, žáci nemají s podobným typem úlohy téměř žádné zkušenosti. Na druhé straně se jedná o základní a velmi jednoduchý pokus, který by žáci měli z vyučování znát a měli by tedy vědět, proč se dělá (téměř nikdo ze žáků např. nevěděl, že Jirka si chtěl ověřit existenci vztlakové síly ve vodě a ve vzduchu apod.). Většinou žáci uváděli, že si chtěl ověřit, že gravitační síly jsou stejné, nebo že závisejí na prostředí.

5. Závěr

Ve svém příspěvku jsem naznačila, jakým způsobem je možné používat úlohy zaměřené na metody vědeckého zkoumání k hodnocení znalostí a dovedností žáků. Při pilotáži úloh se ukázalo, že formulace otázek je pro žáky poněkud nezvyklá a úlohy jsou pro ně často dosti obtížné. Na druhou stranu se žáci ve většině případů snažili tyto úlohy řešit.

Domnívám se, že učitelé by měli mít k dispozici co nejširší výběr úloh tohoto typu včetně hodnotícího klíče. Nelze se domnívat, že by učitelé sami takové úlohy ve větší míře tvořili. V současné době existují již některé publikace, kde je možné nalézt ukázky úloh typu PISA (např. [4], [5]). Další tvorba těchto úloh je úkolem pro takové instituce, jako je např. Centrum pro zjišťování výsledků vzdělávání (CERMAT), které by podobné úlohy měly tvořit (za přispění externích autorů úloh, kteří budou k této práci dostatečně vyškoleni). Také na vysokých školách, které se zabývají vzděláváním učitelů, by měla existovat pracoviště se specializací na pedagogické měření tak, aby budoucí učitelé byli v této oblasti dostatečně vzděláni.

Na závěr bych se ještě chtěla stručně zmínit o souboru úloh, pomocí nichž mohou učitelé zjišťovat úroveň základních i rozšiřujících znalostí a dovedností žáků na konci základní školy. Úlohy se týkají tematického celku Pohyb a síla a je možné je nalézt na webové adrese <http://alpha.ujep.cz/~hejnova>. Dále učitelé mohou využívat pro hodnocení žáků po proběhnutí určitého tematického celku úlohy (vesměs otevřené) z **publikace Tematické prověrky z učiva fyziky základní školy** [6]. Při práci na těchto prověrkách jsem využila zkušeností, které jsem získala při tvorbě, pilotáži a hodnocení výše uvedeného souboru úloh. Části některých úloh z tohoto souboru jsem do tematických prověrek také zařadila. Soubor obsahuje 32 prověrek pro 6. až 9. ročník, přičemž obsah jednotlivých prověrek je volen tak, aby zahrnoval očekávané výstupy a učivo, které je uvedeno v RVP ZV. Zadání všech prověrek a jejich řešení je k dispozici nejen v tištěné podobě, ale také na kompaktním disku, takže učitel může vybrat z libovolné prověrky jen některé úlohy, které chce zadat.

Literatura

- [1] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. [cit. 2. 9. 2004]. Dostupné na: http://www.vuppraha.cz/aktualni_ukoly/RVP_ZS/RVP.
- [2] Trna J. *Evaluační standardy ve fyzikálním vzdělávání*. In *Kompetence a standardy ve fyzikálním vzdělávání učitele a žáka*. Sborník. Ed. Nezvalová D., Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2004. s. 52–63. ISBN 80-244-0922-4.

- [3] Hejnová E. *Evaluace výsledků fyzikálního vzdělávání na základních školách*. Disertační práce. MFF UK, Praha 2004. 273 s.
- [4] *PISA: Úlohy pro měření čtenářské, matematické a přírodovědné gramotnosti patnáctiletých žáků*. 1. vyd. ÚIV, Praha 2000. 47 s. ISBN 80-211-0366-3.
- [5] Palečková J., Mandíková D. *Netradiční přírodovědné úlohy*. 1. vyd. ÚIV, Praha 2003. 103 s. ISBN 80-211-0460-0.
- [6] Bohuněk J., Hejnová E. *Tematické prověrky z učiva fyziky základní školy*. 1. vyd. Prometheus, Praha 2005. ISBN 80-7196-290-2.
- [7] Koudelková I.: *Jak nás baví fyzika v projektu Heuréka*. In: Sborník semináře „...aby fyzika žáky bavila...“ (Vlachovice, říjen 2003). Ed.: R. Kolářová, Z. Pinkasová. UP Olomouc 2003. s. 163–167.

Využití počítačů ve výuce fyziky

Jan Hosnedl*, Gymnázium Plzeň, Mikulášské nám.

Obrovský nárůst informačních technologií v běžném životě se nutně musí začít promítat i do školství. Práce s počítačem, vyhledávání informací a orientace v záplavě informací ve světě (i na internetu), sebevzdělávání ve výukových programech, se stává nedílnou součástí gramotnosti naší populace.

Tomuto trendu už se přizpůsobují i vysoké školy technických směrů a střední školy nesmí v této oblasti zůstat pozadu. Je nutné, aby střední školy připravily své studenty k bezproblémovému přechodu na vysokou školu a i do pozdější praxe. To souvisí i se znalostí počítačových produktů mezi učiteli fyziky. V těchto podmínkách je nutné neustále vzdělávat i učitele na základních a středních školách, udržovat krok s rozvojem počítačů a informatiky.

Je počítač ve výuce fyziky vhodný?

Ano! Počítač ve výuce fyziky rozhodně vhodný je. Záleží jen na tom, jak, kdy a kde jej chceme využít. Využití počítače ve výuce nesmí být cílem, ale musí být pouze nástrojem k lepšímu pochopení i oživení výkladu.

Při vyučování je žádoucí pestrost, snažit se využívat všechny dostupné didaktické prostředky: reálný pokus, myšlenkový pokus, náčrtek na tabuli či do sešitu, počítačová animace, aplet, ...

V žádném případě bych nedoporučoval počítačem nahrazovat pokusy, které lze (byť s jistými obtížemi) předvést. Na druhou stranu je ale rozhodně lepší, pokud pomůcky a vybavení nedostačují, předvést aplet nebo animaci, než pokus vyložit pouze teoreticky. Musíme si dát pozor na ten fakt, že počítačové animace i aplety mohou klamat a mohou být i fyzikálně nesprávné. Na obrazovce počítače klidně můžeme nechat téct vodu do kopce, perpetuum mobile bude vesele fungovat apod. Ale i toho lze využít při rozvíjení kritického myšlení žáků. Nezasupitelnost počítače spatřuji tam, kde reálné děje předvádět nelze nebo lze jen velmi těžce (např. v molekulové či atomové fyzice, v astronomii).

Otázka použití počítače je vždy mírou osobního vkusu. Jeden příklad za všechny: Při svých setkáních s bývalými studenty se setkávám se zajímavým fenoménem současných vysokých škol – někteří učitelé si přepracovali své přednášky jako prezentace do PowerPointu. Pokud není učitel rozumný, pouští na přednáškách v rychlém sledu jednu stránku prezentace za druhou (jako kdysi blány na meotaru) – probíhá tzv. „slideshow“. Studenti vůbec nestíhají zapisovat, natož chápat. V lepším případě dají učitelé své přednášky na internet, v horším ne (někdy studenti pak prezentace fotí digitálním fotoaparátem).

Kolik počítačů (a jaké) k výuce fyziky potřebujeme?

Většinou stačí jeden počítač. Měl by být vybaven CD-mechanikou, zvukovou kartou (např. na přehrávání výukových CD), reproduktory, mikrofonem. Bohatě dostačuje Pentium III, operační systém stačí Windows 98. Ten je naopak někdy lepší než novější verze – řada výukových CD a programů pod novějšími verzemi nefunguje.

Na zobrazování je vhodný velký monitor (alespoň 17palcový), ideální ovšem je, pokud je možné obraz promítat přes dataprojektor na plátno nebo stěnu. Ceny dataprojektorů stále klesají, takže jeho pořízení není už zas tak nereálné.

* Jan.Hosnedl@gymik.inplus.cz

Počítač (nejlépe s dataprojektorem) by měl být natrvalo umístěn v učebně fyziky – jinak je jeho využívání vždy problematické. Řešením (i když ne ideálním) je počítač přivést vždy na konci tématického celku a v rámci opakování ukázat vše, co s danou oblastí fyziky souvisí.

Poněkud jiná situace je, pokud používáme počítačové měřicí systémy při laboratorních úlohách. Zde je naprosto nezbytná vybavená laboratoř alespoň čtyřmi počítači s měřicími systémy (např. Ises). Takových laboratoří na středních školách není mnoho, problémem je cena měřicích souprav. Jedna taková učebna vzniká i na našem gymnáziu.

Pro doplnění výuky je vždy přínosem, pokud mají studenti přístup k počítači ve škole nebo doma. Mohou zpracovávat laboratorní úlohy, hledat informace na internetu, využívat výukové portály, výuková CD, aplety, počítačové testy atd.

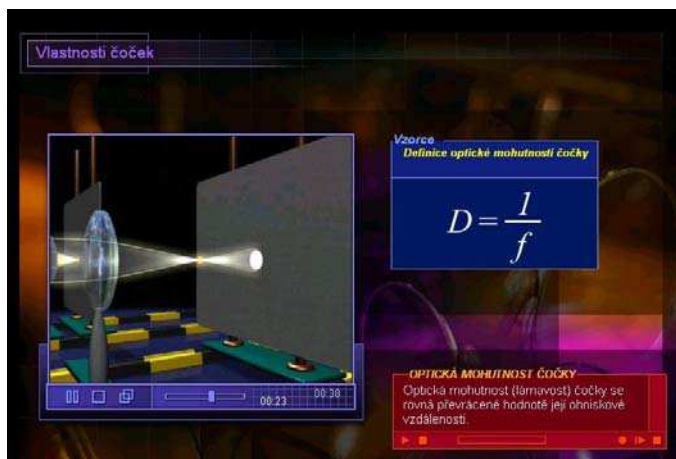


Laboratorní měření na soupravách Ises (Gymnázium v Plzni, Mikulášské nám.)

Přehled a rozdělení dostupných počítačových produktů vhodných pro fyziku

1. Výuková CD

Výukových CD využitelných pro fyziku je na našem trhu poměrně velké množství (jejich seznam viz např. [5]), celé fyzice komplexně se ale věnují pouze dva produkty: stručněji CD *Zebra pro školy – fyzika* [13] a obšírněji sada CD *Fyzika* firmy Langmaster [7] a [8] (na trhu jsou k dispozici dvě části připravovaného kompletu). Oba produkty bych doporučil pro domácí výuku, obsahují i testy a cvičení. Z obou si učitel může vybrat vhodné animace, ale komplexnější nasazení do hodin fyziky si neumím představit. CD [7] a [8] jsou jakousi elektronickou učebnicí fyziky.



Ukázka výkladu z výukového CD *Fyzika* Langmaster [7]

Velkou škodou je, že jeden z největších vydavatelů výukových CD firma Terasoft se fyzice v podstatě vůbec nevěnuje (výjimkou je pouze nově vydané pěkné CD Edison [1] věnované tvorbě imaginárních elektrických obvodů). Na CD *Všeobecný přehled* [12] je sice jeden test označen *Přírodopis, chemie, fyzika*, nicméně ze 244 otázek se fyzice věnuje 8, navíc se otázky často opakují a při delším sezení u tohoto programu jsem měl značný pocit jednotvárnosti.

Větší záběr látky mají ještě encyklopedie *Jak věci pracují* [9], výukové CD zaměřené na techniku – *Prozkoumej tajemství techniky* [11] a *Physikus* [10]. Grafické řešení *Physikuse* i forma zpracování se blíží produktům firmy Langmaster [7] a [8]. CD *Physikus* obsahuje navíc hru (podobně jako u [11]), kde si žáci otestují své nově získané znalosti. CD se opět hodí spíše pro domácí výuku.

Komplexnější využití výukových CD ve výuce nevidím příliš přínosné. Spíše využití některých monotematických CD z oblasti astronomie nebo energie (jejich seznam viz [5]), já osobně občas využívám pro zpestření výkladu již zmíněné CD *Jak věci pracují* [9]. Svou formou je podobné mé oblíbené dětské knížce *Už vím proč*.

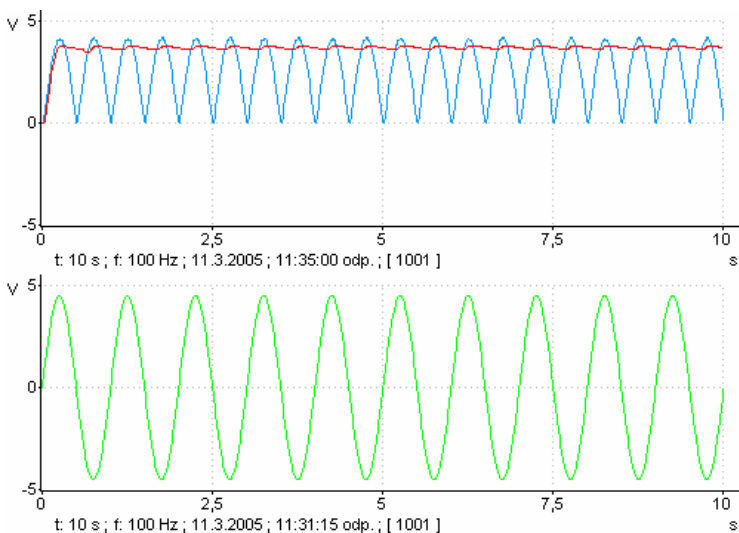
2. Programy

Jednak samozřejmě můžeme používat standardní programy, jako je Word (psaní písemek, příprav), Excel (tvorba grafů, zpracování laboratorních úloh) nebo PowerPoint. Poslední jmenovaný program je určený k tvoření tzv. prezentací. Do nich umístíme snadno i fotografie a obrázky, můžeme nechat postupně zobrazovat jejich části, části textu, vložit animace. Tento program může využít i učitel, který poznámky diktuje, při výkladu některých specifických kapitol, kde je potřeba předvést množství fotografií (které je jinak poměrně problematické nechat kolovat po třídě). Nevýhodou je nutnost dataprojektoru.

Mezi další využitelné programy můžeme zařadit již zmiňovaného Edisona [1] (tvorba imaginárních elektrických zapojení), Cabri geometrii (program můžeme využít zejména v geometrické optice) nebo *Famulus* (kreslení grafů, modelování různých situací vedoucích k tvorbě grafů, modelování pohybů).

Dále jsou k dispozici programy, které jsou volně stažitelné na internetu – tzv. shareware. Těch je obrovské množství, seznam některých naleznete např. na [5].

3. Fyzikální měřicí soupravy



Dvojcestné usměrnění (s vyhlazením pomocí kondenzátoru) změřené na Ises soupravě



Měření na soupravě Ises

Relativně nejrozšířenějším počítačovým měřicím systémem na našich základních a středních školách je Ises souprava [3]. Souprava obsahuje programy a různé měřicí jednotky (Voltmetr, Ampérmetr, silová čidla atd.). Pomocí ní můžeme provádět laboratorní úlohy i kvalitativní experimenty s velkou přesností. Větší využití však spatřuji spíše na středních školách, a to jak při demonstračních experimentech (stačí 1 souprava), tak při laboratorních úlohách. Výhodou soupravy Ises je skutečnost, že se nejedná pouze o naprogramované počítačové animace, ale o reálná měření a závislosti z těchto měření. Výhodně ji využijeme zejména v učivu o elektrickém proudu a u kmitání a vlnění. Nevýhodou je bohužel poměrně vysoká cena. Ceny srovnatelných zahraničních produktů jsou však mnohem vyšší.

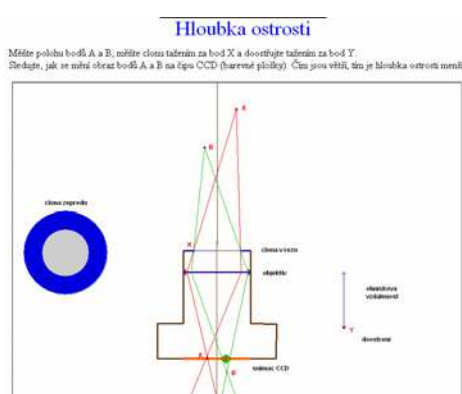
4. Vzdálené laboratoře

Velkou budoucnost bych viděl ve *vzdálených laboratořích*. Jedná se o fyzikální pokusy a měřicí aparatury ovládané přes internet a snímané webovou kamerou. Nabízené možnosti u nás nejsou zatím bohužel příliš velké a slouží zatím spíše „na hraní“ (ovládání výšky vodního sloupce nebo měření průběhu indukovaného napětí při vzniku střídavého proudu – obojí

MFF UK [3]). Zajímavější je školní jaderný reaktor Vrabec a jeho sledování přes internet (tento a další odkazy viz [5]).

Zde bych uvítal zejména vzdálená pozorování pokusů z moderní fyziky (Rutherfordův rozptyl, Frankův-Hertzův pokus, jaderné detektory, ...), které se dají v podmínkách základní nebo střední školy jen velmi těžko realizovat, ale jejichž reálné zařazení do výuky (a ne jen popsat na tabuli) považuji za velmi vhodné. **5. Virtuální laboratoře – aplety**

Virtuální laboratoře – tzv. *aplety* – jsou programy přímo spustitelné v rámci internetového prohlížeče. Jedná se často o počítačové modely reálných situací. Je u nich většinou možné měnit některé parametry nebo si vybrat určitá data



Aplety si můžeme vytvářet i sami např. v Cabri geometrii [5]

(zobrazení pomocí čoček, znázornění vrhů, ...). Aplety mohou výrazně urychlit práci a umožňují diskutovat i různé speciální případy, jsou vhodné i k domácímu opakování. Seznam některých webových adres najdete např. na [5].

Poznámku k apletům naleznete ještě v části b).

6. Zajímavé internetové rozcestníky a stránky s fyzikální tematikou

Velké množství informací můžeme samozřejmě nalézt na internetu. Zde nám mohou pomoci různé fyzikální rozcestníky a vyhledávače – např. Fyzweb [4] –

výukové fyzikální stránky, které vznikají na MFF UK. Fyzweb je určený pro studenty i učitele, naleznete zde zajímavé informace z moderní i klasické fyziky, zajímavé odkazy, jeho prostřednictvím můžete získat odpovědi na různé fyzikální problémy. Slouží k popularizaci fyziky. Nalezneme zde i řadu dalších odkazů na jiné stránky.

Rád bych ještě zmínil vznikající rozcestník *Využití počítačů ve výuce fyziky* [5] nebo elektronickou verzi časopisu *Školská fyzika* [6].

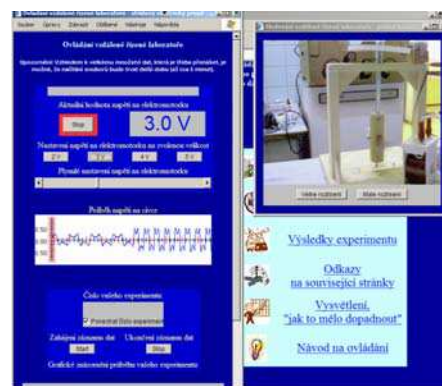
Kde všude lze počítač využít?

a) Příprava a získávání informací učitele pro výuku (encyklopedie, internet)

Velmi snadno využijeme počítač pro tvorbu textů kontrolních prací. Existují i počítačové sbírky fyziky (odkazy viz [5]) a bez velké práce s opisováním sestavíme písemku a vytiskneme ji.

Informace pro výuku také nemusíme získávat jen v knihách a sešitech, ale v různých počítačových encyklopediích či na internetu. Na internetu lze najít nejnovější informace z fyziky, zajímavé fotografie, pokusy, příklady, animace, aplety, programy apod. Ale – ne vše nalezneme v encyklopediích a na internetu, a ne vše, co tam najdeme, je pravda. Internetové stránky nejsou většinou recenzovány odborníky a snadno se zde setkáme s různými šarlatány, astrology a léčiteli, kteří nám budou tvrdit vědecky nepodložené nesmysly.

b) Využití počítače při výkladu ve vhodném doplnění s pokusy



Ukázka vzdálené laboratoře – výroba střídového proudu MFF UK [3]

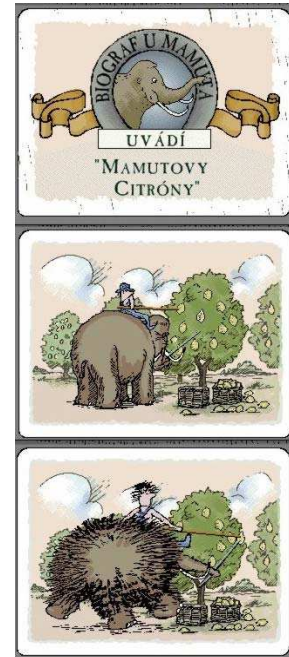
Tuto část bych viděl jako jednu ze stěžejních při využití počítače ve výuce. Podobně jako úvodní motivační pokus můžeme použít vhodný aplet, pokus nebo počítačovou animaci. Je-li animace navíc vtipná, není to vůbec na závadu, snáze získáme pozornost žáků. Velmi se mi osvědčily „mamutí večerníčky“ z CD *Jak věci pracují* [9] (na ukázkou viz obrázky z videa Mamutovy citróny). Humornou formou (i znudění studenti septimy při „mamutím večerníčku“ o citrónech rázem ožili) je zde popsán citrón s dvěma elektrodami jako zdroj napětí.

Při výkladu lze počítač využít velmi dobře při zakreslování grafů



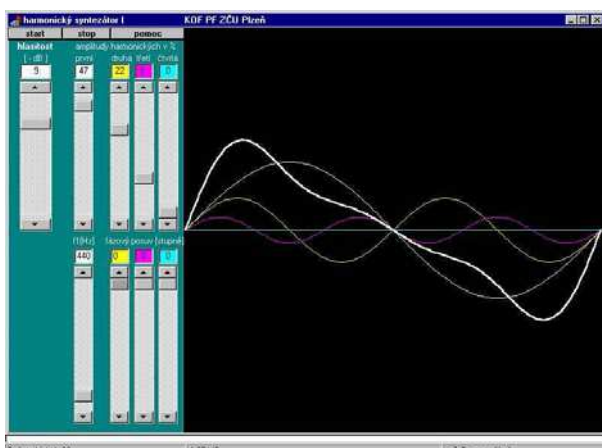
Ukázka prezentace v PowerPointu [5]

(programy Excel, Famulus). Výhodou oproti klasickému kreslení na tabuli je přehlednost, přesnost křivek (ne od ruky), snadná změna vstupních údajů a neztratíme příliš mnoho času i různými speciálními případy. Jednoduše také grafy mezi sebou kvantitativně srovnáme.



Videoukázka z CD *Jak věci pracují* [9]

Na některé pokusy nemáme pomůcky, nebo je lze provádět ve školních podmínkách jen velmi obtížně. Někdy je potřeba zatemnění místnosti, např. při optice. Menším zlem, než pokusy vyložit pouze teoreticky, je využít apletů, animací nebo videoukázek z výukových CD. Jejich výhodou oproti klasickým videokazetám je skutečnost, že nemusíme složitě vyhledávat ten který úsek filmu, na CD si snadno vybereme, co potřebujeme. Jak již bylo řečeno, v apletech se ale často vyskytují chyby, někdy bývají zavádějící, mohou ukázat nečekané situace. Například v apletu na znázornění zobrazení dutým zrcadlem [5] se projeví „zrádnost“ zobrazovací rovnice – význačné paprsky se neprotínají v jednom bodě. Avšak pokud si tyto nedostatky uvědomíme, můžeme je naopak využít jako problémové úlohy.



Ve výuce můžeme vhodně použít i tzv. freeware – volně stažitelné programy z internetu. Program *Harmonický syntezátor* [6]

Další využití bych viděl v počítačových modelech reálných situací, které nelze pokusem předvést. Mezi ně patří např. modely atomů, jaderného štěpení, modely elektráren, modely pohybu atomů, Brownova pohybu apod.

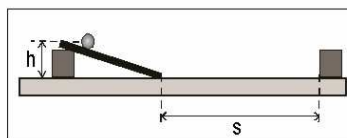
Je-li vyučující zvyklý promítat poznámky na fóliích na meotaru (a pak je nechat žáky opsat), je výhodné zpracovat je na počítači a pomocí dataprojektoru zobrazit na stěnu. Poznámky lze zpracovat v libovolném textovém editoru (Word), ale nejvhodnější je asi program PowerPoint viz obr. (podrobněji v části 2).

Velmi výhodně lze použít počítač při pokusech se zvukem nebo s elektrickým proudem. Počítač nám slouží jako generátor zvuku, zdroj napětí, osciloskop, měřicí přístroj. Například si z internetu „stáhneme“ program *Harmonický syntezátor* [6]. Pomocí tohoto programu měníme frekvenci harmonických tónů (žá-

ci uslyší změnu z reproduktoru a uvidí, jak se mění graf), lze přidávat vyšší harmonické tóny, měnit hlasitost zvuku (na střední škole ukážeme, že lidské ucho nerozezná fázové posuny). Vše je vidět na obrázku.

c) Využití počítače pro měření při laboratorních úlohách z fyziky a jejich zpracování

Využíváme-li počítač při měření, lze dosáhnout přesnějších výsledků než klasicky. Jako výstup měření dostaneme rovnou grafy závislosti fyzikálních veličin. Zejména na středních školách se uplatní souprava Ises (podrobněji viz v části 3 – fyzikální měřicí soupravy). Můžeme však využít různé volné programy (většinou jednoúčelové) stažené z internetu (v akustice např. osciloskopy Freq nebo Winscope [5]).



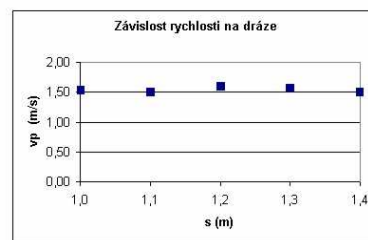
Postup:

Kuličku uvolníme z nejvyššího bodu nakloněné roviny z výšky h a měříme dobu t potřebnou k uražení dráhy s předem stanovené trajektorii délky s (1 až 1,4 metru). Ze známé hodnoty dráhy s a doby pohybu t po této dráze určíme průměrnou rychlost. Podle výsledků rozhodnete o jaký druh pohybu se jedná. Výsledky zanepte do tabulky a grafu a určete aritmetický průměr rychlosti.

Číslo měření	s (m)	t (s)	v_a (m/s)
1	1,0	0,65	1,54
2	1,1	0,73	1,51
3	1,2	0,75	1,60
4	1,3	0,83	1,57
5	1,4	0,93	1,51
		Průměr:	1,54

Závěr:

Z hodnot tabulky i z grafu je zřejmé, že po dráze s se kulička pohybovala rovnoměrným pohybem průměrnou rychlostí 1,54 m/s.



Ukázka z laboratorní práce

Při zpracování úloh pak využijeme textový editor Word a tabulkový editor Excel – viz obrázek.

d) Využití počítače při opakování a klasifikaci ve škole

V opakování bych zařadil počítač více než při výkladu. Je výhodné, máme-li k dispozici celou počítačovou učebnu. Můžeme zkoušet a zbytek studentů dostane za úkol na některém výukovém CD projít a zopakovat probranou kapitolu a vyzkoušet si závěrečný test. Testové otázky na výukových CD jsou bohužel poměrně jednotvárné, spektrum otázek bývá úzké a není to tedy příliš zábavné. Také zde chybí kontakt učitele a žáka. Nicméně důležitost testových otázek roste zejména se vstupem na střední školu a s přípravou na přijímací zkoušky.

Pro klasifikaci nejsou mně známa CD upravená, učitel většinou těžko ověří, zda daný test, který se nepovedl, nepustili žáci znovu. Na některých CD se dají odpovědi bez problémů měnit, což znesnadňuje kontrolu vyučujícím. Navíc je zde již zmíněný okruh otázek dostupných programů.

Jistou možností je např. tvorba vlastních programů, které můžeme upravit pro klasifikaci. To se ale týká pouze pokročilejších uživatelů (např. i ve Wordu pomocí tzv. maker lze vytvářet vlastní testy). Musím se ale přiznat, že jsem tomu nějak nepřišel na chuť. Umím si to ještě tak představit u převodů jednotek, u fyzikálních jednotek a veličin a podobných kapitol. Větší využití počítačových testů spatřuji v domácí přípravě žáků.

e) Další využití

Pro domácí přípravu může žák využít výuková CD (doplňené testy viz část d), hry s fyzikální tematikou, výukové programy a aplety na internetu apod. Internet využije i pro získávání informací na referáty a seminární práce ...

Napadají mne ještě další možnosti využití – např. pomocí počítače můžeme zpřístupnit příklady na síti školy nebo internetu, tvorba WWW-stránek a apletů s fyzikálním (technickým) obsahem, hry s fyzikálním obsahem, zaměstnání velmi nadaného studenta ve třídě, doplnění učiva po nemoci, ... **Závěr** **

** Poznámka: V příspěvku jsou použity materiály z knihy *Využití počítačů ve vyučování přírodovědných předmětů*, Nakladatelství Fraus 2005.

Počítačové informační technologie samozřejmě nejsou spásonosné, špatnou výuku nezachráníme tím, že pustíme žákům i výborné výukové CD. Ale v dobré výuce existují oblasti fyziky, které si již dnes bez použití počítače nelze představit. Zájemce o bližší seznámení s touto problematikou si dovoluji odkázat na knihu *Využití počítačů ve vyučování přírodních předmětů* [2] a na vznikající internetové stránky o využití počítačů ve fyzice [5].

Použité zdroje

- [1] *Edison* (CD); Terasoft 2003.
- [2] Hosnedl J., Kubeš J., Novotná M., Zdráhalová M.: *Využití počítačů ve vyučování přírodních předmětů*, FRAUS, Plzeň 2005.
- [3] <<http://ises.info>> *Souprava Ises* (česky).
- [4] <<http://www.fyzweb.cuni.cz/index.php>> *Fyzweb* (česky).
- [5] <<http://www.gymik.inplus.cz/www/fyzika/vt>> *Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. – Využití počítačů ve fyzice* (česky).
- [6] <<http://www.pef.zcu.cz/pef/kof/>> *Katedra obecné fyziky PF ZČU Plzeň – Školská fyzika* (česky).
- [7] *Fyzika 1* (3 CD); LANGMaster International s.r.o. 2002.
- [8] *Fyzika 2* (3 CD); LANGMaster International s.r.o. 2003.
- [9] *Jak věci pracují* (CD); BSP multimédia 1997.
- [10] *Physikus* (CD); Media Trade 2003.
- [11] *Prozkoumej tajemství techniky* (CD); Studio počítačové grafiky 2001.
- [12] *Všeobecný přehled (Celá rodina milionářem)* (CD); Terasoft 2001.
- [13] *Zebra pro školy – fyzika* (CD); Zebra systems s.r.o. 1993.

Interaktivní tabule a její využití v hodinách fyziky

Lukáš Jánský, Základní škola, Mateřská škola a Speciální mateřská škola v Kladně*

Asi se všichni shodneme na tom, že zájem o fyziku v dnešní době stále klesá. Jedním ze způsobů, jak zvýšit její atraktivitu, je použití moderních prostředků. Interaktivní tabule je jeden z nich. Pomocí notebooku a dataprojektoru je vysílán signál na projekční plátno tabule a to nám umožní prstem či příslušnými pomůckami ovládat promítaný obraz. Tabule má svůj vlastní software, který lze využít nejen při výkladu a opakování, ale např. i zkoušení či laboratorních pracích. S používáním této moderní didaktické pomůcky mají zkušenosti žáci a učitelé na Základní škole, Mateřské škole a Speciální mateřské škole v Kladně a lze říci, že se v praxi výborně osvědčila a dokonce předčila všechna očekávání.

* lukasjansky@seznam.cz

Jakou mají studenti gymnázia představu o některých jevech a pojmech molekulové fyziky a termiky

Tomáš Kekule*, Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

1. Úvodem

V poslední době se intenzivně diskutuje o cílech vzdělávání, stanovují se klíčové kompetence, debatuje se o úrovni vědomostí a dovedností, které by si měli studenti osvojit. Na jedné straně je samozřejmě důležité stanovit konkrétní cíle a úroveň vzdělávání, na straně druhé je však také nutné mít možnost ověřovat a kontrolovat dosažení těchto cílů. To by se mělo dít velmi pečlivě již teď na pilotních školách ověřujících pilotní verzi Rámcového vzdělávacího programu [1] (dále jen RVP), neboť reálné možnosti naplnění těchto cílů by se později měly odrazit v dalších úpravách RVP. S tím související skutečností je hodnocení výkonů studentů při ověřování jejich dovedností. Je tedy nanejvýš vhodné zabývat se nejen cíli a požadavky, které budeme na studenty klást, ale i vyvíjet kontrolní a hodnotící nástroje, uplatňovat je v praxi a vyvozovat z nich závěry pro další vylepšování systému vzdělávání.

Je asi nesporné, že s cíli vymezenými RVP by měly být v souladu požadavky kladené na studenty připravovanou státní maturitní zkouškou. Tyto specifické cíle jsou vymezeny ve stále platném Katalogu pro společnou část maturitní zkoušky v roce 2004 [2] (dále jen Katalog) z roku 2000.

Jak se vyrovnávají současní studenti gymnázií se splňováním některých z těchto cílů, jsem zkoumal v rámci své diplomové a nyní doktorské práce. Konkrétně jsem se zaměřil na tematický celek „Molekulová fyzika a termika“. Ověřování splnění těchto požadavků bylo provedeno pomocí didaktických testů na vzorku přibližně 200 studentů druhých ročníků gymnázií z Prahy a Středočeského kraje. V následujících řádcích bych rád ukázal výsledky studentů při řešení některých úloh.

2. Aplikace kinetické teorie látek

RVP uvádí očekávaný výstup „žák využívá základní principy kinetické teorie látek pro objasnění vlastností látek různých skupenství a procesů v nich probíhajících“. Podobně Katalog požaduje po studentech „vysvětlit pomocí kinetické teorie látek stejné a rozdílné vlastnosti pevných látek, kapalin a plynů“. Několik úloh mého výzkumu se týkalo této dovednosti, dvě z nich zde uvádím.

1. Rozhodněte, které z následujících tvrzení odporuje kinetické teorii látek.

- Difúze svědčí o tepelném pohybu částic v tekutinách.
- Tepelný pohyb částic nastává v kapalných a plynných látkách, v pevných látkách nikoli.
- Velikosti rychlostí pohybujících se částic látky závisejí na teplotě této látky.
- Částice na sebe navzájem působí silami. Tyto síly jsou při malých vzájemných vzdálenostech částic odpudivé, při větších vzájemných vzdálenostech přitažlivé.

Správnou odpověď b) zvolila nadpoloviční většina studentů, konkrétně 58 %. Distraktory a), c) a d) však byly také poměrně atraktivní, odpověď a) měla četnost 12 %, odpověď c) 19 % a odpověď d) 11 %. Skutečnost, že 42 % studentů vybralo jinou odpověď než správnou, tedy že přijali tvrzení o neexistenci tepelného pohybu částic v pevných látkách, může svědčit o

* tomas.kekule@email.cz

tom, že mnoho studentů vnímá strukturu pevných látek jako ještě více odlišnou od struktury kapalin a plynů, než ve skutečnosti je. Toto vnímání pevného skupenství látek se projevilo i v následující úloze o difúzi.

2. *Difúze probíhá:*

- a) v plynech za každé teploty, v kapalinách pouze za vyšších teplot, v pevných látkách neprobíhá
- b) pouze v kapalinách, v plynech a v pevných látkách neprobíhá
- c) v plynech a v kapalinách, v pevných látkách neprobíhá
- d) v plynech, kapalinách i pevných látkách

To, že difúze probíhá nejen v tekutinách ale i v pevných látkách, tedy odpověď d), uvedlo jen 32 % studentů. Vysokou četnost měly distraktory a) (25 %) a c) (36 %), které oba popírají difúzi v pevných látkách, ale neprotestují proti difúzi v kapalinách a plynech. Patrně nejlepší představu mají studenti o existenci jevu difúze v plynech, alternativu b) zvolilo pouze 7 % z nich.

3. Aplikace prvního a druhého termodynamického zákona

Dalším výstupem požadovaným RVP je skutečnost, že „žák aplikuje s porozuměním termodynamické zákony při řešení konkrétních fyzikálních úloh“. Zde je třeba poznamenat, že Katalog výslovně neuvádí požadavek znalosti nebo aplikace prvního termodynamického zákona, požaduje „řešit jednoduché úlohy na změnu vnitřní energie soustavy konáním práce a tepelnou výměnou“. Druhý termodynamický zákon v Katalogu výslovně uveden je, a to specifickým cílem „žák dovede rozhodnout, které děje jsou možné a které nemožné podle druhého termodynamického zákona“.

Termodynamických zákonů se týkaly následující dvě úlohy.

3. *V nádobě s pohyblivým pístem je uzavřen plyn. Rozhodněte, který z následujících dějů není možný.*

- a) Zajistíme konstantní objem nádoby a zahříváme plyn. Jeho vnitřní energie vzrůstá.
- b) Plyn se rozpíná, tím posunuje pístem a zároveň plyn odevzdává teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.
- c) Zahříváme plyn, ten se rozpíná a posunuje pístem. Vnitřní energie plynu se nemění.
- d) Pístem stlačujeme plyn a zároveň mu odebíráme teplo. Vnitřní energie plynu se nemění.

Tuto úlohu uměla správně vyřešit necelá polovina studentů – alternativu b) uvedlo 45 % testovaných. Distraktory c) a d) měly srovnatelnou četnost (po řadě 20 % a 24 %), distraktor a) byl nejméně atraktivní pro 11 % studentů. Nadpoloviční většina studentů tedy bohužel nedokázala aplikovat první termodynamický zákon v této jednoduché situaci.

Následující úloha se týkala použití druhého termodynamického zákona.

4. *Rozhodněte, který z následujících tepelných strojů nemůže pracovat periodicky.*

- a) Stroj, který konáním práce odebírá teplo chladiči a předává ho ohříváči.
- b) Stroj, který přijímá teplo Q od ohříváče, koná práci $W < Q$ a teplo $Q - W$ předává chladiči.
- c) Stroj, který přijímá teplo Q od ohříváče a koná stejně velkou práci W .
- d) Stroj, který konáním práce odebírá teplo z teplejšího prostředí a všechno toto teplo předává do prostředí chladnějšího.

Tato úloha měla větší úspěšnost než úloha na první termodynamický zákon, správnou alternativu c) zvolilo 55 % studentů. Distraktory a), b) a d) měly po řadě četnosti 11 %, 22 % a 12 %.

Domnívám se však, že větší úspěšnost této úlohy než úlohy předchozí je způsobena spíše uvedením typičtější („učebnicové“) situace, než tím, že by studenti dokázali druhý termodynamický zákon aplikovat lépe než první.

4. Stavová rovnice ideálního plynu

„Žák využívá stavovou rovnici ideálního plynu při řešení problémů spojených s jeho stavovými změnami“ je dalším výstupem dle RVP. Katalog požaduje stejnou dovednost („Žák dovede řešit jednoduché úlohy na změnu stavu ideálního plynu pomocí stavové rovnice (vypočítat látkové množství, hmotnost, objem, hustotu, tlak a termodynamickou teplotu tohoto plynu“).

Stavovou rovnici ideálního plynu většina studentů znala a uměla ji použít, objevovaly se však typické chyby, jako záměna molární hmotnosti za relativní molekulovou hmotnost a dosazování teploty ve °C namísto termodynamické teploty. Toto se projevilo v následujících úlohách.

5. V nádobě o objemu 10 litrů je dusík N_2 o hmotnosti 28 g a teplotě 27 °C. Jaký je jeho tlak? Dusík považujte za ideální plyn.

- a) $2,5 \cdot 10^5$ Pa b) $2,2 \cdot 10^4$ Pa c) 249 Pa d) 22 Pa

Úlohu bylo třeba řešit početně, což se projevilo v počtu chybějících odpovědí – 29 % studentů úlohu vynechalo. Ke správné odpovědi a) se dobralo 38 % studentů. 24 % studentů zvolilo distraktor c), který odpovídá záměně molární hmotnosti N_2 za relativní molekulovou hmotnost N_2 . V tomto případě poměrně málo studentů zaměnilo termodynamickou teplotu za Celsiovu (distraktor b) – četnost 7 %) a ještě méně studentů se dopustilo obou chyb současně – distraktor d) zvolila 2 % studentů. Mnohem výrazněji se chyba spočívající v záměně termodynamické teploty za Celsiovu projevila v úloze 6.

6. Při jaké teplotě ve °C bude mít ideální plyn dvojnásobný objem, než má při teplotě 20 °C, probíhá-li tato změna izobaricky?

- a) 313 °C b) 40 °C c) 10 °C d) –127 °C

Distraktor b) odpovídající výše uvedené chybě zvolilo 41 % studentů, zatímco správnou odpověď a) 25 % studentů. Četnost vynechaných odpovědí byla nižší než u předchozí úlohy – 10 %.

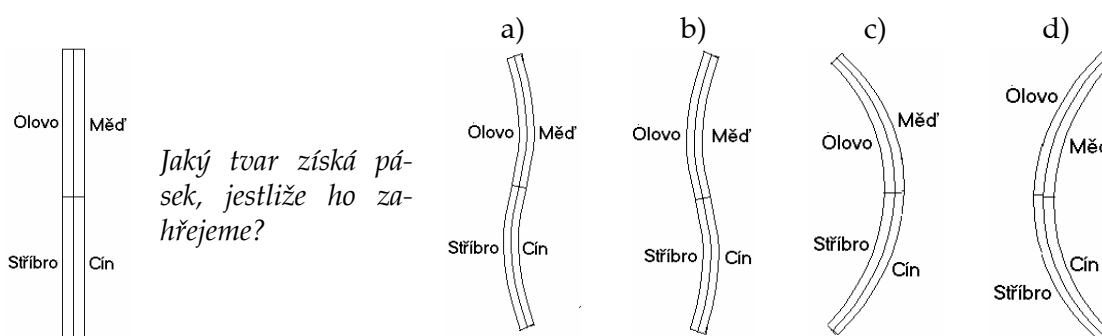
5. Teplotní roztažnost

Fyzikálního jevu teplotní roztažnosti se v RVP týká očekávaný výstup „žák využívá zákonitosti o teplotní roztažnosti pevných těles a kapalin pro řešení praktických problémů“. V Katalogu se tohoto tématu týká více specifických cílů, ten nejjobecnější požaduje po žákovi „řešit úlohy na délkovou a objemovou teplotní roztažnost“. Uvedu zde dvě úlohy. K řešení těchto úloh měli studenti k dispozici fyzikální tabulky.

7. Čtyři stejné nádoby jsou při teplotě 20 °C naplněny těsně pod okraj kyselinou dusičnou, petrolejem, kyselinou sírovou a vodou. Všechny nádoby začneme zahřívat tak, že v každém okamžiku mají všechny kapaliny stejnou teplotu. Ze které nádoby vyteče nejvíce příslušné kapaliny?

- a) z nádoby s kyselinou dusičnou
b) z nádoby s petrolejem
c) z nádoby s kyselinou sírovou
d) z nádoby s vodou

8. Na obrázku je pásek složený ze čtyř kovů – olova, mědi, stříbra a cínu (viz obrázek).



V úloze 7 šlo pouze o nalezení součinitelů teplotní objemové roztažnosti příslušných kapalin v tabulkách a uvědomění si, že kapalina s větším součinitelem zvětší objem více. Toto zvládlo 75 % studentů, kteří zvolili správnou variantu a). Úloha se tedy jeví poměrně snadná.

Úloha 8 byla o něco náročnější. Studenti měli prokázat analogickou dovednost (nalezení součinitele teplotní délkové roztažnosti), ale ještě navíc si uvědomit tvar pásku po deformaci. To, že úloha byla náročnější, se projevilo v úspěšnosti řešení, která činila 52 %.

K vyřešení obou těchto úloh je třeba vyhledat některé údaje v tabulkách, v zadání jsou záměrně neuvedené. Katalog totiž také požaduje „rozhodnout, které informace jsou potřebné k vyřešení dané úlohy nebo problému a tyto informace vyhledat v odborné literatuře (zejména v matematických a fyzikálních tabulkách)“. Student by tedy měl být schopen rozhodnout, co má hledat a kde to má hledat. Zvláště z výsledku úlohy 7 lze soudit, že většina studentů neměla s hledáním údajů v tabulkách větší problémy.

6. Závěr

Ověřování a hodnocení vědomostí a dovedností studentů je nedílnou součástí výuky. Tato zpětná vazba by nám měla poskytnout informace o tom, jak je naše výuka účinná a jak studenti dokážou splnit požadavky, které na ně klademe. Ve své práci jsem se zaměřil na ověřování vybraných vědomostí a dovedností studentů, které po nich požaduje Rámcový vzdělávací program a Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky. Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto příspěvku jsem uvedl pouze výběr několika úloh a úspěšnosti studentů při jejich řešení, která jsou uvedena výše. Je vidět, že řešení fyzikálních problémů na této úrovni činí studentům potíže, všechny úlohy (kromě úlohy 7) dokázala vyřešit maximálně mírně nadpoloviční většina studentů, většinu úloh (i zde neuvedených) spíše méně. Nyní je třeba zamyslet se nad příčinami tohoto stavu. Jsou toto přehnané požadavky na studenty gymnázia?

Závěrem je třeba poděkovat všem učitelům, kteří se ochotně účastnili ověřování testů a věnovali tomu svůj čas i energii.

Literatura

- [1] Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání, pilotní verze. VÚP, Praha 2004.
- [2] Katalog požadavků ke společné části maturitní zkoušky v roce 2004 – fyzika. ÚIV, Praha 2000.

Projekt Heuréka pro současné i budoucí učitele

Irena Koudelková*, Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha 2;
ZŠ Červený Vrch, Praha 6

Úvod

Ve svém příspěvku bych ráda ukázala, jak se snažíme rozvíjet kompetence žáků v projektu Heuréka. Stejným způsobem jako žáci a studenti pracují na seminářích projektu také učitelé fyziky a studenti učitelství fyziky. O samotném projektu se zmíním jen stručně, neboť jsme o jeho základních myšlenkách referovali již na mnoha konferencích. Zde bych se ráda věnovala spíše konkrétnímu příkladu.

Základní informace o projektu Heuréka

V projektu Heuréka se snažíme učit fyziku tak, aby si děti pokud možno co nejvíce fyzikálních poznatků vymyslely a „objevily“ samy na základě experimentů, problémů, otázek atd. Učitel žákům látku nevykládá, ale vede je k aktivní práci, k formulaci hypotéz, jejich obhajování a ověřování. Výrazným způsobem se přitom mění atmosféra ve třídě, děti se nebojí diskutovat, předkládat své nápady, navrhopvat řešení problémů. Tento způsob výuky se však učitel nemůže naučit sám studiem příruček či metodických materiálů. Pro zájemce o Heuréku tedy již od počátků projektu (zhruba od roku 1991) pořádáme víkendové semináře.

Podrobnější informace o projektu, ukázky prací žáků, ukázky metodických materiálů i foto-reportáže ze seminářů najdete na webové stránce <http://kdf.mff.cuni.cz/Heureka>.

Uvedení do situace

Na začátku tematického celku Elektrické obvody (v šesté, případně v osmé třídě základní školy, na seminářích Heuréky pro učitele ze škol i na seminářích pro současné studenty učitelství fyziky) zadávám účastníkům následující úkoly (*metodické poznámky budou psány kurzívou*):

- Rozsviďte žárovku pomocí ploché baterie (nic jiného k dispozici nemáte). *Tato jednoduchá úloha činí občas problémy nejen dětem, ale i studentům učitelství. Mnozí se totiž ve školách setkávali s elektrickými obvody pouze teoreticky, nezapojovali je.*
- Zapojte žárovku tak, aby svítila přes co nejvíc věcí najednou. *Žáci pracují ve dvojicích, mohou použít věci, které mají u sebe, nedostanou žádné vodiče apod. od učitele. Učitel kontroluje, zda žárovka skutečně svítí, a píše na tabuli průběžné rekordy třídy. Děti běžně zoládají rozsvítit žárovku přes třicet věcí (mince, klíče, nůžky atd.). Pak si děti zapíší závěry, ke kterým během experimentu dospěly (nutnost funkční baterie a žárovky, všechny věci musí být vodičové a musí se dotýkat, žárovka i baterie mají dva „konce“, které musí být propojeny.) Poslední uvedený závěr vůbec není triviální, neboť pravidelně se stává, že někdo utvoří obvod z mincí a na ně shora postaví žárovku a diví se, že žárovka nesvítí.*

Po těchto úvodních úlohách učitel žákům řekne, že se pro kreslení elektrických obvodů používají schematické značky a nakreslí schéma jednoduchého elektrického obvodu.

* irena.koudelkova@mff.cuni.cz

Problém k řešení

Po výše uvedených úlohách předloží učitel žákům následující problém.

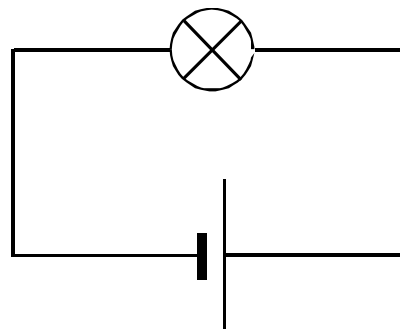
Zadání úlohy:

Máme základní elektrický obvod:

Tento obvod by mohl fungovat dvěma různými způsoby, mohli bychom si vytvořit dva různé modely:

1. model (model svářečské soupravy)

Může to být tak, že z baterie jdou z jedné strany „plusy“, z druhé strany „mínusy“ a tam, kde se setkají, svítí žárovka. Je to stejné jako u sváření, kde jde z jedné bomby kyslík, z druhé bomby acetylén, tam, kde se setkají, hoří plamen.



2. model (vodní)

Může to být také tak, že baterka nutí něco v drátech „běhat dokola“, když to prochází žárovkou, tak ji to rozsvítí. To by bylo stejné, jako když máme čerpadlo, které pohání vodu v trubkách. Vodu přivedeme k vodnímu kolu, které se roztočí. Vodu pak odvedeme zpět do čerpadla.

Navrhněte experiment, kterým rozlišíte, jestli se elektrický obvod chová jako svářečská souprava nebo jako „vodní“ obvod.

Předtím, než žáci začnou úlohu řešit, je zajímavé se jich zeptat, kdo si myslí, že je správně první model a kdo si myslí, že je správně druhý model. Učitel výsledky tohoto „hlasování“ nekomentuje a nechá děti hledat řešení problému.

Pokud vám nyní připadá, že tuto úlohu nemá smysl řešit, protože přece každý ví, jak to je správně, zeptejte se prosím svých žáků. Podle mých dlouhodobých zkušeností zhruba dvě třetiny žáků osmých tříd a téměř všichni žáci šestých tříd mají představu, že správný je první model.

Důležitá poznámka určená čtenáři tohoto článku:

Vážený kolego,

pokud jste se nezúčastnil sekce, na které jsme tuto úlohu řešili, prosím Vás, abyste dál nečetl, vzal si tužku a papír a pokusil se úlohu vyřešit sám. Pokud to neuděláte a přečtete si řešení, které je uvedeno dále, připravíte se o radost z vlastního objevu a budete také hůře rozumět komentářům, které budou na úlohu navazovat.

Řešení úlohy:

Při řešení úlohy pracují žáci samostatně, nediskutují o svých návrzích se spolužáky, aby si cestou objevování prošel každý sám. Žáci často tápou, navrhnou experimenty, které o správnosti modelu nerozhodnou (např. připojit žárovku jen k jednomu pólu baterie apod.). Úlohou učitele je procházet po třídě, sledovat práci žáků, pomáhat jim porozumět případným nedostatkům návrhů a přitom je povzbuzovat k dalšímu hledání.

V běžné třídě již během 5–10 minut několik žáků najde alespoň jedno správné řešení. Znovu upozorňuji, že správnost řešení úlohy není v tom, že žák správně popisuje, jaký model elektrického obvodu odpovídá realitě, ale v tom, že navrhne experiment, který teprve o správnosti modelu rozhodne.

Žáci, kteří našli jedno řešení úlohy, mohou hledat další, principiálně odlišné řešení problému. Dle svých cílů a časových možností pak učitel rozhodne o ukončení bádání, nechá některé žáky nakreslit na tabuli schéma řešení a vysvětlit ho ostatním. Nakonec pak žáci zapojí elektrické obvody (buď ve skupinách v lavicích nebo někdo z žáků na katedře), a tím teprve každý ověří svoji hypotézu.

Jsou dva základní experimenty, které pomohou rozhodnout o správnosti nebo nesprávnosti daných modelů. První experiment spočívá v tom, že do obvodu zapojíme dvě žárovky sériově. Pokud by byl správný první model, nemohly by svítit obě žárovky současně (není možné svařovat na dvou místech). Vodní model tomuto experimentu vyhovuje.

Ve druhém experimentu se zapojí žárovka k plus pólu jedné baterie a k mínus pólu jiné baterie, baterie spolu spojeny nejsou. Pokud by byl správný model sváření, žárovka by svítila. Žáci však při realizaci svého návrhu (často s velkým překvapením) zjistí, že žárovka nesvítí, tedy tento model neodpovídá skutečnosti, vodní model opět vyhovuje.

Pochvalu učitele si zaslouží všichni žáci, kteří k některému návrhu experimentu došli, neboť bez ohledu na to, jaká byla jejich původní hypotéza, zda správná nebo nesprávná, experimentem se o její pravdivosti přesvědčili.

Děti tedy společně s učitelem udělají závěr, že pro elektrický obvod je možné jako model používat „vodní obvod“. Při další výuce je pak tento model využíván, děti poznávají užitečnost, ale i omezení modelu, chápou, že model není totéž jako skutečnost, ke které je vytvořen atd.

Rozbor úlohy z hlediska rozvoje kompetencí žáků

Pokusím se teď porovnat výše uvedenou činnost žáků s klíčovými kompetencemi, popsanými v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání.

Rozebereme-li detailně, co všechno žáci při úspěšném řešení museli dělat, dospějeme zhruba k těmto výsledkům:

Pro přehlednost jsem porovnání napsala do tabulky, ve které v prvním sloupci je uvedeno, jakou znalost či dovednost žáci při řešení úlohy prokazovali, ve druhém sloupci je ocitována část z některé kompetence z RVP, ve třetím sloupci je název kompetence, které se to týká.

Žáci při řešení úlohy museli:	Citace z RVP (žák...)	Kompetence
Porozumět symbolům ve schématu elektrického obvodu	operuje s obecně užívanými termíny, znaky a symboly	K učení
Porozumět předloženým modelům, analyzovat jejich podstatné znaky	rozpozná a pochopí problém, nachází shodné, podobné a odlišné znaky (informací)	K řešení problémů
Formulovat vlastní hypotézu k předloženému problému	přemýšlí o nesrovnalostech a jejich příčinách	K řešení problémů
Navrhnout experiment, kterým ověří nebo vyvrátí svou hypotézu, mnozí žáci přitom k řešení dospívali postupně, v několika krocích	samostatně řeší problémy; volí vhodné způsoby řešení; užívá při řešení problémů logické (...) postupy využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému	K řešení problémů

Vysvětlit své řešení učiteli a pak případně i spolužákům, obhájit ho a zdůvodnit jeho správnost	formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu, naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje	Komunikativní
Provést experiment, zapojit součástky dle navrženého schématu	ověřuje prakticky správnost řešení problémů používá bezpečně a účinně materiály, nástroje a vybavení	K řešení problémů Pracovní
Porovnat své vlastní předchozí představy a hypotézy se skutečností, případně je i opravit, pokud byly nesprávné	posoudí vlastní pokrok a určí překážky či problémy bránící učení	K učení
Poznávat jiné způsoby učení, než pomocí sdělování poznatků či vyhledávání informací	poznává smysl a cíl učení	K učení
Vnímat a posoudit své schopnosti při řešení problému, v případě nalezení správného řešení mohli žáci prožít pocit úspěchu	sleduje vlastní pokrok při zdolávání problémů vytváří si pozitivní představu o sobě samém, která podporuje jeho sebe-důvěru a samostatný rozvoj	K řešení problémů Sociální a personální

Závěr

Je možné, že Vám teď připadá celá tabulka jako zcela vykonstruovaná, nesmyslná. Pokud jste si však řešení problému opravdu sami vyzkoušeli, pravděpodobně jste prošli všemi fázemi řešení, které jsou uvedeny v levém sloupci. Příslušné kompetence jsem do tabulky připsala proto, abychom si všichni uvědomili, že nemá smysl přemýšlet, jak k svému klasickému výkladu formálně doplnit plnění jakýchsi „shora přikázaných“ kompetencí. Je třeba spíše uvažovat o tom, jak předat dětem požadované poznatky a současně je přitom vést k lepšímu porozumění sobě, lidem kolem sebe i světu okolo.

Jednou z cest k tomuto cíli je snad i projekt Heuréka. Máte-li zájem se o našich metodách dozvědět víc, případně se i k projektu připojit, ozvěte se, budete vítáni.

Literatura:

[1] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. VÚP, Praha 2004.

[2] <http://kdf.mff.cuni.cz/Heureka>.

Zdroje nedorozumění ve výkladu kvantové mechaniky

Jiří Králík*, Ústav přírodních věd Univerzity J. E. Purkyně, Ústí nad Labem

Když jsem přemýšlel nad názvem svého příspěvku, chtěl jsem, aby byl výstižný. Po chvíli mi vyšla příšernost:

Některé zdroje možných nedorozumění při výuce a studiu úvodních partií kvantové teorie.

S těžkým srdcem jsem se nakonec pro přehlednost rozloučil s několika slovy, nicméně poté, co jsem v cirkuláři shlédl názvy ostatních příspěvků k této konferenci, již nepovažuji svůj původní název za střelu úplně mimo.☺

Proč tento příspěvek

Přestože jsem byl kvantovou fyzikou uchváten již jako student (učitelství SŠ), měl jsem přes své nadšení se studiem kvantové teorie potíže (zejména nematematického charakteru). Často jsem měl jen zvláštní pocit, že je ve výkladu něco divného, a přitom jsem přesně nevěděl, co to je. Poznání této disciplíny ke mně přicházelo (a stále přichází) ve vlnách – chvíli jsem si myslel, že něco chápu, po bližším zkoumání opět ne atd. Jistě, mnoho vln jsem musel překonat prostě jen proto, že nejsem génius, několik vln jistě způsobily představy o kvantové teorii, vybudované na základě čtení populární literatury všeho druhu (měl jsem „kvantové prekoncepce“☺), ale při zpětném pohledu již vím, že některé vlny poznání-nepoznání byly způsobeny také vysokoškolským výkladem (výslovně upozorňuji, že zde nechci kritizovat svého učitele kvantové mechaniky). V příspěvku by jsem se rád zmínil o některých více či méně drobných nekonzistencích, které jsem já nebo jiní ve vysokoškolských textech (zejména na těch určených neodborným, resp. neteoretickým fyzikům) objevili.

Tento příspěvek by tedy měl být upozorněním na některá úskalí postupů ve výkladu kvantové teorie. Nemohu zde oslňovat bohatými zkušenostmi s vlastní výukou kvantové teorie, takže spíše půjde o několik postřehů z mých studentských zkušeností (QT střídavě studuji dosud ☺). Pro ty, kteří mají rádi kategorie, je tento příspěvek věnován oboru „didaktika kvantové teorie“, nebo kratší a lépe znějící (i když poněkud zavádějící) „kvantová didaktika“☺.

Dopad výsledků zkoumání „kvantově-didaktických otázek“ vidím zejména ve výuce studentů učitelství fyziky (ale samozřejmě doufám, že se využití najde i u ostatních „kvantových studujících“). Budoucí učitelé, na rozdíl od profesionálních fyziků, nebudou QM aktivně používat k řešení konkrétních problémů, proto je možno věnovat podstatně méně času praktickým metodám řešení (operační úroveň), na druhou stranu je dle mého názoru o to více důležité, zabývat se širším významem kvantové teorie (tím mám na mysli její uvádění do historického i filosofického kontextu).¹ Problém je v tom, že správné pochopení historického i filosofického kon-

* kralik@pf.ujep.cz

¹ Pokud jde o filosofický kontext, myslím, že není dobré rozebírat podrobnosti nestandardních interpretací kvantové teorie typu teorie mnoha světů či teorie skrytých proměnných v průběhu jejího výkladu (nicméně je myslím poctivé přiznat, že kodaňský(?) pohled není jediný možný, ale až po zvládnutí standardního pohledu). Užší význam kvantové teorie, na kterém se shodnou téměř všichni, je dán spojením matematického aparátu a pozorovatelných výsledků (tj. tím, jakým způsobem se mají předvídat (vypočítat) výsledky měření) – zde sice nejsou problémy filosofického rázu, nicméně dle mého názoru učitel musí zaujmout nějaký postoj k tomu, co za tím vším vězí (už proto, že může učit studenty, kteří také čtou populární literaturu). Abych předešel dohadům, různí lidé, kteří významně přispěli ke vzniku a rozvoji kvantové teorie i jejích aplikací ji chápali poněkud odlišně, přesto jim to nezabraňovalo (alespoň v určitém období života) užít tuto konstrukci k velkým výsledkům – do jisté míry jsou tak důležité pouze základní matematické principy a jejich přímé spojení s experimentem. Nicméně k dalšímu

textu kvantové fyziky předpokládá jednotný (zpětný) úhel pohledu, jenže různých přístupů ke kvantové mechanice je pravděpodobně víc než kvantových fyziků [8]. Dle mého názoru je pro úvodní výklad nejlepší přístup z hlediska „nejfunkčnější filozofie vědy: pozitivistického přístupu“ [5]² – při tomto náhledu je tedy kvantová teorie pouze nástrojem k uspořádání lidských poznatků o přírodě, vytváří pouze *model* reality, přestože o realitě vypovídá, neměli bychom ji s ní zaměňovat (i když mnozí významní vědci si myslí, že je třeba ji brát *vážně*³).

Výše uvedený obecný přístup by měl být konkretizován ve výkladu mezi fyziky stále nejrozšířenější (i když ne jediné logicky uzavřené) *standardní* interpretace kvantové teorie. V tom je ovšem kámen úrazu – „Bohrův (=kodaňský) pohled na věc“ je sice mezi profesionálními fyziky oficiálně uznáván nejčastěji, ale „mezi věřícími“ existuje několik frakcí, které se ve výkladu více či méně odlišují (i nejbližší Bohrův zakladatel „ortodoxního kodaňského náboženství“ – Heisenberg – měl poněkud odlišné názory). Přestože se Bohr od pozitivizmu distancoval, jím navržená interpretace kvantové teorie pozitivistické rysy má – její logicky bezesporný výklad je veden v úzké souvislosti s měřením, kdy všechny jevy jsou vykládány v závislosti na experimentálním uspořádání a realita je redukována na „cosi“, co ovlivňuje výsledky měření. Vlnová funkce je pouze jakousi analogií klasického pravděpodobnostního (statistického) rozdělení, či jakousi matematickou pomůckou (nástrojem) pro výpočet pravděpodobností nejrůznějšího druhu a o mikroobjektech má smysl hovořit *pouze* v kontextu s měřicí aparaturou.

Dle mého názoru takový výklad kvantové teorie ztrácí do značné míry svou vysvětlovací schopnost (má jen popisnou) – aspiruje-li tato teorie na obecné vysvětlení fungování světa (dnes je aplikována na procesy odehrávající se v centrech hvězd, na rozpad nestabilních částic v mezigalaktickém prostoru a mnoho dalších situací, které mohou být stěží uvažovány v souvislosti s měřením), nelze ji formulovat pouze v tomto kontextu. Přestože byl učiněn při formulaci neopírající se o měření významný pokrok (viz např. [4]), aplikace těchto poznatků je zatím značně vzdálena od jejich konzistentního užití v úvodních výkladech. Proto se nakonec přikláním k názoru, že výběr výkladu „měřicí kvantové teorie“ je na úvodní seznámení se s předmětem zatím zřejmě nejlepší.

Při výkladu toho, co vlastně nějaká teorie představuje, je nutné zachovat konzistentní přístup – tj. není možné si představovat něco, co platí jen někdy a jindy používat (navíc bez varování) jiné náhledy – proto jsem si připravil radu☺: „*důsledně* do toho, jinak radši od toho“. Například stará Bohrova teorie atomu vodíku byla z velké části kritizována ne kvůli nesouhlasu s experimenty, ale proto, že obsahovala nesourodou kombinaci klasické fyziky a kvantových představ – byla nedůsledná v uplatňování jednotného náhledu. Podobně, uvažujeme-li např. o elektronu jako o kuličce, která není řízena Newtonovou pohybovou rovnicí, ale Schrödingerovou, dopouštíme se nekonzistence – Schrödingerovu rovnici můžeme použít, jen když elektron popisujeme vlnovou funkcí, podle standardní interpretace o něm

rozvoji této teorie je nutné ji chápat správně – vědět co „ve skutečnosti“ znamená. Proto stále má smysl se bavit o významu jednotlivých operací a přiřazení.

² Pro jasnost ocituji Hawkingovu pasáž celou ([5] str. 31): „Jakákoli dobrá vědecká teorie, ať už teorie vysvětlující čas nebo jakýkoli jiný pojem, by podle mého názoru měla být založena na nejfunkčnější filozofii vědy: pozitivistickém přístupu předloženém Karlem Popperem a dalšími. Podle tohoto způsobu uvažování je vědecká teorie matematickým modelem, který popisuje a třídí pozorování, která provádíme. Dobrá teorie bude popisovat široký rozsah jevů na základě několika jednoduchých postulátů a bude dávat jednoznačné předpovědi, které lze prověřit. Pokud předpovědi souhlasí s pozorováními, teorie tímto testem úspěšně projde, ačkoli nikdy nelze dokázat, že je správná. Na druhé straně jestliže pozorování nesouhlasí s předpověďmi, musí člověk teorii opustit, nebo pozměnit. ... Pokud člověk zaujme pozitivistické stanovisko stejně jako já, nemůže říct, co je ve skutečnosti čas. Vše, co může udělat, je popsat to, co bylo rozpoznáno jako velmi dobrý matematický model času, a říct, jaké předpovědi dává.“

³ Osobně si sice také myslím, že na tom něco je, ale pro výuku zastávám výše uvedený názor, už z toho důvodu, že dokud nebudeme mít teorii, která by si vynucovala sama sebe (teorii všeho), nebudeme mít jistotu, že jsme na správné cestě, proto je tento praktický přístup namístě.

nemůžeme říci nic jiného, než co vyplývá z této funkce. Představa neklasicky se pohybující kuličky je tedy v rozporu s touto interpretací fungování mikrosvěta. Je sice pravda, že nakonec můžeme objevit teorii, která bude představovat elektron jako kuličku a její vývody budou ve shodě s měřením, ale zatím nic takového konzistentního nemáme, proto se musíme držet toho co zatím nezklamalo, i když to je divné.⁴

Při výuce jakéhokoli předmětu by nemělo být jednoduše vykládáno pouze to, co je správné, ale také je důležité zdůraznění toho, co je nesprávné [10]. Studium nesprávných představ (\equiv miskoncepcí), které si studenti vytvářejí během každodenních pozorování svého okolí i během studia, je důležité jak pro didaktický či pedagogický výzkum, tak samozřejmě i pro učitele z praxe. Původ miskoncepcí⁵ v oblasti na první pohled tak vzdálené běžné zkušenosti musí vést někde v oblasti výuky. Níže uvedený (neúplný) soubor některých problematických bodů výuky kvantové teorie je příspěvkem k boji „za lepší chápání (mikro)světa“.

(1) Vlnově-částicový dualismus

Tento pojem má svou nespornou historickou hodnotu, nicméně v současné době (na současném stupni chápání kvantové teorie) je užívání tohoto pojmu trochu anachronismem (sám o sobě nic nevysvětluje) a nejspíš je i kontraproduktivní. Je sice pravda, že makroskopické bytosti jako my si musí ve své obrazotvornosti vypomáhat známými (klasickými) pojmy, takže například říkat, že v některých experimentech se mikroobjekty projevují *podobně* jako hmotné body známé z klasické fyziky a v některých *podobně* jako klasické vlnění, není chyba (pozor, není pravda, že neexistuje experiment, ve kterém se projevují oba tyto aspekty). Je ale důležité zdůraznit, že to je jen naše pomůcka vizualizace a že mikroobjekty se vždy přesně chovají jen jako mikroobjekty (nejsou ani jedním ani druhým), tj. místo aby chom přímo uznali, že mikroobjekty se nechovají žádným z klasicky známých způsobů (např. kameny, mraky, vzduch, bubliny), říkáme, že „elektron se chová zároveň jako částice a zároveň jako vlna“⁶ – je to tak trochu jako říkat o ptakopyskovi, že je to zároveň kachna a zároveň vydra.

Z výkladu vedeného pomocí vlnově-částicového dualismu přirozeně vyplývá otázka: „Co to tedy je, vlna nebo částice?“ O této otázce se říká, že nemá smysl, ale ona smysl má, je přirozené snažit se zařadit mikroobjekty do nějaké kategorie, se kterými už člověk má zkušenost. Ukazuje se však, že to nelze.

Navíc, jedná se o podivný „dualismus“ – vlnový a částicový charakter totiž nejsou u mikroobjektů rovnocenné, takže hovořit o dualismu je poněkud zavádějící. Současný fyzikální smysl pojmu vlnově-částicový dualismus (má-li cenu tento termín vůbec zavádět) leží v tom, že mikroobjekty registrujeme jako prostorově omezené objekty (klasické částice), ale distribuce rozdělení míst jejich dopadu do registračního zařízení odpovídá v některých případech intenzitě klasických vln (omezení viz (2) – kvantové vlnění není nějaký druh klasického vlnění).

Mimochodem, při výkladu tohoto pojmu je třeba si dát pozor na prohlášení typu „frekvence a vlnová délka jsou veličiny typické pro vlny, hybnost a energie jsou veličiny typické pro částice“ – vlny samozřejmě také přenášejí energii a hybnost.

(O tématu více v pěkné diplomové práci [12], velmi zajímavý náhled na výklad kvantové mechaniky je také v [11]).

⁴ Osobně si myslím, že by kvantové teorii (alespoň tak, jak ji předložili v Kodani) věřil málokdo, kdyby neprocházela zkouškami času tak bravurně, jak dosud činí.

⁵ Omlouvám se za používání tohoto nečeského slova, bohužel jednoduchý český ekvivalent „nesprávných představ“ neznám.

⁶ V jiné často užívané formulaci: „elektron se někdy chová jako vlna a někdy jako částice“ – jen elektron se chová vždy jako elektron.©

(2) Vlnová funkce a klasické vlnění

- a) Vlnová funkce není funkcí v normálním 3D-prostoru, ve skutečnosti je to (pro bezspinové částice) funkce v konfiguračním prostoru dimenze $3 \cdot N$, kde N je počet popisovaných částic. (Jen pro jednočásticové systémy je tento konfigurační prostor izomorfní s obyčejným 3D).⁷
- b) Jestliže dvě vlnové funkce $\psi(x)$ a $\varphi(x)$ jsou svými nenulovými násobky, mají přesně tentýž fyzikální význam – to je v přímém kontrastu k vlnám, které jsou známy z klasické fyziky (např. zvětšení amplitudy zvukové vlny faktorem 2 znamená, že vlna přenáší 4krát více energie, zatímco násobení kvantové vlnové funkce číslem 2 nechává její fyzikální význam nezměněn). Ale pozor, vlnová funkce v souřadnicové reprezentaci (amplituda hustoty pravděpodobnosti) je fyzikální veličina v tom smyslu, že má svou jednotku (v 3D-prostoru je to $\text{m}^{-\frac{3}{2}}$). Tato veličina ovšem není přímo pozorovatelná.
- c) Ve standardní interpretaci kvantové mechaniky se v obecnosti lze vyhnout komplexnosti vlnové funkce za cenu rozdělení Schrödingerovy rovnice na soustavu dvou rovnic pro dvě reálné funkce. Ale pouze v případě jednočásticového systému se výsledná funkce chová jako dvoukomponentní klasické vlnění v „normálním prostoru“ (viz b)). (Komplexní charakter se s výhodou užívá při popisu vlnových balíčků s nenulovou střední hodnotou hybnosti, resp. obecně při popisu netriviálního časového vývoje stavu mikroobjektů – z matematického hlediska je proto jednodušší užívání funkcí komplexních.)
- d) Vlnové funkce přiřazené fermionům s polovičním spinem mají podivné vlastnosti typu změny znaménka při rotaci souřadnic o 360° či změny znaménka při výměně souřadnic dvojice fermionů.
- e) Ve standardní interpretaci vlnová funkce kvantových systémů podstupuje při měření *okamžitý* kolaps v celém prostoru, něco takového u klasických vln není známo.

(3) Vlnová funkce $\phi(\vec{r})$ popisuje soubor klasických systémů

Ve skutečnosti vlnová funkce $\psi(\vec{r})$ ve standardní kvantové teorii popisuje jediný systém, který se nechová klasicky. Navíc, výsledky testů Bellových nerovností (a mnoha dalších podobných vztahů) říkají, že žádný (lokálně) deterministický model (tj. něco podobného klasické fyzice), který by se skrýval za úspěchy kvantové teorie v mikrosvětě, jakkoli komplikovaný, nemůže souhlasit se všemi jejími výsledky.

(4) Měření vždy narušuje systém

Z Bohrova hlediska to je nesmysl, protože hovořit o mikrosystému „jako takovém“ nelze – o mikroobjektech můžeme mluvit pouze v kontextu měření. Čistě z experimentálního hlediska ovšem jistě není pravda, že *každé* měření narušuje fyzikální soustavu, protože např. vylétne-li ze Sternova-Gerlachova přístroje elektron horem (= spin nahoru), bude další Sternův-Gerlachův přístroj pouze ověřovat předchozí hodnotu, tj. nebude ji měnit. Stejně tak měření energie elektronu v atomu vodíku nemusí ovlivnit měření velikosti jeho momentu hybnosti.

Tato miskoncepce navozuje pocit, že každá částice má určitou hodnotu polohy i hybnosti, ale že tyto určité veličiny nemohou být (lidmi) určeny, protože měření např. polohy částice

⁷ Kvantová mechanika může být formulována bez použití konfiguračního prostoru, pouze v konvenčním 3D-prostoru, díky formalismu polních operátorů (někdy nazývaném 2. kvantování) – ovšem jen za cenu, že komplexní čísla přiřazená vlnovou funkcí bodům konfiguračního prostoru jsou nahrazena operátorem přiřazeným bodům 3D-prostoru. Jakákoli analogie s klasickým polem je pak ještě vzdálenější.

změní její hybnost – to souvisí s myšlenkou, že za kvantovou fyzikou leží nějaký klasický obraz (viz (3)). To, že měření narušuje měřený jev, věděli již staří Řekové (proto neradi měřili a proto měli málo dobrých fyziků[©]). V kontextu kvantové teorie však není zdůrazňování tohoto klasicky zřejmého výsledku příliš vhodné, protože u měření prováděných na stavech kvantových objektů jde o něco jiného. Ono narušení systému měřením v kvantovém kontextu si nelze představovat jako jakési nekontrolovatelné postrčení jedné částice druhou, protože v důsledku platnosti Heisenbergových relací neurčitosti neznáme přesně původní polohy a hybnosti mikroobjektů (viz (5)). Měření nějaké veličiny na kvantovém systému totiž podle standardního výkladu QT vybírá z obecné superpozice vlastních stavů operátoru přiřazenému této veličině *náhodně* stav jediný – toto je hlavní smysl „narušení“ stavů kvantových objektů při (ideálním) měření. Dle mého názoru je právě tento smysl pro formální stavbu QT podstatný a není vhodné ho zaměňovat ani přirovnávat k onomu „klasickému narušení“ nepředpověditelnému v důsledku našich neznalostí. Měříme-li tedy např. polohu kvantového objektu nenacházejícího se v nějakém vlastním stavu operátoru polohy (který je mimochodem v přírodě nerealizovatelný[©]), tj. popsaného před měřením vlnovým balíkem konečné šířky, nemůžeme a priori usuzovat, že mikroobjekt před měřením měl určitou polohu, jenom jsme nevěděli jakou (3).

Vzniku této nesprávné představy napomohli sami zakladatelé kvantové fyziky argumenty typu „sledování polohy částice mikroskopem“ (mimochodem, představa otce statistické interpretace Maxe Borna byla právě taková – popis elektronu sice nutný dělat pomocí vlnové funkce (= amplituda pravděpodobnosti), ale elektron má ve skutečnosti konkrétní polohu.

Tato miskoncepce je také podporována tvrzeními typu „atom je téměř prázdný“ – atom ovšem prázdný není, přestože si téměř každý představuje elektron jako velmi malou kuličku (zasvěcenci asi navíc přidají, že se tato kulička ale nechová podle Newtonových zákonů), elektron se chová jako bodová částice (dnes ověřeno asi do rozměrů řádu 10^{-19} m) pouze při snaze o jeho lokalizaci. Mezi měřeními se však jeho stav vyvíjí (vlnové klubko se rozplývá tím rychleji, čím přesněji byl lokalizován) a před dalším měřením, kdy jeho vlnová funkce je již rozprostřena ve větší oblasti prostoru, nemá definovanou konkrétní polohu. Nejde však jen o to, že za tohoto předpokladu nelze elektron popsat, ale dokonce si nelze ani myslet (uvažujeme-li v rámci standardní QT), že „elektron tam někde v tom obláčku vlnové funkce je na určitém místě“. Elektronový obal atomu si tedy nelze představovat tak, že je tvořen nějakým způsobem rozptýlenými bodovými částicemi.

S tímto problémem úzce souvisí i následující miskoncepce.

(5) Heisenbergův princip neurčitosti

K Heisenbergovu principu neurčitosti⁸ existuje několik přístupů: jeden jej vykládá jako principiální *omezení přesnosti měření* hybnosti a polohy (či dokonce *vyloučení jejich přesné měřitelnosti*), druhý jako jádro celé kvantové teorie, na němž stojí např. stabilita atomů, nenulovost kmitů krystalové mříže při absolutní nule apod., další jej degraduje na pouhé vyjádření *omezení aplikací klasických představ na mikroobjekty*, tj. tvrdí, že vyjadřují jen to, do jaké míry je vhodné používat pro mikročástice modely klasické fyziky a jiný představuje relace neurčitosti jako výrazné *omezení na současnou znalost* polohy a hybnosti v kvantovém světě.

Ve „standardním“ kontextu měření je asi nejsprávnější jednoduchá formulace takováto [3]: Jestliže připravíme mikroobjekt ve stavu, v němž výsledek měření polohy bude prakticky s jistotou spadat do velice malé oblasti, potom jednotlivé výsledky opakovaných měření hybnosti připravené v tomtéž stavu se budou od sebe navzájem velice podstatně lišit a naopak.

⁸ V tomto textu chápu „relace neurčitosti“ (matematický vztah) jako vyjádření „principu neurčitosti“ (fyzikální zákon), navíc se omezují na nejznámější vztah mezi polohou a hybností.

V takto chápaných relacích neurčitosti tedy vůbec nejde o to, jsou-li poloha a hybnost *současně* měřitelné⁹ (měříme-li opakovaně např. hybnost mikroobjektu, který je ve vlastním stavu operátoru hybnosti, získáváme stále stejnou hybnost (za ideálních podmínek), když se tedy budeme snažit v tomto stavu přesně změřit polohu mikroobjektu, jistě nějakou polohu získáme), ani nestanovují mezní přesnost našich měření (polohu i hybnost zvláště lze měřit s libovolnou přesností), jde o to, že u dobře lokalizovaného mikroobjektu se pravděpodobnost přiřazená výsledkům měření hybnosti nesoustřeďuje u žádné konkrétní hodnoty hybnosti, ale naopak, čím je objekt lokalizovanější (úzká vlnová funkce), tím se pravděpodobnost naměření konkrétní hybnosti stává nenulovou pro stále větší množství hodnot. Samozřejmě to platí i obráceně: čím přesněji je měřením určena hybnost mikroobjektu (stav popsán úzkým vlnovým balíkem v hybnostním prostoru), tím větší množství poloh připadá do úvahy při snaze o jeho lokalizaci.

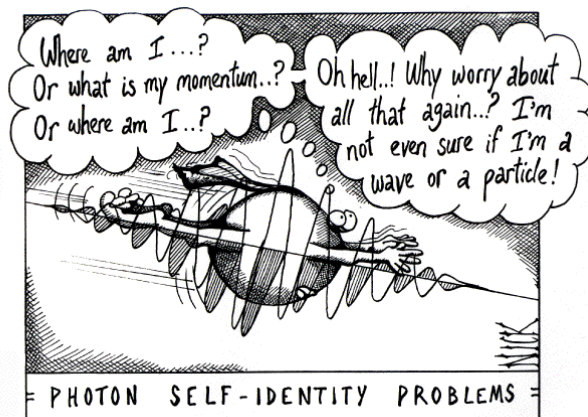
„Svalovat“ pak stabilitu atomárních soustav na relaci neurčitosti je při této interpretaci přinejmenším zavádějící. Rovněž pokusy o vysvětlení stability čehokoli jako „bránění se elektronové vlny stlačování“ není vhodné – jedná se přece o vlnu pravděpodobnostní.

Zavádějící jsou například i vyjádření typu: „čím je větší neurčitost polohy, v níž se částice nachází, tím ...“, protože navozuje představu, že kvantový objekt nějakou polohu má, jen my nevíme jakou (viz (3)). Někteří dokonce nazývají ony neurčitosti „nepřesnostmi“. Je důležité vysvětlit, co to ta neurčitost vlastně je. Například neurčitost polohy lze motivovat (před matematickým zavedením) takto: když budu měřit polohu elektronu ve stejném stavu znovu, najdu ho při malé neurčitosti nejspíše jen *trochu* jinde a při velké neurčitosti nejspíše o *hodně* jinde. V anglicky psaných textech se vyskytuje daleko více zavádějící „uncertainty“ – nejistota. To samozřejmě navozuje nesprávnou představu, že mikroobjekty nějakou konkrétní hodnotu (čehokoli) mají, jen my (lidé) z nějakého důvodu nevíme jakou (viz (3), (4)). Český výraz neurčitost navozuje daleko správnější představu, že hodnoty v daném stavu nejsou předem určeny (při měření se mezi možnými hodnotami vybírá *náhodně*), konkrétní (určitá) poloha mikroobjektu před měřením neexistuje (nelze ji žádným způsobem definovat), jde tedy možná ještě spíše o „neurčitelnost“. Někdy se též tvrdí, že onu „neurčitost“ způsobují experimentální přístroje, „pravda“ je však taková, že přístroje pouze odhalují neurčitost, která je mikrosvětlu vlastní.

V některých textech (viz např. [7]) je princip neurčitosti povyšován na jeden ze základních principů (zákonů) kvantové mechaniky, který „odhaluje fyzikální obsah jejího matematického aparátu“ – pravdou ovšem je, že relace neurčitosti neplatí vždy pro všechny veličiny, jejichž operátory nekomutují, svou roli hrají i definiční obory operátorů, proto ale nelze hovořit o *principu* (základním fyzikálním zákonu).

Někdy se také uvádí relace neurčitosti mezi energií a časem jako protějšek relací mezi souřadnicí a hybností – to není správné. Nerovnost $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$ neplyne z komutačních relací, protože čas ve standardní kvantové teorii není dynamická proměnná (nepřísluší jí hermi-

Nick D. Kim, 1995.
WWW Page: <http://galadriel.eceatc.ohio-state.edu/ncsm/>
email: ndkim@watiko.ac.nz



⁹ I z klasického náhledu je patrné, že konstrukce zařízení určujících rychlost v jediném okamžiku není z principu dobře možná a i kdyby byla, bude se lišit od zařízení určujícího polohu a měření různými (makroskopickými) přístroji na mikroskopickém (ne nutně kvantovém) objektu v *jednom okamžiku*.

¹⁰ Původ této relace je celkem nestandardní (nikde jsem nenalezl její korektní odvození).

tovský operátor), ale parametr. Fyzikální obsah této rovnice je navíc zcela odlišný. Hrubý význam této nerovnosti je, že změna energie systému ΔE , který existuje pouze konečný časový interval Δt , nemůže být menší než $\frac{\hbar}{2 \cdot \Delta t}$, kde ΔE je zde rozdíl dvou přesně určených energií ve dvou různých časech, nikoli tedy neurčitost hodnoty energie v určitém čase, jako tomu je u hybnosti či polohy.

Jak ze všech takových úvah může mít zamotanou hlavu sám foton ukazuje obrázek (omlouvám se autorovi, že jsem se jej nezeptal na souhlas k uveřejnění).☺

(6) Vektor momentu hybnosti

Tato skupina nedorozumění úzce souvisí s předchozí – pokud zobrazujeme moment hybnosti vektorem, navozuje to silně představu, že systém např. s určitou hodnotou L_z má i určitou hodnotu L_x či L_y , či obou, což je samozřejmě nesprávné. Někdy se to obchází obrázkem kuželu¹¹ (známe velikost a průmět na jednu osu), to ovšem navozuje představu, že L_x a L_y existují také, ale mění se tak rychle, že výsledek jejich měření nemůže být předpovězen. V klasické fyzice měřená hodnota nějaké veličiny existuje již před měřením – měřením se pouze zjišťuje (ověřuje) její hodnota – v kvantové teorii to tak není a navíc nelze zkonstruovat lokálně deterministický model, ve kterém to lze předpokládat (viz (3))!

(7) Stacionární stavy

V mnoha úvodních textech QT se řeší tak dlouho vlastní problém energie (nečasová Schrödingerova rovnice), že snadno může vzniknout dojem, že vlastní stavy energie jsou jedinými dovolenými stavy. Je proto dobré zařazovat úlohy (nebo alespoň jejich ilustrace) na časový vývoj (vždy, máme-li superpozice více stacionárních stavů s různou energií) – v tom mohou být mocným pomocníkem počítače –, výbornou příležitostí je zkoumání jednoduchých rozptylových stavů (viz (9)).

Dále, často se uvádí věty typu „Hledejme stacionární stavy částice, která se pohybuje v potenciálovém poli ...“ – ve stacionárních stavech se nic s časem nemění, není proto správné mluvit o pohybu. Zavádějící je proto i mluvit o pohybu elektronu v atomovém obalu (je-li ve stacionárním stavu) – žádná charakteristika spojená s elektronem se v čase nevyvíjí.

Mimochodem, často se také zapomíná na časový faktor $e^{-i\frac{E \cdot t}{\hbar}}$ u vlnových funkcí stacionárních stavů – mluví-li se o vlnové funkci, měla by se uvádět celá.

(8) Zobrazování atomových stacionárních stavů – orbitalů

Ve většině textů jde vlastně jen o zobrazení druhých mocnin absolutních hodnot úhlových částí celkové vlnové funkce (kulových funkcí $Y_{lm}(\theta, \varphi)$), tj. nikoli samotných funkcí $\psi(r, \theta, \varphi, t)$. Obrázky se však často uvádí bez řádného vysvětlení.

(9) Ehrenfestovy teorémy a klasická mechanika

Vztahy mezi operátorem časové změny souřadnice a operátorem hybnosti a operátorem časové změny hybnosti a operátorem potenciální energie nápadně připomínají vztahy mezi odpovídajícími veličinami v klasické fyzice – není to zase až tak překvapivé, protože v korepondenci s klasickou fyzikou byl konstruován hamiltonián, díky kterému uvedené vztahy platí. Někdy se však Ehrenfestovy teorémy uvádí v souvislosti se středními hodnotami těch-

¹¹ Často užívaný u tzv. „vektorového modelu atomu“, který, když už má být užít, tak jen jako *mnemotechnická pomůcka* bez hlubšího významu.

to vztahů a tvrdí se, že z Ehrenfestových rovnic lze odvodit i Newtonův zákon, který „platí pro kvantově-mechanické střední hodnoty příslušných kvantově mechanických operátorů“, tj. v 1D

$$m \cdot \frac{d^2 \langle x \rangle}{dt^2} = \langle F(x) \rangle.$$

To je sice v zásadě správné tvrzení, nicméně to bez dalšího komentáře navozuje představu, že pohyb mikroobjektů lze vždy popsat (rozmazanými) vlnovými balíky, jejichž „těžiště“ se pohybuje po klasické trajektorii, tj. a priori to navozuje představu, že platí $\langle F(x) \rangle = F(\langle x \rangle)$, což zřejmě není vždy pravda.

(10) Analýza rozptylových stavů pomocí stacionárních stavů

Standardní úvodní řešení rozptylových (tj. ne vázaných) problémů se děje takto (pro konkrétnost budeme uvažovat jednoduchý potenciálový val, viz obr.): rozdělení souřadnicové osy na 3 regiony, řešení vlastní rovnice energie (bezčasová Schrödingerova rovnice) v každém z nich, přitom řešení v regionu I $(-\infty; 0)$ se předpokládá ve tvaru

$$\psi_I = A \cdot e^{+i \cdot k \cdot x} + B \cdot e^{-i \cdot k \cdot x},$$

kde první z členů se ztotožní s „částicí pohybující se v kladném směru osy x “ a druhý s „částicí pohybující se v záporném směru osy x “. Vlnová funkce v oblasti III $(d; \infty)$ se pak předpokládá ve tvaru

$$\psi_{III} = C \cdot e^{+i \cdot k \cdot x},$$

kde člen obsahující $e^{-i \cdot k \cdot x}$ je odmítnut, protože odpovídá vlně postupující v záporném směru osy x a v této oblasti nemůže docházet k odrazu. Po „sešití“ se získají vztahy mezi koeficienty A , B , C a po zavedení tzv. koeficientu odrazu R a průchodu T jako podílu hustot toků pravděpodobnosti odpovídajících jednotlivým vlnám je analyzována pravděpodobnost odrazu a průchodu tak, že při dopadu N částic na val se jich $N \cdot R$ odrazí a $N \cdot T$ jich projde). Někdy se také na koeficienty A , B a C hledí jako na amplitudy příslušných vln a na jejich kvadráty jako na intenzity těchto vln. Koeficienty R a T jsou pak definovány jako

$$R = \frac{|B|^2}{|A|^2}, \quad T = 1 - R,$$

kde druhý výraz se interpretuje tak, že částce *bud'* projde, *nebo* se odrazí (tj. nezůstává pod valem).

Bez další diskuse nepovažuji tuto analýzu za uspokojivou, a to z několika důvodů. Výše uvedený postup je interpretován tak, že zjišťuje, s jakou pravděpodobností se bude mikroobjekt vyslaný v kladném směru osy x pohybovat po dopadu na val zpět a s jakou pravděpodobností projde. V postupu jsme však neužili a ani jím nezískali nějakou (netriviální) závislost na čase, ve výsledných vlnových funkcích se neskrývá žádná informace o časovém vývoji (pohyb, dopad a odraz). Navíc se obvykle zcela pomíjí diskuse, proč najednou určujeme pravděpodobnost průchodu částice oblastí valu z poměru hustot toku pravděpodobnosti a ne standardním postupem zjišťování pravděpodobnosti výskytu¹², tj.

$$R = \frac{\int_{-\infty}^0 |\psi(x, t)|^2 \cdot dx}{\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x, t)|^2 \cdot dx}, \quad T = \frac{\int_d^{\infty} |\psi(x, t)|^2 \cdot dx}{\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x, t)|^2 \cdot dx}.$$

¹² Je zřejmé, že se tím vyhýbáme problémům s interferencí odražené a dopředu jdoucí „vlny“ v oblasti I.

Přestože obecné řešení úloh, jimž by v klasickém případě odpovídal infinitní pohyb částic (= hmotných bodů), je značně obtížné (viz např. [3], [9] či [13]), je dle mého názoru nutné upozornit na zásadní odlišnost řešení tohoto problému od úloh vyšetřujících vázané stacionární stavy. Zde již nejde o hledání energie mikroobjektu, ale naopak energie je vstupním parametrem problému [6], snad by bylo vhodné i dodat, že hledanou veličinou je v obecném případě diferenciální účinný průřez, se kterým se studenti seznamují již v základním kurzu obecné fyziky. Dále je důležité zdůraznění rozptylového procesu jako nestacionárního problému: počátečním stavem je jakési vlnové klubko, popisující mikroobjekt dopadající (z dálky) na potenciálovou jámu či bariéru a koncové stavy odpovídající mikroobjektům mimo dosah působení rozptylového potenciálu. Závěr této motivace řešení rozptylových stavů lze věnovat sdělení, že se dá ukázat, že koeficienty průchodu a odrazu lze získat i na základě znalosti jediného stacionárního řešení, a tím se vyhnout matematicky náročné analýze pohybu vlnových klubek.

Podrobněji, dynamický obraz balíku dopadajícího na potenciálový val a následně se rozpadajícího na dva je z hlediska experimentálních výsledků v zásadě popsitelný i vlastní funkcí energie. Protože je takto funkce nenormovatelná, nemůžeme již hledat R a T pomocí výpočtu ploch pod balíky šířícími se jedním a druhým směrem, protože všechny plochy jsou nekonečné – vlnové balíky jsou transformovány na rovinné vlny. Lze ukázat, že koeficienty R a T můžeme vypočítat z poměrů hustot toků pravděpodobností spojených s dopadající, odraženou i prošlou vlnou. Ekvivalence mezi popisem rozptylového procesu pomocí vlnového balíku a pomocí stacionárního stavu platí pro každý potenciál. Když je totiž rozptyl hybností vlnového balíku velmi malý (balík je dostatečně široký), nezávisí výsledky na tvaru vlnového balíku.

Často se také uvedené (stacionární) vlny interpretují tak, že reprezentují ustálený tok mikroobjektů vyplňujících prostor s konstantní hustotou pravděpodobnosti, ale pozor, stavy, o kterých se bavíme, popisují jednočásticový systém, tedy nikoli soubor částic (jinak bychom obecně museli vyšetřovat vlnové funkce více proměnných). Koeficienty odrazu a průchodu tedy říkají, jak dopadnou výsledky testů měřených na mnoha jednočásticových systémech, obsahujících stejný potenciálový val.

(11) K popisu vícečásticového systému

Pro jednoduchost nejprve uvažujme pouze systém dvou odlišných částic. Takový systém je obecně popsán vlnovou funkcí $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, t)$, kde se často má za to, že indexy 1 a 2 se vztahují k částicím.¹³ Ve skutečnosti se tyto indexy vztahují k polohám (resp. k souřadnicím poloh), protože standardní význam funkce $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ je, že představuje hustotu pravděpodobnosti nalezení první částice v okolí bodu \vec{r}_1 a druhé částice v okolí bodu \vec{r}_2 , lze $\psi(\vec{r}_2, \vec{r}_1)$ interpretovat pouze tak, že udává hustotu pravděpodobnosti nalezení první částice v okolí bodu \vec{r}_2 a druhé částice v okolí \vec{r}_1 . Do problémů bychom se dostali i při interpretaci členů vlnových funkcí soustav identických částic $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \pm \psi(\vec{r}_2, \vec{r}_1)$. Těžko říci, jde-li se v uvedeném zápisu této miskoncepce vyhnout jinak než upozorněním na tuto skutečnost. Snad pro dvoučásticový systém můžeme psát $\psi(\vec{r}, \vec{r}')$.

Mimochodem, číslování nebo jiné pojmenovávání (v našem případě to je poloha v argumentu vlnové funkce) nerozlišitelných částic je poněkud nesmyslná činnost¹⁴, která vede

¹³ Pro jednoduchost budu nadále vynechávat označení časové souřadnice, i když by obecně měla všude být (i ve stacionárních stavech).

¹⁴ Neexistuje totiž žádná pozorovatelná veličina, která by s těmito „jmény“ mohla být spojena, žádné měření, na základě jehož výsledků by bylo možno rozlišit.

k tzv. pseudoentanglementu.¹⁵ Tento pseudoentanglement nemá měřitelné důsledky a zmizí ve Fokově formalismu, který je s předchozím plně ekvivalentní (navíc umožňuje pracovat s proměnným počtem částic) [2] – ten se ale obvykle v úvodních výkladech kvantové teorie nezavádí.

V některých textech se lze setkat s formulacemi typu „Mějme systém N stejných částic; necht' jedna z nich je v místě \vec{r}_1 ve stavu s_1 , jedna v místě \vec{r}_2 ve stavu s_2 atd. Stav tohoto systému bude popsán vlnovou funkcí $\Psi_{s_1 s_2 \dots}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$. Nehledě na to, že význam samotné funkce $\Psi_{s_1 s_2 \dots}$ není ze zavedení zcela jasný, tato formulace silně navozuje zcela nesprávnou představu, že částice v obecném stavu mají určité polohy.

(12) Pauliho princip a přiblížení nezávislých částic

Pauliho princip se obvykle uvádí v souvislosti s víceelektronovým obalem atomu takto:

V dané soustavě se ve stejném stavu nemůže vyskytnout více než jeden elektron.

Toto tvrzení se obvykle „dokazuje“ užitím aproximace nezávislých elektronů nacházejících se ve stavu popsaném jedním Slaterovým determinantem (antisymetrická kombinace jednoelektronových funkcí, kterých je stejně jako elektronů).

Problém vidím v tom, že se ve vysokoškolských textech často neupozorňuje na fakt, že platnost Pauliho principu nezávisí na aproximaci nezávislých částic a že se jeho uplatnění neomezuje pouze na elektronový obal atomu (to se ovšem obvykle napraví ve statistické fyzice). V takovém případě je ale nutné řešit význam onoho „stejného stavu“, protože vlnová funkce se obecně s přidáním nebo odebráním elektronu mění (díky působení ostatních elektronů). Stav soustavy N identických fermionů je zcela charakterizován jedinou funkcí $\psi(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2, \dots, \vec{\xi}_N, t)$ a obecně od ní nelze oddělit stav jednoho elektronu a přitom nezasáhnout rušivě do soustavy (pěkná diskuse viz [1]).

Obecný stav vícečásticové soustavy může být popsán superpozicí všech možných součinů jednočásticových stavů (obvykle se uvádí jen tolik sčítanců, kolik je mikroobjektů, ale to je dle mého názoru jen nedůsledné omezení obecného stavu). Na vysvětlenou pro jednoduchost uvažujeme dvoučásticový fermionový systém v x -spinové reprezentaci. Dále uvažujeme nějakou úplnou množinu pozorovatelných, jíž přísluší diskrétní množina stavů $\{\varphi_i(\vec{\xi})\}$ (úplný systém funkcí), kde nezávislá proměnná $\vec{\xi}$ stavových funkcí je vlastně uspořádanou čtveřicí složenou z polohového vektoru a z průmětu spinu do nějaké předem zvolené osy. Tento systém se pak může obecně nacházet ve stavu

$$\psi(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2, t) = \sum_{i,j} c_{ij}(t) \cdot \varphi_i(\vec{\xi}_1) \cdot \varphi_j(\vec{\xi}_2), \quad (*)$$

kde $|c_{ij}(t)|^2 = \left| \int \varphi_i^*(\vec{\xi}_1) \cdot \varphi_j^*(\vec{\xi}_2) \cdot \psi(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2, t) \cdot d\vec{\xi}_1 \cdot d\vec{\xi}_2 \right|^2$ je pravděpodobnost, že při měření v čase t nalezneme první částici ve stavu φ_i a druhou ve stavu φ_j . Jak již bylo uvedeno, číslování identických částic je nepřírozené a obcházíme ho důkladnou symetrizací nebo antisymetrizací možných stavů. V případě dvou fermionů tento požadavek splňují všechny funkce typu (*) za podmínky, že pro všechna i a j platí $c_{ij}(t) = -c_{ji}(t)$, proto najdeme-li například při měření jeden elektron ve stavu φ_{11} a druhý ve stavu φ_{62} , bude těsně po měření

¹⁵ Říká se, že soustava je v entanglovaném stavu tehdy, nelze-li její stavový vektor vyjádřit jako jediný direktní součin stavu první částice, stavu druhé částice atd.

stav soustavy popsán antisymetrickou kombinací $\varphi_{11}(\vec{\xi}_1) \cdot \varphi_{62}(\vec{\xi}_2) - \varphi_{62}(\vec{\xi}_1) \cdot \varphi_{11}(\vec{\xi}_2)$ (z takového stavu se obvykle vychází při odvozování Pauliho principu vychází).

Obecnější postup je však stručný a přímočarý (ovšem pouze v případě, že studenti znají základy teorie reprezentací): Protože u antisymetrických stavových funkcí platí

$$\psi(\vec{\xi}_1, \vec{\xi}_2, t) = -\psi(\vec{\xi}_2, \vec{\xi}_1, t),$$

bude pro všechna $\vec{\xi}_1 = \vec{\xi}_2$ (a všechna t) platit

$$\psi(\vec{\xi}, \vec{\xi}, t) = 0,$$

což znamená, že pravděpodobnost realizace stavu, ve kterém mají oba fermiony stejné x -spínové souřadnice je nulová. Antisymetrie stavových funkcí vylučuje, aby libovolná dvojice identických částic měla stejné hodnoty svých dynamických proměnných. Vezmeme-li místo souřadnic a spinu jinou úplnou množinu pozorovatelných, dospějeme stejným způsobem ke stejnému výsledku: Pravděpodobnost realizace stavu, ve kterém mají oba fermiony stejné hodnoty úplné množiny pozorovatelných, je nulová. Tento výsledek platí tedy zcela obecně pro jakoukoli reprezentaci a nezávisle na interakci částic. Navíc má přímočaré zobecnění pro soubor mnoha částic.

V kontextu měření je asi nejkorektnější takovýto výklad Pauliho principu: V souboru stejných fermionů nelze (v čase t) naměřit na více než jednom fermionu stejné hodnoty souřadnic v libovolné reprezentaci (generované nějakou úplnou množinou pozorovatelných). Jde tedy o to, že v souboru stejných fermionů nemohou mít žádné dva a více z nich stejné ostré hodnoty všech veličin z jakékoli úplné množiny pozorovatelných – tj. například ani souřadnic a spinu (nemohou se nacházet na stejném místě se stejným průmětem spinu), ani hybnosti a spinu (nemohou mít stejnou hybnost a zároveň stejný průmět spinu), ani energie, velikosti momentu hybnosti, průmětu momentu hybnosti do vybrané osy a průmětu spinu.

S Pauliho principem také souvisí tvrzení, že částice sestávající ze sudého počtu fermionů je bosonem. Pokud ale budeme uvažovat například systém dvou „bosonů“, z nichž každý sestává ze dvou fermionů, můžeme usuzovat, že tyto „bosony“ se mohou nacházet ve stejném stavu. Jenže potíží je v tom, že pak by se ve stejném stavu nacházely vždy dva a dva fermiony, což je ve sporu s Pauliho principem. Není tedy tak úplně pravda, že složením dvou fermionů vznikne boson.

Navíc, v souvislosti se soustavou identických částic často zaváděný operátor jejich výměny ve skutečnosti nesouvisí s výměnou částic jako takovou, ale pouze s jejich přechíslováním, tj. s výměnou jejich souřadnic – nejedná se tak o aktivní, ale o pasivní transformaci (aktivní výměna částic je totiž spojená s charakteristikou „cesty“, po které k výměně došlo a obecně ovlivňuje fázi vlnové funkce – tento fázový posuv je v principu experimentálně pozorovatelný). [2]

Několik dalších poznámek

- silně zažitý, ale značně nevhodný stěžejní termín kvantové teorie je „vlnová funkce“ (viz (2)). Ve vyšších partiích kvantové teorie je prakticky tentýž pojem nazýván „stavovým vektorem“, proto by mi přišlo velmi výstižná „změna paradigmatu“ již v úvodních partiích výkladu na „stavová funkce“;
- v úvodních výkladech se sice pojem „matice hustoty“ vyskytuje jen velmi zřídka, přesto myslím, že by bylo daleko vhodnější užívat spojení „statistický operátor“;
- nazývat objekty mikrosvěta „částicemi“ je trochu zavádějící, říkat jim „mikroobjekty“ je zase poněkud nepřirozené (i když celkem výstižné), snad by se mohl ujmout termín „kvantum“, což by byl jen zkrácený termín pro „kvantum hmotnosti-energie“ (odpovídalo by to

i chápání „částic“ v kvantové teorii pole jako excitace (kvantum) tohoto pole). Kvantování ostatních veličin by pak vždy bylo vyznačeno příslušným přívlastkem – např. „kvantování momentu hybnosti“, „kvantování průmětu spinu na osu“ apod. Problém by ovšem mohl nastat s pojmy jako „kvantování energie v atomech“. Tato obtíž by šla obejít mluvením o „diskrétních hodnotách“ a kvantování by se vztahovalo skutečně jen na hmotnost-energii;

- z důvodu logiky výkladu myslím, že je lépe hovořit o „časově závislé Schrödingerově rovnici“ prostě jako o „Schrödingerově rovnici“ a „časově nezávislou Schrödingerovu rovnici“ nazývat rovnice vlastních hodnot energie;
- užívání slova „normování“ stavové funkce mi přijde vhodnější než užívání „normalizace“ stavové funkce.

Závěr

Samozřejmě lze namítnout, že v drtivé většině případů si studenti výše naznačených problémů nevšimnou, a tedy že není třeba se jimi zabývat. Podle mého názoru však 1. není „podvádění“ správnou cestou výuky, zvláště ne fyziky (i když někdy se zdá nezbytné) a za 2. to, že se studenti na tyto problémy neptají, je dle mého názoru odrazem toho, že tomu nerozumí.

Jak již bylo uvedeno na začátku, základní inspirací k tomuto příspěvku mi byly vlastní potíže se studiem kvantové teorie, ale odvahu k samotnému výstupu na toto téma mi dodal až článek [10], na jehož základě vznikl tento příspěvek. Velkou pomocí v chápání oněch „možných zdrojů nedorozumění“ či přímo „nesprávných představ“ mi také byly diplomové práce věnované „kvantové didaktice“ (zejména [12] a [13]), vypracované pod vedením doc. Aleše Laciny z brněnské MU. Srdečně mu tímto děkuji za jejich nezištné poskytnutí.

Literatura

- [1] Blochincev D. I.: *Základy kvantové mechaniky*. Nakl. ČSAV, Praha 1956
- [2] Dušek M.: *Koncepční otázky kvantové teorie*. Olomouc 2002.
- [3] Formánek J.: *Úvod do kvantové teorie I., II.* Academia, Praha 2004.
- [4] Griffiths R. B.: *Consistent Quantum Theory*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 2002.
- [5] Hawking S. W.: *Vesmír v kostce*. Argo, Praha 2002.
- [6] Klíma J., Velický B.: *Kvantová mechanika I.* MFF UK, Praha 1985.
- [7] Landau L. D., Lifšic J. M.: *Úvod do teoretické fyziky 2*. Alfa – Mir, Moskva 1982.
- [8] Penrose R.: *Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl*. Mladá fronta, Praha 1999.
- [9] Shankar R.: *Principles of Quantum Mechanics* (2nd ed.). Plenum Press, New York 1994.
- [10] Styer D. F.: *Common Misconceptions Regarding Quantum Mechanics*. Am. J. Phys. **64**, 1996, 31–34.
- [11] Styer, D. F.: *The Strange World of Quantum Mechanics*. Cambridge University Press, Cambridge 2003.
- [12] Valentinová M.: *Dualismus vlna-částice jako východisko při výkladu kvantové mechaniky* (DP, ved. A. Lacina). Brno 1987.
- [13] Vrbatová E.: *Fyzikální základy elementarizovaných postupů kvantové mechaniky* (DP, ved. A. Lacina), Brno 1998.

Boltzmann a jeho konstanta

Markéta Lorenzová*, Gymnázium Plasy

1. Úvod

Každá fyzikální konstanta představuje geniální nápad a obdivuhodnou trpělivost učence – fyzika.

Ve středoškolské fyzice se studenti postupně seznamují od normálního tíhového zrychlení přes gravitační konstantu po Bohrov magneton až k Hubblově konstantě rozpínání vesmíru. Hned na kraji fyzikálního vzdělávání je molekulová fyzika, která představuje velmi důležitou část fyziky, která zkoumá zákonitosti složení hmoty, které využíváme dál.

Je vyzkoušené, že maturující student, který zpracovává fyzikální projekt (na téma Boltzmann a jeho konstanta) je na vrcholu všeobecného vzdělání, má přehled nejen o fyzice a chemii, ale dovede vnímat historické souvislosti, psychologické aspekty výrazné osobnosti a má potřebné znalosti z německého jazyka. Dovede učence Boltzmannova chápat napříč oblastmi fyziky, kterými se zabýval, jako je molekulová fyzika, energie, entropie, záření černého tělesa.

2. Kinetická teorie látek

Začněme u kinetická teorie látek, která vystihuje podstatu a vnitřní charakter složení hmoty. Dlouhá byla cesta od Démokrita k elektronovému mikroskopu. I Boltzmann vycházel ze tří zákonů molekulové teorie látek, ze zákonů termodynamiky. Věděl o souvislosti s chemií.

Podle druhé věty termodynamiky stoupá při samostatných (nevratných) dějích entropie uzavřené soustavy a spěje k maximální možné hodnotě. Protože stav soustavy současně spěje k nejvyšší možné pravděpodobnosti, je možno uvést entropii v souvislost s pravděpodobností stavu systému. Tato souvislost byla vyjádřena vztahem $S = k \cdot \ln W$, kde S je entropie soustavy, k je tzv. Boltzmannova konstanta, W je termodynamická pravděpodobnost. Uvedená rovnice je vytesána nad jménem slavného rakouského fyzika Ludwiga Boltzmannova na jeho náhrobku na Ústředním hřbitově ve Vídni a nazývá se rovnicí Boltzmannovou. Studentům fyziky a chemie je dnes tato rovnice známa, méně známa je však skutečnost, že Boltzmann tuto rovnici nikdy nezavedl. Soustavou při tom rozuměl soubor velkého počtu stejných, vzájemně rozlišitelných částic, jejichž mechanická souhra se řídí zákony klasické mechaniky. Touto smělou myšlenkou vytvořil základně důležitý spoj mezi molekulární statistikou a mezi termodynamikou rovnovážných soustav. [1]

3. Boltzmannova konstanta

Boltzmannovu rovnici použil teprve roku 1900 Max Planck při odvozování svého radiačního zákona. Plank také objevil, že Boltzmannova konstanta k je rovna plynové konstantě dělené konstantou Avogadrovou a představuje tedy plynovou konstantu vztaženou na jednu (reálnou) molekulu. Je to přírodní konstanta, která má univerzální charakter a vyskytuje se ve většině vztahů statistické fyziky. Její číselná hodnota je rovna $1,3806505 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

Boltzmannova konstanta se vyskytuje ve stavové rovnici pro ideální plyn a v mnoha dalších rovnicích termodynamiky. Řadí se mezi fundamentální konstanty.

* info@g-plasy.cz

(Avogadrova konstanta udává počet molekul, popřípadě jiných částic v látkovém množství jeden mol. Značí se N_A . Nejpřesnější metody jejího určení jsou založeny na rentgenové difrakci aplikované na vzorky monokrystalů křemíku nebo kalcitu. Poslední nejpřesněji stanovená hodnota Avogadrovy konstanty je rovna $N_A = 6,0221415 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Z mikroskopického hlediska jde o pouhé množství částic. Skoro nás to přivádí k otázce, proč je tedy látkové množství zavedeno jako fyzikální veličina. Vždyť se jedná o celočíselný počet částic a fyzikální veličiny jsou obvykle spojité. Látkové množství má smysl jen v makrosvětě a projeví se vždy v souvislosti se statistickým průměrováním na velkém počtu částic.

Molární plynová konstanta – konstanta vyskytující se ve stavové rovnici pro ideální plyn a v mnoha dalších rovnicích termodynamiky. Značí se R . Řadí se mezi odvozené fyzikální konstanty a lze ji vyjádřit pomocí základních fyzikálních konstant vztahem $R = N_A \cdot k$. Poslední určená hodnota molární plynové konstanty je $R = 8,314472 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.) [2]

4. Měření Boltzmannovy konstanty:

Pro experimentální stanovení Boltzmannovy konstanty bylo vypracováno mnoho metod, z nichž některé jsou shodné s metodami měření Avogadrovy konstanty. Jsou to metody založené na Brownově pohybu, torzních kmitech apod. Tyto metody jsou však málo přesné a nesplňují současné požadavky na přesnost fyzikálních konstant. Proto se nyní Boltzmannova konstanta určuje výpočtem ze vztahu $R = N_A \cdot k$. Molární plynovou konstantu je možné měřit zjišťováním závislosti tlaku plynu na objemu. Aby se eliminovaly odchylky od ideálnosti, vypočte se extrapolace na nulový tlak, při kterém by se plyn choval v limitním případě přesně ideálně. [3]

Je možné R změřit i ze závislosti rychlosti zvuku na tlaku a hustotě. Rychlost zvuku se měří při různých tlacích a poté se podobně extrapoluje na nulový tlak.

5. Jaký byl Ludwik Boltzmann?

Osud Ludwiga Boltzmannova je zajímavý. Narodil se ve Vídni roku 1844 a tam začal pracovat v ústavu známého fyzika Josefa Stefana. Osvědčil se jako zručný a vynalézavý asistent a později spolupracovník. Trpěl však od mládí velkou krátkozrakostí. Rozhodl se vzdát experimentální práce a zcela se oddal teoretické a pedagogické činnosti. Působil na univerzitě v Lipsku a ve Vídni. Měl však těžký život. Jeho molekulárně-kinetické představy byly na tehdejší dobu příliš pokrokové a setkaly se s porozuměním jen ojediněle. Podobným útokům byl vystaven před ním také geniální Maxwell zvláště pro svou elektromagnetickou teorii světla. Se svým nesouhlasem s Boltzmannovými představami se netajil především německý chemik Wilhelm Ostwald nebo Ernest Mach. Boltzmann byl osamocen a stálými útoky velmi trpěl. Tlak na něho neustával, začal trpět depresemi a prudkými bolestmi hlavy a posléze zcela vyčerpan si vzal roku 1906 život. Jen několik málo let po jeho smrti, zvláště vlivem Perrinových studií Brownova pohybu, změnila k němu světová odborná veřejnost radikálně svůj postoj. To však bylo pro Boltzmannova příliš pozdě. [4]

6. Je konstanta satisfakcí?

S Boltzmannovou konstantou se setkáme na SŠ u závislosti střední kinetické energie molekuly na termodynamické teplotě, v závislosti střední kvadratické rychlosti molekul ideálního plynu na termodynamické teplotě a ve stavové rovnici ideálního plynu.

Dále se s Boltzmannovým jménem setkáváme v oblasti záření černého tělesa ve známém Stefanově-Boltzmannově zákoně. Zde byla zkoumána celková energie záření černého tělesa.

Závislost celkové vyzářené energie na teplotě objevil experimentálně Stefan a později teoreticky popsal Boltzmann na základě zákonů termodynamiky a teorie elektromagnetického pole. Výsledky nebyly shodné. Situaci vyřešil Planck zavedením předpokladu, že vzájemné energetické působení mezi zářením a povrchem jakéhokoliv tělesa není spojité, ale uskutečňuje se v určitých malých dávkách energie, které nazval kvanta. [5]

7. Závěr

Pokaždé, když začínám úvod do molekulové fyziky, motivuji svoje studenty k obdivu nad velikostí Boltzmannovy konstanty, nad jejím významem v molekulové fyzice. Souvislosti při mapování Boltzmannových prací vedou přirozenou cestou po různých částech fyziky, které spojuje FYZIK – člověk, ale spojují je i znalosti studentů, které získali při výuce fyziky.

Literatura:

- [1] www.scienceworld.cz
- [2] Svoboda E., Bakule R.: *Molekulová fyzika*. Academia, Praha 1992.
- [3] Brož J.: *Základy fyzikálních měření*. SPN, Praha 1967.
- [4] Vacík J.: *Přehled středoškolské chemie*. SPN, Praha 1993.
- [5] <http://www.mikomma.de/planck>

Hudební ladění ušima fyziky

Jan Obdržálek, ústav teoretické fyziky MFF UK Praha*

1. Problematika

Hudební akustika je styčným bodem typické vědy – fyziky – a typického umění – hudby. Řečeno poetičtěji (jako v pořadu, z něhož byly části prezentovány), je hudební akustika mostem mezi uměním a vědou. Fyzika podává popis fyzikálních ekvivalentů základních hudebních pojmů (tón, doba trvání, výška, hlasitost, barva, interval) a dává návrh řešení některých problémů, aniž ovšem aspiruje na umělecké hodnocení, které přísluší výhradně umění. Fyzika podává např. vysvětlení, proč některé intervaly zní zvláště libozvučně (čisté intervaly) a vysvětluje některé systémy jejich užití. V příspěvku byly probrány ladění temperované, Pythagorovo a tři čistá ladění (Aristoxene, Delezenne, Ptolemaios).

2. Vlastní rozbor

Vlastní rozbor i s ukázkami (které jsou patrně na celé prezentaci to nejcennější, protože teoreticky byla celá oblast prozkoumána už dávno) byl k dispozici na pracovní verzi CD „Teorie ladění“. Tato verze byla podkladem k dokonalejšímu, plně profesionálnímu provedení.

K dispozici je v každém případě popis problematiky přikládáný k CD a dále barevná tabulka, ukazující uvedená ladění v jejich vzájemném vztahu.

* Jan.Obdrzalek@mff.cuni.cz

Využití zvukové karty pro realizaci měření na sekvenčních digitálních obvodech a pro demonstraci funkce digitálního filtru

Josef Petřík*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

Měření na digitálních obvodech

Pro měření na čítačích a kmitočtových děličkách je nutný minimálně dvoukanálový osciloskop. Jeho náhrada je možná použitím zvukové karty a sice využitím vstupu LINE IN a speciálně navrženého programového vybavení **OSC_L_R_DIGI**.



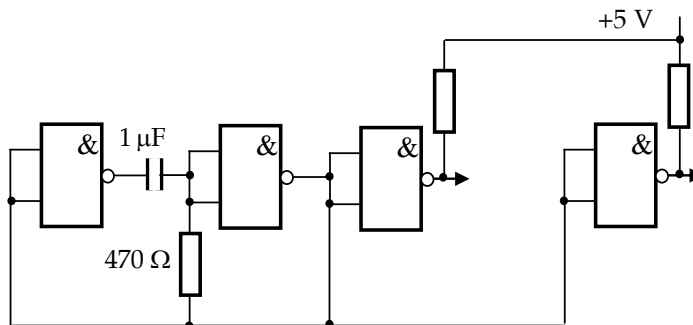
Citlivost vstupu LINE IN bývá asi od 150 mV do zhruba 0,5 V a vstupní impedance od 10 k Ω do cca 47 k Ω . Protože hned na vstupu zvukové karty je vazební kondenzátor dimenzovaný na napětí minimálně 5 V (spíše více), je možné přivést na tento vstup i napětí TTL úrovně. Vhodnější je ale zvětšení rozsahu na bezpečnou hodnotu v obou měřicích kanálech předřazením rezistorů cca 2krát 100 k Ω (obrázek vlevo). Program pak umožní zobrazení časových průběhů napětí na vstupech a výstupech sekvenčních digitálních obvodů, například JK klopného obvodu, nebo na čítačích a registrech.

Tento program je určen pouze k měření na digitálních obvodech, protože má několik pevně vestavěných funkcí, které by zkrášlovaly výsledky analogových měření.

Pro různé frekvence digitálního vstupního signálu budou průběhy obdélníkového signálu zkrášlené jak vlivem digitalizace, tak vlivem vazebních kapacit na zvukové kartě. Proto byly provedeny následující programové úpravy:

1. Pro lepší tvar takových průběhů byla na zobrazované signály aplikována metoda digitální filtrace v obou měřicích kanálech a umělé omezení amplitudy. Je tedy zobrazován již takto upravený signál v obou měřicích kanálech. Parametry digitálního filtru se inteligentně mění v závislosti na změřené hodnotě skutečné frekvence v jednotlivých kanálech.
2. Pro lepší rozlišení obou kanálů při uvedeném způsobu zobrazení je možné jeden z kanálů programově časově posunout pomocí scrollbaru v dolní části obrazovky.
3. Je zobrazena pouze kladná část amplitudy signálu.
4. Je také standardně nastaveno spouštění od pravého kanál (aqua) a od tohoto kanálu je také odvozena délka časové stupnice. Jestliže je na tento vstup připojen signál s nižší frekvencí (například na výstupu děličky), nastaví se zcela automaticky nejvhodnější délka časové stupnice pro optimální zobrazení bez jakéhokoliv zásahu uživatele.

S vytvořeným softwarem je možné provést například následující úlohu, realizovatelnou na nepájivém kontaktním poli nebo na stavebnici E&L CADET, která obsahuje zdroj, spínače a generátor TTL úrovně s regulovatelnou frekvencí.



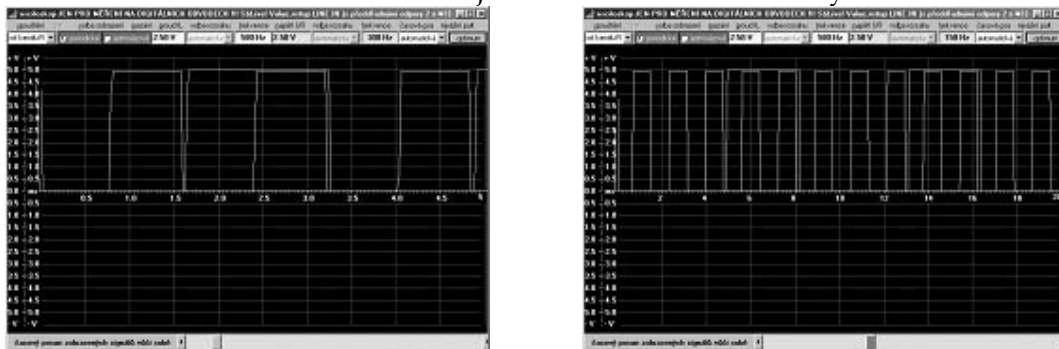
* petrik@kof.zcu.cz

Pro ty, kteří stavebnici nemají, je možné si generátor TTL s frekvencí asi 600 Hz sestavit podle obrázku ze tří hradel obvodu MH 7400 s minimálními náklady cca 20 Kč na nepájivém kontaktním poli.

Měření na IO MH 7490 nebo MH 7493

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny časové průběhy vstupního signálu a signálu na výstupu děličky 2 a 5 IO MH 7490 pomocí výše uvedeného programu OSC_L_R_DIGI.

Z obrázků je možné vidět nastavitelný časový posun signálů v obou měřicích kanálech vůči sobě i uměle (programově) nastavenou amplitudu pravého kanálu na trochu větší hodnotu než v levém měřicím kanálu kvůli snadnějšímu odečítání z obrazovky.

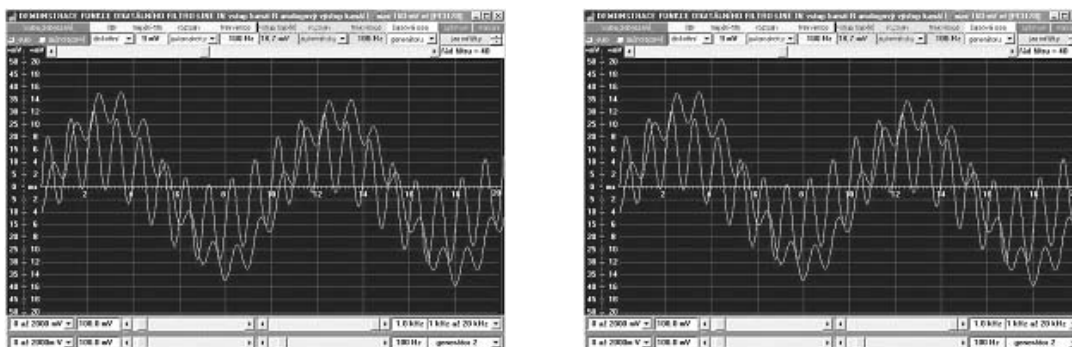


Programově nastavená funkce automatické volby časové osy, určená podle frekvence v pravém měřicím kanálu (podle výše uvedeného doporučení ta nižší z obou frekvencí), zaručí správné automatické optimální zobrazení bez nutnosti jakékoliv volby měřicího režimu uživatelem.

Podobně lze realizovat i měření na IO MH 7493

Demonstrace funkce digitálního filtru

Pro demonstraci možností a principu funkce digitální filtrace byl autorem navržen zvláštní program opět pro prakticky libovolné zvukové karty. Program obsahuje dva generátory s nastavitelnou frekvencí a amplitudou. Prvním generátorem lze nastavit základní frekvenci např. 100 Hz s amplitudou 100 mV a druhým generátorem nastavit frekvenci 1 kHz a amplitudu také 100 mV. Nastavením řádu digitálního filtru program zobrazí jak původní, tak vyfiltrovaný signál. Změnou řádu filtru lze demonstrovat jeho vliv na filtrovaný signál. V tomto případě je výstup generátoru pouze propojen se vstupem LINE IN. Program ale umožňuje jeho porovnání se shodným analogovým signálem, který je přes výstup zvukové karty veden na ekvivalentní analogový obvod sestavený z diskretních elektronických součástek a z jeho výstupu veden zpět do vstupu zvukové karty. Lze tak demonstrovat, alespoň na základních typech filtrů typu dolní propust se strmostí 20 dB/dek, funkci digitálních filtrů, které dokáží bez jakýchkoliv součástek vykonat tutéž funkci jako analogové filtry, např. RC.



Náměty pro seminář talentovaných studentů na gymnáziu

Jitka Prokšová*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

Odborný seminář fyziky, který je obvykle na gymnáziích zařazen do posledního ročníku studia, bývá někdy i poslední možností, jak u studentů prohloubit zájem o fyziku natolik, aby se jí zabývali i nadále. Ve svém příspěvku proto nabízím několik prezentací v programu PowerPoint, které může učitel fyziky využít pro zpestření a doplnění některých tematických celků z optiky a termodynamiky (obrázky významných fyziků, fotografie přístrojů a zajímavých experimentů, modely, animace).

Didaktickou účinnost (srozumitelnost výkladu a názornost použitých animací) jsem ověřovala u většiny z nabízených snímků na seminářích a přednáškách pro talentované studenty SŠ v rámci soustředění řešitelů FO (na KOF FPE). Závěry, které vyplývají z anonymních dotazníků, vyplněných studenty:

- zpracování i náročnost daného tématu byla přiměřená,
- časové rozvržení prezentací bylo odpovídající,
- zájem o prezentované téma se zvýšil.

Stručný obsah vytvořených prezentací z optiky

Zajímavé jevy vlnové optiky (téma: polarizace světla, interference a difrakce světla, rozptyl světla, rozklad světla)

Např.: Co je a jak se využívá dvojlom světla?

Jak prochází světlo čtvercovým nebo kruhovým otvorem?

Proč je obloha modrá?

Jak vzniká duha?

Optické klamy (téma: rozdělení optických klamů na objektivní, fyziologické a psychologické a jejich ukázky)

Např.: Jak vzniká fata morgana?

Jak nás klamou unavené oči?

Kdy nedokážeme správně odhadnout velikost předmětu?

Co je to neskutečný trojúhelník?

Teorie barevného vidění (téma: historický vývoj teorie barevného vidění, RGB (xyY) model, diagram chromatičnosti, součtové a rozdílové skládání barev)

Např.: Existují i jiné barevné prostory než model xyY?

Jak popsat naše barevné vjemy?

U této prezentace doporučuji doplnit uváděné poznatky pokusy se soupravou firmy Geonika *Skládání barev*, ke které se užívá ještě zpětný projektor s halogenovou žárovkou. K nejzajímavějším demonstracím, které lze pomocí soupravy vytvořit, patří rozdílové skládání základních a doplňkových barev různých intenzit, vliv osvětlení na vnímání barev, pozorování barevných stínů, „vytvoření“ hnědé barvy.

* proksovj@kof.zcu.cz

Měření rychlosti světla (téma: historické pozadí měření rychlosti světla, přímé a nepřímé metody)

Např.: Jak byla poprvé stanovena konečná rychlost světla?

Kdy a jak byla poprvé určena rychlost světla z pozemského měření?

Stručný obsah vytvořených prezentací z termodynamiky

Entropie a druhý termodynamický zákon (téma: nový pojem entropie, Boltzmannův přístup, Clausiova formulace, entropie kolem nás)

Např.: Jaká je pravděpodobnost, že se molekuly plynu při difúzi vrátí do původního prostoru?

Co je to makrostav a mikrostav soustavy?

Co je to entropie a jak určit její změnu v uzavřeném systému?

Jak se vyvíjí izolovaný systém?

Komentář ke každému snímku této prezentace je umístěn na webových stránkách konference.

Moderní termodynamika: nerovnovážné systémy

Např.: Jak se liší uzavřené a otevřené systémy?

Co je to nerovnovážný děj a kdy je systém v nerovnováze?

Komentář ke každému snímku této prezentace je umístěn na webových stránkách konference.

Nízké teploty (podrobný text jako příloha na webu konference)

Např.: Jak se dosahují velmi nízké teploty (1 K a méně)?

Jak se zachytí atomy ve světelné nebo magnetické pasti?

Komentář k většině snímků této prezentace je umístěn na webových stránkách konference.

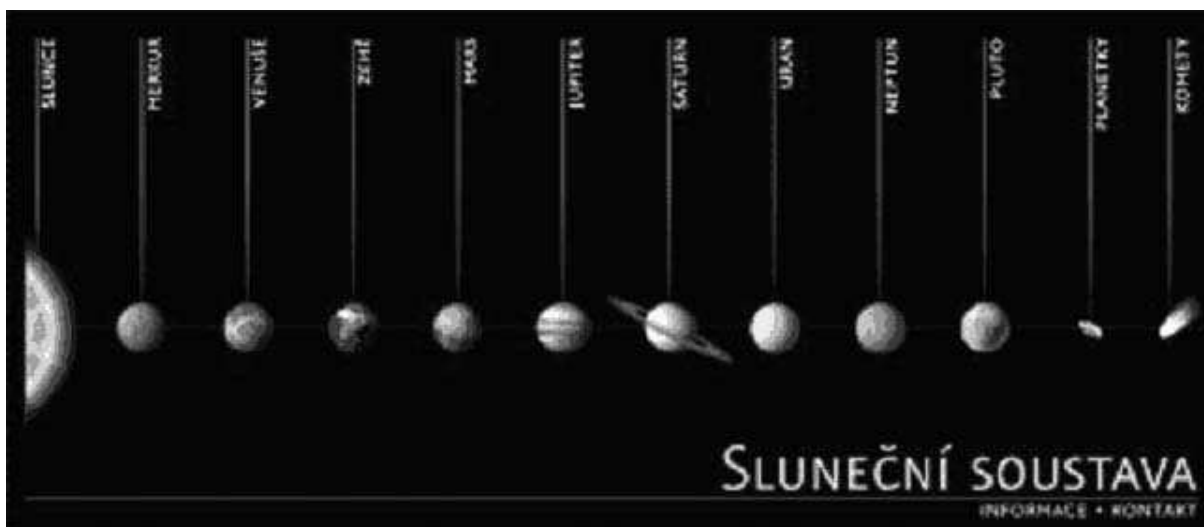
Poznámka: všechny zmíněné prezentace je možné stáhnout z webových stránek konference.

Astronomické webové stránky astro.pef.zcu.cz – pomůcka pro výuku a pro astronomickou olympiádu

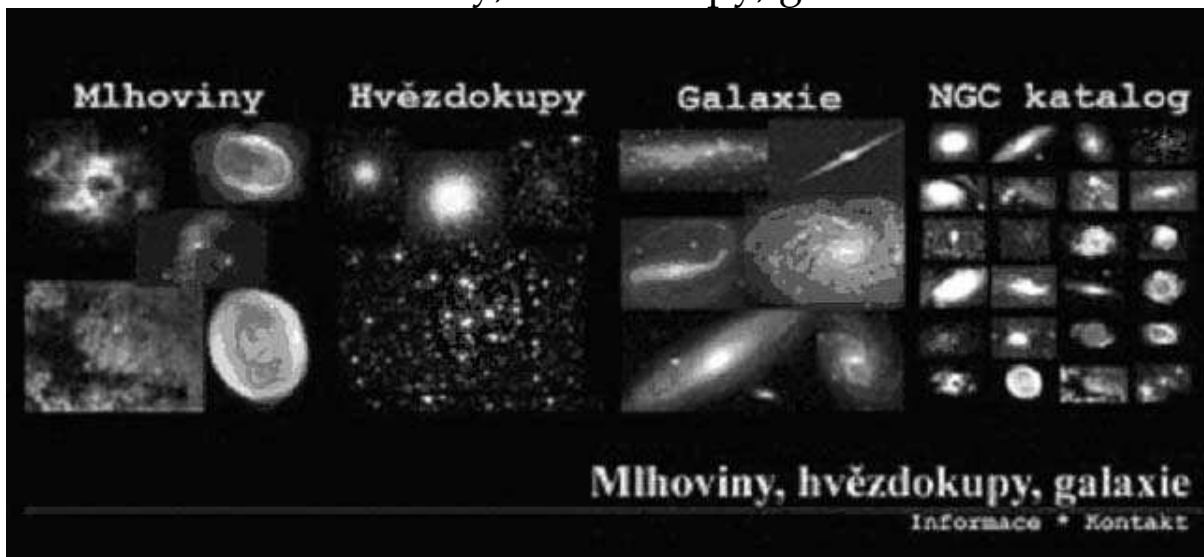
Miroslav Randa*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

V letech 2000–2005 jsem řešil (resp. řeším) společně se skupinou studentů Západočeské univerzity v Plzni několik projektů Fondu rozvoje vysokých škol (F 486/2000, B 953/2001, 1646/2002/F4, 1638/2002/G4; nyní 2619/2005/F6d), v jejichž rámci jsme vytvářeli webové astronomické stránky věnované sluneční soustavě, mlhovinám, hvězdokupám a galaxiím; v současné době vznikají stránky o hvězdách. Stránky jsou dostupné na adrese astro.pef.zcu.cz.

Sluneční soustava



Mlhoviny, hvězdokupy, galaxie



Webové stránky mají oproti knižním publikacím mnoho předností: mohou být neustále aktuální (aktualizace poznatků je snazší a rychlejší), mohou obsahovat informace i v multime-

* randam@kof.zcu.cz

diální formě (videokázky, zvukové snímky, animace apod.), četné barevné obrázky (bez vlivu na cenu), jsou snadno dostupné z hlediska technického i finančního.

V současné době je rozsah vytvořených stránek téměř 3 GB v téměř 2 000 souborech html (do tohoto počtu není zahrnuto dalších téměř 9 000 stránek generovaných dynamicky pomocí php). Podrobná statistika souborů je v tabulce 1:

Tabulka 1: statistika stránek astro.pef.zcu.cz

Texty	2 082 ks	24 MB	1 %
Animace	224 ks	1 286 MB	48 %
Obrázky	13 230 ks	1 218 MB	45 %
Ostatní	500 ks	149 MB	6 %
Celkem	16 036 ks	2 678 MB	

Webové stránky jsou zřejmě nejvýznamnějšími stránkami v této oblasti, jak o tom svědčí například to, že jsou zároveň zrcadleny na oficiálních stránkách České astronomické společnosti <http://planety.astro.cz> a <http://objekty.astro.cz> (v budoucnu také <http://hvezdy.astro.cz>). Stránky jsou velmi hojně navštěvovány nejen z ČR, ale i ze zahraničí. Během let 2000–2005 návštěvnost stránek výrazně vzrostla, jak je patrné z tabulky 2 (skutečný počet návštěv je ještě vyšší, než uvádí poslední sloupec, protože registruje počet originálních IP adres počítačů a na školách je běžné, že z jednoho počítače přistupuje více uživatelů). O zájmu o stránky svědčí i to, že nejvýznamnější vyhledávací server www.google.com uvádí stránky sluneční soustavy na prvním místě (po zadání „sluneční soustava“).

Tabulka 2: statistika návštěvnosti stránek astro.pef.zcu.cz

Měsíc	Hity	Bajty	Návštěvy
Říjen 2000	4	2 104	4
Duben 2001	8 190	83 467 096	298
Říjen 2001	11 933	164 043 431	483
Duben 2002	114 239	1 098 280 718	676
Říjen 2002	138 844	1 738 365 736	1 924
Duben 2003	214 817	9 256 667 606	3 551
Říjen 2003	215 932	4 552 837 324	4 749
Duben 2004	511 212	10 884 459 543	9 427
Říjen 2004	669 977	16 575 726 123	9 382
Duben 2005	1 179 463	16 153 641 491	14 958

Hity: Celkové množství souborů vyžádaných od serveru.

Bajty: Množství přenesených informací.

Návštěvy: (Přibližný) počet skutečných individuálních návštěvníků.

Mnohatělesové simulace a jejich využití při studiu výpočetní fyziky

Jakub Schwarzmeier*, katedra obecné fyziky Fakulty pedagogické ZČU v Plzni

Úvod

Tento příspěvek uvádí možnosti využití mnohatělesových simulací jako součásti výuky výpočetní fyziky. Student při řešení takového úkolu musí čelit všem rozměrům výpočetní fyziky – modelování a simulaci, numerickým metodám, jejich přesnosti a chybám, definičním oborům a oborům hodnot fyzikálních veličin (funkcí) a jejich reprezentaci v digitálním počítači, paralelnímu programování, redukci a dolování dat, vizualizaci a animaci. A když se mu podaří naučit řešit fyzikální problém počítač, získá tím velmi dokonalou představu o tom, jak lze takovou úlohu řešit i bez něj. Snadná dostupnost a neustále se zvyšující výkonnost dnešní výpočetní techniky a programového vybavení činí z této oblasti velmi přitažlivý doplněk ke klasickým metodám studia a výuky fyziky.

1. Současný stav

Diskuze o použití mnohatělesových simulací jako vhodného nástroje pro výuku využití počítačů ve vědě byla vyvolána příspěvkem Johnsonové a Teubena [1]. Začal se také připravovat první výukový text pro zájemce o mnohatělesové simulace dynamiky hvězdokup. Ti mohou využívat projekt zahájený v roce 2004 Hutem a Makinem [2]. Pro povzbuzení zájmu o výpočetní fyziku jsou v zahraničí pro vysokoškolské studenty kontinuálně konány letní školy, semináře a jiná setkání v této oblasti.

2. Modelování a simulace

Simulaci lze definovat jako proces numericky řešící soustavu diferenciálních rovnic. Tyto diferenciální rovnice popisují *model*, který určuje chování simulace. Obvykle je žádoucí, aby se model co nejlépe přibližoval principům vytvářejícím realitu.

Mnohatělesový¹ problém je určen takto. Jsou dány počáteční podmínky, tedy počáteční pozice a počáteční rychlosti všech objektů v systému. Úkolem je provést vyhodnocení interakcí mezi všemi těmito objekty na základě modelu, v oblasti astronomie Newtonovým gravitačním zákonem, což vede k získání nových pozic a rychlostí prostřednictvím simulace. Tento proces se neustále opakuje, čímž jsou získávány informace o dynamice tohoto systému, tedy jeho vývoji. Mnohatělesová simulace nachází praktické uplatnění v mnoha dalších oblastech fyziky, jako v molekulární dynamice, dynamice tekutin, elektrodynamice, fyzice vysokých energií atd.

Mějme tedy množinu n -těles s pozicemi $\vec{r}_i(t_0)$, rychlostmi $\vec{v}_i(t_0)$ a hmotnostmi m_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$. Pohybové rovnice pro i -té těleso jsou:

$$\frac{d\vec{r}_i}{dt} = d\vec{v}_i \quad (1.1)$$

$$m_i \cdot \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \vec{F}_{ij}, \quad (1.2)$$

* schwarz1@kof.zcu.cz

¹ nebo také n -tělesová, n -částicová simulace

kde $j = 1, 2, \dots, n$. Změna rychlosti v čase (zrychlení) i -tého tělesa je dána silovým působení všech ostatních částic podle 2. Newtonova zákona. Pro astronomické simulace je pravá strana rovnice (1.2) dána všeobecným gravitačním zákonem $\vec{F}_{ij} = G \cdot \frac{m_i \cdot m_j}{r_{ij}^3} \cdot \vec{r}_{ij}$, kde G je gravi-

tační konstanta, $\vec{r}_{ij} = \vec{r}_j - \vec{r}_i$ a $r_{ij} = |\vec{r}_j - \vec{r}_i|$. Na základě tohoto modelu lze simulovat planetární soustavy, hvězdné systémy, uskupení galaxií a vesmír samotný.

Přístupné je vylepšení klasického (newtonovského) modelu gravitace za relativistický (PPN²) model [3]. Na základě tohoto modelu pak můžeme např. simulovat dynamiku těles, u nichž dochází vlivem platnosti einsteinovské teorie gravitace ke stáčení polohy pericentra (např. dvojitý pulsar PSR 1913+16).

V mnohatělesových simulacích se lze naučit také numerickým interpolacím a extrapolacím, pokud uvažujeme u pohybu komet vedle vlivu gravitace také s jejich negravitačním pohybem. K němu dochází vlivem platnosti zákona zachování hybnosti při reakci na plyny unikající z jádra komety. V důsledku setrvačnosti vedení tepla skrze jádro komety nedochází k maximálnímu úniku plynů (a tedy největšímu negravitačnímu působení na pohyb) v době největšího přiblížení ke Slunci, ale v určité době před, nebo po průchodu perihéliem.

3. Přesnost a chyby numerických metod

Nejprve je nutno se ujistit, že *implementace algoritmu* ve formě počítačového programu neobsahuje chybu. První testem o správnosti implementace může být simulace soustavy, o níž víme, že je dlouhodobě stabilní. Příkladem může být sluneční soustava, kde v případě zjištění, že se planety „rozutečou“ po okolním prostoru, víme, že něco není v pořádku.

Simulace popsané diferenciálními rovnicemi je třeba numericky integrovat. Mezi jednoduché, přesto v řadě případů dostatečně přesné metody patří Eulerova metoda, metoda „skákačká žáby“ a Runge-Kuttova integrační metoda. Integrace je provedena pro určitý *časový krok*, který musí mít vhodnou délku. Nesmí být ani příliš malý ani příliš velký. Existují také metody s proměnným, automaticky se doladujícím časovým krokem.

Kvantifikovat chybu integračního algoritmu pak lze pomocí *řádu přesnosti*, který je určen nejnižší mocninou časového kroku v Taylorově rozvoji. Například Eulerova metoda je 1. řádu přesnosti, metoda „skákačká žáby“ je metoda 2. řádu a metody Runge-Kutty jsou obvykle vyšších řádů přesnosti. Teoreticky by mohla být zvýšením řádu metody dosažena přesnost až na úroveň, se kterou jsou vyjádřitelná reálná čísla v počítači (např. 15 platných míst pro dvojitou přesnost podle IEEE využívající 64 bitů).

Obecně je *přesnost metody* určena velikostí odchylky numerického (diskrétního) řešení od řešení analytického (spojitého) ve formě diferenciálních rovnic. V oblasti n -tělesových simulací lze porovnat rozdíl mezi numerickou simulací a analytickým řešením pro dvě tělesa. *Stabilita metody* určuje, zda-li malá odchylka numerického řešení od analytického nevede při dalších iteracích k dalšímu (až katastrofickému) růstu této odchylky.

Při konstantním časovém kroku dochází k chybě, pokud se dvě tělesa přiblíží blízko sobě. Příliš velký časový krok pak vede k anomálnímu urychlení těles, která následně opustí gravitačně vázanou soustavu těles. K tomuto umělému jevu dochází v simulacích galaktické dynamiky. Ve skutečné galaxii je blízké setkání hvězd vzhledem k jejich prostorové distri-

² angl. parametrized post-Newtonian formalism

buci málo pravděpodobně³. Pokud však k takovému přiblížení dojde v numerické simulaci, je hvězda anomálně urychlena a opustí galaxii (zahřívání disku).

Tento problém je uměle řešen *vyhlazením* nekonečně hluboké potenciálové jámy s distribucí podle Diracovy δ -funkce v místě výskytu tělesa, která se vyskytuje při použití klasického vztahu pro gravitaci. Parametrem určujícím vyhlazení je *vyhlazovací délka* ε , načež gravitační potenciál takového tělesa přechází na Plummerův potenciál ve tvaru $U(r) = G \cdot m \cdot (r^2 + \varepsilon^2)^{-1/2}$. Jinak lze problém blízkého setkání dvou těles řešit proměnným časovým krokem.

V každé numerické simulaci vznikají vlivem *zaokrouhlování* a *diskretizace* další chyby, kterým se nelze vyhnout. Jejich příčinou je reprezentace reálných čísel v počítači, kde jsou uchována jako čísla s konečným počtem míst a pohyblivou řádovou čárkou.

Chyba zaokrouhlování vede při použití čísel s jednoduchou přesností (32 bitů) například k výsledku $3,0 \cdot \left(\frac{1,0}{3,0}\right) = 0,9999999$. Chyba diskretizace vzniká při převodu diferenciální rovnice do algebraické formy diskretizací fyzikálních veličin. Tuto chybu uvádí již samotný časový krok $\delta t \rightarrow \Delta t$ v integrační metodě.

V mnohatělesové simulaci jakožto dynamickém fyzikálním systému lze sledovat ještě jeden ukazatel, který vypovídá o přesnosti simulace. Je jím celková energie a její zachovávání. Další odchylka modelovaného systému oproti skutečnosti je způsobena malým počtem částic reprezentujících např. ve stelární dynamice počet hvězd v hvězdokupě nebo galaxii. Proto je nutné hledat způsoby, jakými lze tento počet navýšit.

4. Paralelizace výpočtu

Simulaci s větším počtem těles, než je možné vykonat na jednom procesoru, lze provést rozložením výpočtu na tzv. masivně paralelní počítač (superpočítač) s distribuovanou pamětí paralelizací simulačního programu. Standardně jsou v této oblasti využívány platformově nezávislé knihovny *PVM (Parallel Virtual Machine)* a *MPI (Message Passing Interface)*.

Technologické možnosti používané ke zvyšování výkonů samotných procesorů začaly narážet na obtíže. Aby byl dodržen růst jejich výkonnosti podle Moorova zákona [4], obsahují nové čipy funkčně více procesorů. Již dnes tak sekvenční simulační programy nedokáží využít možnosti výkonnosti hardware osobního počítače. V této oblasti procesorů se sdílenou pamětí lze využít platformově nezávislé programového rozhraní *OpenMP*.

Pokud tedy chtějí studenti fyziky efektivně využívat počítač k numerickým simulacím, je vhodné je naučit používat tyto způsoby paralelního programování. Platformová nezávislost je důležitá především z důvodu přenositelnosti mezi jednotlivými architekturami/operačními systémy počítačů. Pokud píšete paralelní simulační program, investujete do něho značné množství svého času, pak lze očekávat, že budete chtít co nejširší možnosti pro jeho provádění.

5. Redukce a dolování dat

V oblasti mnohatělesových simulací se setkáváme s ohromnými objemy dat. Přestože pro analýzu většiny běžných simulací jsou použitelné standardní metody (MS-Excel, Gnuplot, Matlab, Mathematica), není tomu tak u mnohatělesových simulací. Z pedagogického hledis-

³ Odlišným případem je dynamika hvězdokup, kde jsou naopak blízká setkání těles častá a problém se z důvodu potřeby vyšší přesnosti řeší jiným (složitějším) způsobem.

ka se student při programování vlastních analyzačních nástrojů naučí rozpoznat chyby, které může v těchto informacích očekávat, porozumět jejich kvalitě, rozpoznat správné informace od špatných a k popisu těchto informací se musí naučit používat statistický popis.

Pro uchování dat je výhodné použít pro lidi snadno čitelný sebe-popisující formát dat v podobě rozšiřitelného značkovacího jazyka (XML), jehož sémantika a struktura je rozšiřitelná o další uživatelem definované prvky. Na druhou stranu samotné výsledky simulací je vhodné uchovávat v nezpracované („binární“) formě. Se získáním informací z textového XML souboru je spojena vedlejší režie.

6. Vizualizace a animace

S redukcí a dolováním dat úzce souvisí vizualizace a animace. Simulace vytvořená především pro výzkumné účely by měla být ve zjednodušujících souvislostech zpřístupněna také široké veřejnosti. Vizualizace a animace přitom může toto sdělení jasně a jednoduše formulovat, aby se věda nestala výhradně doménou specialistů. Realizace vizualizace opět leží na studentovi, který musí vyvinout speciální programové vybavení, jenž graficky znázorní výsledky simulace.

7. Závěr

V průběhu studia se prakticky všichni posluchači technických a přírodovědných oborů setkávají se simulacemi. Při použití hotových simulačních programů je však třeba věnovat pozornost tomu, aby studenti měli představu, jakým způsobem program získává a prezentuje výsledky. Zcela nepochybně platí, že jakmile přenechají práci počítači, přestávají přemýšlet. Nedostatečně efektivně nebo dokonce zcela nesprávně také někdy dochází k využívání předpřipravených knihoven funkcí. Na druhou stranu je dnes prakticky nereálné, aby si všechny části potřebné pro vývoj simulačního programu vytvářeli sami. Interdisciplinární spolupráce mezi oblastmi výpočetní techniky a fyziky je přitom užitečná pro obě zúčastněné disciplíny.

Literatura

- [1] Johnson V., Teuben P.: *Astronomical Data Analysis Software and Systems XII*. ASP Conference Series, No. 295 (2003).
- [2] Hut P., Makino J.: *The Art of Computational Science*, <<http://www.ArtCompSci.org/>>, 2004.
- [3] Will C. M., Nordtvedt K.: *Conservation laws and preferred frames in relativistic gravity*. *Astrophys. J.*, No. 177 (1972), p. 757.
- [4] Moore G. E.: *Cramming more components onto integrated circuits*. *Electronics* No. 38 (1965).

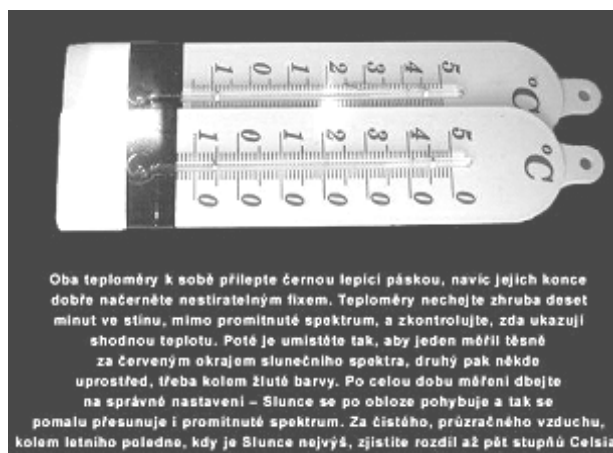
Vševlnová astrofyzika ve výuce fyziky

Vladimír Štefl*, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky PF MU Brno

Astrofyzika zkoumá fyzikální a chemické procesy ve vesmíru, při kterých se uvolňuje energie. Procesy jsou doprovázeny vyzařováním na různých vlnových délkách. Historicky nejdříve bylo k sledování procesů ve vesmíru používáno pouhé oko. Omezující vlastností lidského zraku je poměrná úzkost spektrálního pásma, ve kterém je oko citlivé na dopadající záření. Proto již přes dvě století trvá snaha astrofyziků o rozšíření detekovaného intervalu vlnových délek. Koncem minulého století astrofyzika dokončila přechod z optické na vševlnovou. Prostřednictvím speciálních přístrojů vnesených nad zemskou atmosféru lze nyní detekovat fotony ve všech spektrálních oborech, od rádiového až po γ -záření.

Za počátek přechodu od optické k vševlnové astrofyzice lze považovat objev infračerveného záření Slunce, učiněný Williamem Herschelem (1738–1822). Roku 1800 při svých experimentech přišel na zkušenost, že teploměr umístěný za červenou oblastí optického spektra ukazuje větší teplotu.

Žákům lze původní Herschelův pokus [1] v mírné modifikaci za slunného počasí předvést, přístrojově je nenáročný. Pro jeho názornější provedení lze doporučit lihové teploměry s načerněnými konci, které lépe absorbují dopadající infračervené záření.



V roce 1801 Johann Wilhelm Ritter (1776–1810) objevil ultrafialové záření Slunce. Jeho kvalitativní pokus byl založen na působení ultrafialového záření na chlorid stříbrný (AgCl) nanesený na papírový proužek. Za modrým koncem spektra se původně bílá sraženina zbarvila vlivem ultrafialového záření šedě. Podrobnější informace k oběma pokusům lze najít na adrese [2] a v české verzi [3].

Připomínám, že Herschelův rod pocházel z Heršpic nedaleko Slavkova u Brna na Moravě, kterou musel v pobělohorské době jeho děd Abraham Jelínek-Hirschel jako protestant opustit. Přes Německo, Drážďany a Hannover se nakonec rodina roku 1757 přestěhovala do Anglie [4].

Snímky jednoho a téhož objektu na různých vlnových délkách umožňují získat množství nových astrofyzikálních informací. Na vybraných příkladech jednotlivých typů kosmických objektů – planet, Slunce, hvězd, mlhovin i galaxií si uvedeme stručnou charakterizaci snímků, typické postupy při jejich popisech ve zvolených spektrálních oborech elektromagnetického spektra.

* stefl@astro.sci.muni.cz

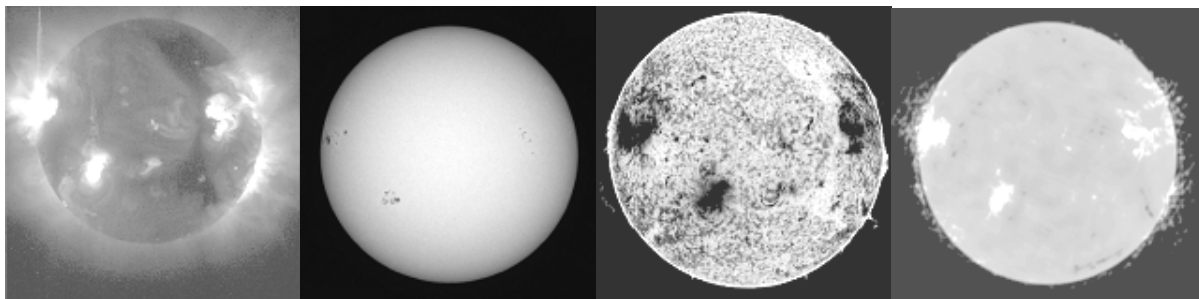
Vyzdvižením souvislosti s fyzikou, s celkovým elektromagnetickým spektrem, se zákony záření černých těles při výkladu či jejich aplikaci v úlohách nastíníme možnosti začlenění problematiky vševlnové astrofyziky do výuky fyziky.

Výklad začneme planetou **Saturnem**, na jejímž snímku v ultrafialovém oboru můžeme pozorovat polární záři nacházející se ve výšce zhruba 1 500 km nad vrstvou mraků. Je vyvolána interakcí částic slunečního větru s plazmatem v horní atmosféře Saturnu. Částice slunečního větru v důsledku existence magnetického pole planety jsou soustřeďovány do polárních oblastí, kde vyvolávají záření při interakcích záření atomárního a molekulárního vodíku. Ve viditelném světle pozorujeme jemné útvary v atmosféře, stejně jako rozsáhlý systém prstenců. Infračervený snímek ukazuje více detailů, rozdílné barvy zachycují různou výšku a složení vrstev mraků v atmosféře. Na snímku z rádiového oboru sledujeme rádiové záření planety a jeho absorpci prstencem.

Ještě zajímavějším objektem z hlediska pestrosti snímků je **Slunce**, protože jednotlivé snímky zachycují různé atmosférické vrstvy a jevy v nich. V rentgenové oblasti pozorujeme horkou korónu, vnější vrstvu atmosféry Slunce. Rentgenové záření Slunce bylo neočekávané, neboť objekty vyzařující většinu energie v rentgenovém oboru mají teploty mnohem vyšší $\approx 3 \cdot (10^5 - 10^8)$ K, zatímco teplota povrchu Slunce je 5 800 K. V rentgenovém oboru však září koróna s teplotou $2 \cdot 10^6$ K. Rentgenový výkon při klidném Slunci dosahuje asi $\approx 10^{20}$ W, při zvýšení aktivity výkon naroste až o tři řády. Na rentgenovém snímku pozorujeme mohutné erupce, jasné aktivní oblasti se zvýšenou teplotou, zpravidla nad velkými skupinami skvrn. Jde o tzv. koronální kondenzace, formované magnetickými poli nad aktivními oblastmi, magnetické silotrubice jsou naplněny horkou plazmou. Vznikají hlavně v koróně při změně rychlosti pohybu volných elektronů průletem kolem nabitých jader.

Snímek v ultrafialové oblasti ukazuje hlubší vrstvy sluneční atmosféry. Ve viditelném oboru lze sledovat sluneční skvrny, oblasti se sníženou teplotou až o 1 500 K. Infračervený snímek odhaluje velké tmavé oblasti chladného a hustého plazmatu, kde je infračervené záření absorbováno. V rádiovém oboru pozorujeme střední vrstvy sluneční atmosféry.

Žáci mohou porovnat shodné a rozdílné detaily snímků Slunce ve stejném čase v různých spektrálních oborech. Druhou možností je sledování snímků získaných v odlišném čase, tak můžeme pozorovat například přemísťování slunečních skvrn po disku, tedy rotaci Slunce nebo vývoj protuberancí, shrnuto vývoj Slunce během několika dnů. Obdobně lze pozorovat celkovou změnu vzhledu Slunce v průběhu měsíce či roku, odtud na základě sledování snímků lze učinit závěr o aktivitě Slunce či dokonce o periodicitě sluneční aktivity.



Hvězdy vyzařují tepelné záření, jehož intenzita závisí na teplotě. V prvním přiblížení k popisu záření hvězd používáme zákony záření černého tělesa. Hvězdy se vyznačují různými povrchovými teplotami, proto v optické oblasti pozorujeme jejich odlišné barevné odstíny. Objasnění různých barev hvězd vyplývá z Planckova vyzařovacího zákona. Na snímcích o různých vlnových délkách můžeme rozlišovat hvězd podle jejich povrchové teploty. Rentgenový snímek oblasti souhvězdí Orionu zachycuje mimo jiné bílé trpaslíky, zbytky supernov

v Galaxii i vzdálené vnější galaxie a kvasary. Snímek v ultrafialovém oboru zvýrazňuje oblast pásu Orionu, včetně známé mlhoviny v Orionu M42, kde vyzařují mladé horké hvězdy. V optickém oboru lze pozorovat hvězdy různého stáří a odlišných povrchových teplot. Oblasti záření plynu a prachu, z kterého nové hvězdy vznikly, jsou zvýrazněny na infračerveném snímku. Mapu rozložení molekul vodíku v mezihvězdném prostředí, s nejvyšší hustotou zachycenou červenou barvou, poskytuje snímek v rádiovém oboru.

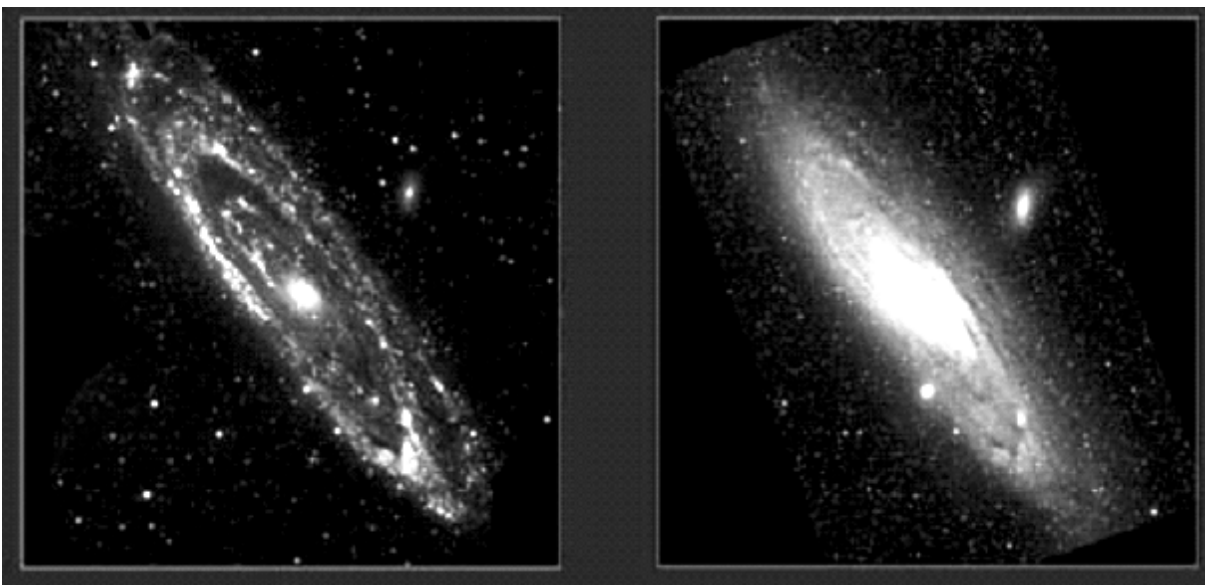
Esteticky velmi přitažlivým a astrofyzikálně vděčným objektem je **Krabí mlhovina**, v jejímž středu rotuje pulsar – neutronová hvězda – 30krát za sekundu. Snímky v rentgenovém oboru ukazují dynamické prstence a výrony hmoty z centrální oblasti v okolí pulsaru, který je zdrojem částic s největší energií. Žákům položíme otázku: Jaký je mechanismus vzniku rentgenového záření Krabí mlhoviny? Komplexní stavební strukturu Krabí mlhoviny ilustruje snímek v optickém oboru. Vlákna vodíkového plynu vytváří vnější obálku po výbuchu plynu. Na rádiovém snímku pozorujeme záření z oblastí vzdálených od středového pulsaru.

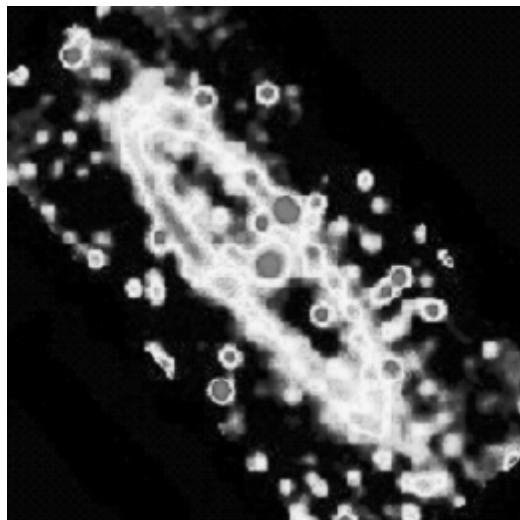
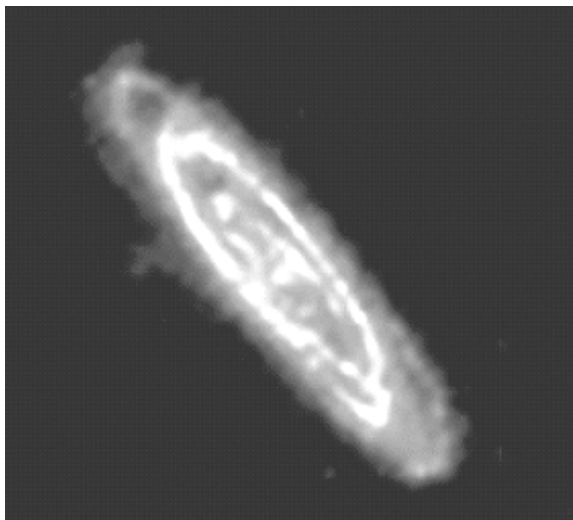
Svým vzhledem atraktivní je emisní mlhovina **Tarantule**. Její snímek v optickém oboru ukazuje celkové rozdělení osvětleného plynu v mlhovině. Primárním zdrojem jsou horké a mladé hvězdy, modří veleobři vnořené do centrálního jádra mlhoviny. Tarantule je velkolepým příkladem oblasti HII, kde je vodík ionizován ultrafialovými fotony emitovanými jasnými horkými hvězdami. Na snímku v blízkém infračerveném oboru je oblast zářícího plynu menší. V rentgenovém oboru snímek mimo jiné zachycuje zbytky plynu po výbuchu supernovy.

Nejbližší vnější galaxii na severní obloze **M31** si představíme nejprve v ultrafialovém oboru, snímek zachycuje prstenec horkých hvězd s velkou hmotností a oranžově-bílou centrální výduť vytvářenou chladnými hvězdami.

V optickém oboru pozorujeme typický vzhled spirální galaxie. Mladé hvězdy s velkou hmotností vytváří modravé zbarvení některých oblastí snímku. Pásky prachu jsou promíchány s molekulárním plynem, který je pozorovatelný v rádiovém oboru. Velkou gigantickou galaxii M31 doprovázejí menší trpasličí eliptické galaxie M32, M110.

Snímek v infračerveném oboru ukazuje především prstenec ve vnější části galaxie. V něm vzniká rozsáhlý počet nových hvězd. Na rádiovém snímku na vlnové délce 6 cm pozorujeme jasné jádro a prstenec v galaxii. Jasné oblasti jsou vyznačeny červeně. Rozložení oblastí vzniku infračerveného a rádiového záření je přibližně shodné.

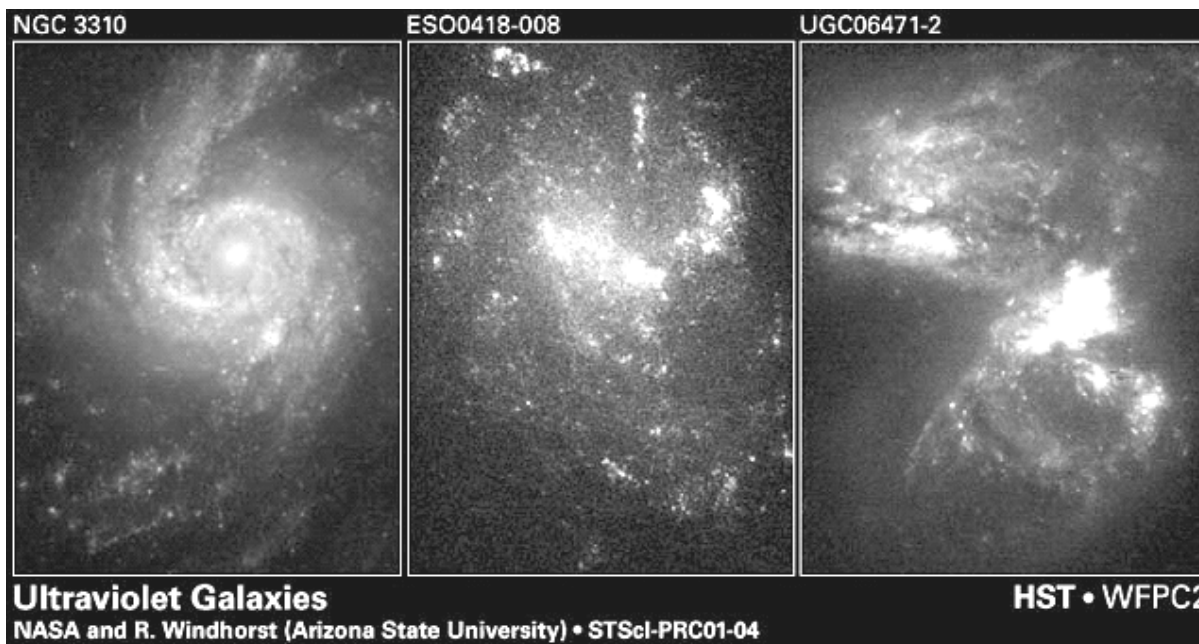




Prostřednictvím **galerie snímků velmi vzdálených galaxií v ultrafialovém oboru** můžeme dokumentovat jejich vývoj v rozpínajícím se vesmíru. Pozorujeme je jako mladé galaxie ve stádiu zrodu, vyznačující se velmi nepravidelnými tvary. Takto byly prostudovány snímky desítek blízkých galaxií v ultrafialovém oboru. Následně byly porovnány stavební struktury těchto galaxií a velmi vzdálených galaxií pořizených v optickém oboru. Proč provádíme takové srovnání?

Na záření přicházejícím z velmi vzdálených galaxií se projevuje rozpínání vesmíru. Jeho vlnová délka se zvětšuje a posouvá k červenému konci spektra. Proto se u takových galaxií záření z původně optické oblasti spektra posune do infračervené a z původně ultrafialové do optické části spektra.

Ve velmi vzdálených galaxiích pozorujeme jen horké mladé hvězdy. Pokud v nich existují normální hvězdy typu našeho Slunce, jejich záření se posunulo mimo optickou oblast spektra a na snímcích galaxií chybí. Důsledkem je podivný nepravidelný tvar galaxií.



První snímek zachycuje centrální oblast galaxie NGC 3310, nacházející se ve směru souhvězdí Velké Medvědice. Mladé a staré hvězdy zde jsou rozmístěny relativně rovnoměrně, což je atypické, neboť u většiny galaxií rozdělení hvězd podle stáří existuje.

Na středním snímku je malá a mladá spirální galaxie ESO 0418-008, která se promítá do souhvězdí Pece. Podobných trpasličích galaxií bylo již objeveno několik desítek tisíc. Starší červené hvězdy se koncentrují ke středu galaxie, zatímco mladší modré tvoří především vyvíjející se spirální ramena.

Poslední snímek zachycuje srážku galaxií UGC 06471 a UGC 06472, které leží ve směru souhvězdí Velké Medvědice. Snímek v ultrafialovém oboru prozrazuje přítomnost velkého množství prachu, který způsobuje zčervenání světla hvězd v některých oblastech galaxie. Studium dějů při srážkách malých galaxií by mohlo objasnit nepravidelné tvary vzdálených zárodků galaxií.

Článek vychází z materiálů publikovaných agenturou NASA, popisované a nezařazené v textu snímky lze najít na adrese [5].

Do výuky můžeme zařadit úlohy s problematikou vševlnové astrofyziky.

1. Navrhněte typ detekčního přístroje ke zjištění záření přicházejícího ze spirálních ramen Galaxie. Záření vzniká v atomech vodíku při přechodu z paralelní na antiparalelní orientaci spinů protonu a elektronu. Teoreticky propočítaný rozdíl mezi oběma energetickými hladinami je $1,1 \cdot 10^{-24}$ J.

Výpočtem stanovíme vlnovou délku $\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = 0,21$ m, detekčním přístrojem bude rádiový teleskop pracující na vlnových délkách řádově desítek centimetrů, např. v Effelsbergu v Německu.

2. Infračervená astrofyzika umožňuje studium hvězd s teplotou nižší než 4 000 K. Z infračerveného pozorování fyzické dvojhvězdy 2MASSWJ 0746425+2000321 byly zjištěny údaje: $T = 10,5$ roku, $a = 0,19''$, $\pi = 0,08''$. Určete $M_1 + M_2$.

Po dosazení do III. Keplerova zákona

v přesném tvaru $\frac{a^3}{T^2} = M_1 + M_2$ obdržíme

$M_1 + M_2 = 0,15 M_S$. Z dalších údajů zjištěná

hmotnost jednotlivých složek je

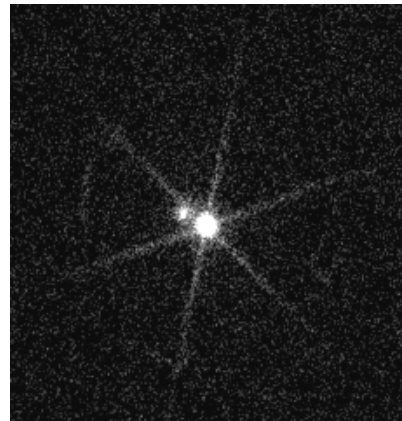
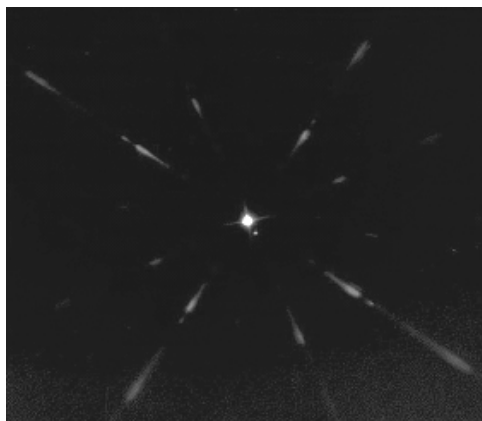
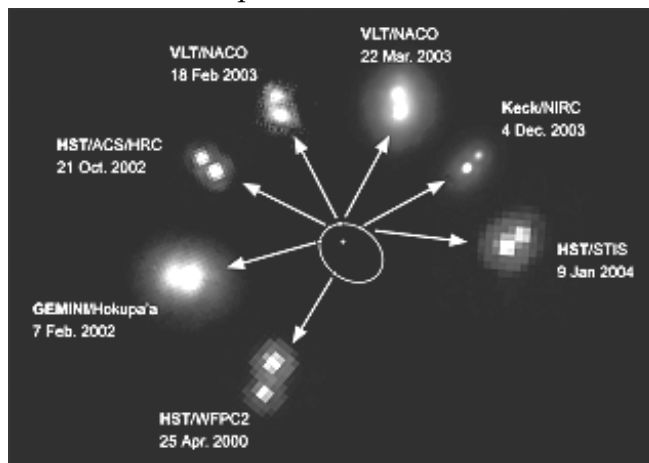
$M_1 = 0,085 M_S$, $M_2 = 0,066 M_S$. Astrofy-

zikálně jde o velmi zajímavou soustavu,

jedna složka má hmotnost mírně převyšující

kritickou hmotnost hnědého trpaslíka $0,075 M_S$, zatímco druhá složka je již typickým

hnědým trpaslíkem.



3. Snímky dvojhvězdy Síríus zachycují obě složky, Síríus A s povrchovou teplotou 9 500 K a Síríus B 24 800 K. Zdůvodněte rozdílnou viditelnost obou složek v optickém a rentgenovém oboru.

Využijeme Wienova posunovacího zákona $\lambda_m \cdot T = b$, odkud stanovíme vlnovou délku maximální intenzity vyzařování u obou hvězd: Síríus A $\lambda_{mA} = 2,9 \cdot 10^{-7}$ m, Síríus B $\lambda_{mB} = 1,2 \cdot 10^{-7}$ m. V rentgenovém oboru tak můžeme lépe pozorovat bílého trpaslíka Síríus B, který je ve viditelném oboru obtížně pozorovatelný.

Následuje shrnutí elektromagnetického spektra.

záření	teplota	charakteristické objekty
γ -záření	$T > 10^8$ K	srážky kompaktních objektů, např. neutronových hvězd, Krabí mlhovina, Galaktické centrum, zbytky po erupcích supernov, akreční disky
rentgenové záření	$T \in (10^6 - 10^8)$ K	neutronové hvězdy, zbytky supernov, horká mračna plynů v mezigalaktickém prostoru, akreční disky
ultrafialové záření	$T \in (10^4 - 10^6)$ K	horké hvězdy, kvasary, zbytky supernov
optické záření	$T \in (10^3 - 10^4)$ K	planety, hvězdy, Slunce, galaxie, reflexní a emisní mlhoviny
infračervené záření	$T \in (10^1 - 10^3)$ K	chladní červení obři a trpaslíci, galaktické jádro, protohvězdy, mezihvězdný prach, planety, komety
rádiové záření	$T < 10$ K	chladná mračna mezihvězdného vodíku HI, oblasti v blízkosti neutronových hvězd a bílých trpaslíků, Slunce, reliktní záření

Vševlnový přístup přináší důležité výsledky nejen v odborné astrofyzice, ale umožňuje i nové postupy ve výuce. Snímky v různých spektrálních oborech podávají žákům všestrannější pohledy na kosmické objekty, umožňují zachytit jevy, které nelze v optickém oboru sledovat. Mohou být nezanedbatelným zdrojem i estetických zážitků.

Literatura

- [1] Herschel W.: *Phil. Trans. Royal Soc.* London 1800, 284.
- [2] http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/herschel_experiment2.html.
- [3] Dušek J.: *Návod na použití vesmíru*. <http://navod.hvezdarna.cz/navod/nic.htm>.
- [4] Grygar J.: *Dvě století infračervené astronomie*. Corona Pragensis 2000/6.
- [5] <http://www.ipac.caltech.edu/Outreach/Multiwave/multiwave.html>.
- [6] Randa M.: *Rentgenová astrofyzika*. Školská fyzika VIII, 2004, č. 2, s. 3.

Diagnostika prekonceptů vybraných společných pojmů mezi chemií a fyzikou na základní škole

Linda Štastná, Gymnázium Ústí nad Labem, Stavbařů*

1. Prekoncepty – žákovská pojetí

Každý učící se jedinec přichází během procesu učení do konfliktu, v němž se jeho osobité představy střetávají s vědeckým poznáním. Tyto představy se nazývají prekoncepty. Jsou obvykle pevně fixovány v mysli dítěte a v rámci vyučovacího procesu musí být přehodnoceny, případně popřeny, aby tak vznikl prostor pro nové poznání [1]. Prekoncepty jsou individuálními charakteristikami učícího se jedince (žáka) a jsou utvářeny všemi dosavadními vlivy a zkušenostmi, které na něj působily po celý jeho předchozí život. Jedná se jak o vlivy školní, tak také o vlivy mimoškolní. Prekoncept však nemá pouze charakter znalosti, ale velmi důležitá je i jeho druhá dimenze, a to dimenze afektivní. Při prvotním seznámení se s novým pojmem vzniká u člověka i určitá emocionální reakce na nový pojem. Tvoří se obvykle na základě asociací, které nový (a tudíž dosud neznámý) pojem u člověka vyvolává. Tento emocionální obsah vytváří afektivní dimenzi prekonceptu, tedy postoj k němu [2]. Prekoncept je základem učení. Je důležité, aby učitel, který výuku připravuje, měl o prekonceptech svých žáků přehled. Významné místo proto zaujímá diagnostika prekonceptů. Znalost jakéhosi průměrného (či nejčastějšího) prekonceptu žáka dané úrovně by měl učiteli umožnit plánovat a realizovat výuku co možná nejefektivněji. Bude pak schopen lépe si vytvořit obraz o tom, s čím žáci do školní výuky vstupují a jak s těmito představami pracovat, jak je měnit.

2. Mezipředmětové vztahy

Mezi objekty a jevy v přírodě existují určité vztahy. Objevit je a kvantitativně formulovat, o to se snaží jednotlivé vědní disciplíny. Ukazuje se, že systémy poznatků jednotlivých věd nejsou izolované, ale prolínají se navzájem a často spolu kauzálně souvisejí. Od druhé poloviny 20. století je charakteristickým znakem vývoje přírodních věd integrace, která vstupuje jako objektivní zákonitost vývoje těchto věd, jako projev mezivědních vztahů [3].

Každý žák má ve škole na druhém stupni průměrně 13 vyučovacích předmětů, teoreticky i 13 možných učitelů, kteří se snaží o to, aby získal soustavu poznatků o přírodě a společnosti. Zkušenosti a různé průzkumy ukazují, že je nereálné chtít po žácích, aby sami dovedli spojovat poznatky z jednotlivých předmětů. Je to důsledek jednak vytváření izolovaných didaktických systémů učiva jednotlivých vyučovacích předmětů a v důsledku toho nedobrá koordinace učiva v učebnicích těchto předmětů. Smyslem mezipředmětových vztahů je, aby se vědomosti žáků spojovaly v ucelený obraz skutečnosti. Na 1. stupni základní školy se mezipředmětové vztahy uplatňují především v integrované výuce základním poznatkům z přírodních věd v přírodovědě.

Přírodovědné předměty na úrovni základní školy poskytují při vhodně uspořádaném kurikulu dostatečný prostor pro praktickou realizaci integrované výuky tak, jak probíhá například v rámci projektu FAST realizovaném na vybraných školách ve Slovenské republice [4]. Zde však nejde o výuku oddělených samostatných předmětů, jak je známe z tradiční školy, ale o předmět „přírodovědné vzdělávání“, jehož výuka probíhá ve čtyřhodinových blocích a vedle teoretické výuky obnáší i řadu praktických činností, ověřování získaných poznatků na základě

* Linda.Stastna@seznam.cz

komplexnějších, prakticky zaměřených projektů atd. V obsahu předmětu „přírodovědné vzdělávání“ v rámci projektu FAST však dominuje učivo fyziky a dále pak ekologie a ochrany přírody. Vlastní učivo chemie je minoritní a je probíráno zejména v souvislosti s vlivem chemie na životní prostředí a jeho ochranou a v souvislosti s ději v živých soustavách [5].

Ze všech vyučovacích předmětů mají fyzika a chemie obsahově i metodicky nejvíce styčných a společných oblastí. Obě vědy se navzájem doplňují a prolínají. Vymezit mezi nimi přesnou hranici dnes nelze, protože prakticky každou chemickou změnu provázejí změny fyzikální a naopak mnohé fyzikální zásahy mají za následek změny chemické.



Tmavě jsou vyznačeny ty státy, kde probíhá výuka fyziky a chemie integrovaně.

Světle jsou vyznačeny ty státy, kde probíhá výuka fyziky a chemie zvlášť.

Obr. 1. Výuka chemie a fyziky ve vybraných zemích Evropy

2. Popis výzkumu

Výzkum byl proveden na vybraném vzorku žáků na pěti základních školách v Ústí nad Labem v období říjen–listopad 2003. Pro diagnostiku prekonceptů bylo zvoleno pět pojmů společných pro chemii a fyziku, které jsou v obou předmětech vyučovány či zmiňovány. Zvolené pojmy jsou předmětem výuky v kurikulu přírodovědných předmětů na základní škole. Jedná se o tyto pojmy: *voda, vzduch, skupenství, atom, galvanický článek*. Co se týká problematiky diagnostiky žákovských pojetí, je ideální sledovat účastníky výzkumu od 5. až po 9. ročník základní školy, tzn. provést longitudinální výzkum. Z časových důvodů však nebylo možné tento longitudinální výzkum provést, proto byl realizován transverzální výzkum, kdy byly úrovně dětských pojetí zvolených pojmů a jejich změny sledovány průřezově v 5., 7. a 9. ročníku základní školy. Počet žáků účastnících se výzkumu byl 60 v každém ročníku.

Dvě hlavní hypotézy tohoto výzkumu:

1. Dochází ke kvalitativním a kvantitativním změnám úrovně dětských pojetí vybraných pojmů v průběhu 5.–9. ročníku základní školy?
2. Jak se na případných změnách dětských pojetí těchto podílí cílená školní výuka, konkrétně výuka chemie a fyziky a jak mimoškolní vlivy?

Ve výzkumu byly použity tyto metody a nástroje pedagogického výzkumu:

- ✓ obsahová analýza žákovských textů
- ✓ dotazník
- ✓ didaktický test
- ✓ pojmové mapy
- ✓ kresba

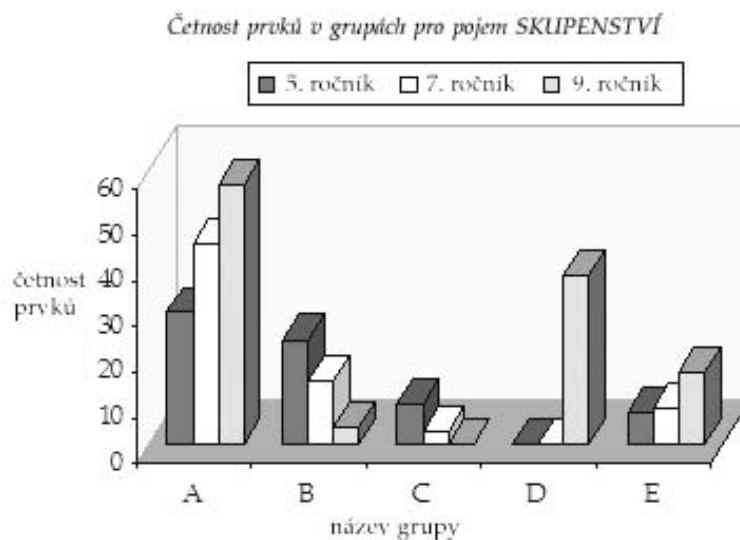
Obsahová analýza žákovských textů

Na tabuli byly napsány diagnostikované pojmy (*voda, vzduch, skupenství, atom, galvanický článek*) a žáci měli na připravený prázdný papír napsat vše, co o daném pojmu vědí. Nebyla jim zadána žádná upřesnění, šlo vlastně o „asociativní výzkum“. Bylo jim pouze řečeno, ať napíší vše, co se vztahuje k danému pojmu z jednotlivých předmětů (fyzika, chemie, biologie, zeměpis, ...), vše, na co si ve spojitosti s daným pojmem vzpomenou. Obsahová analýza byla provedena grupováním a vyhodnocena četností prvků v jednotlivých grupách. Grupou je myšlena skupina podobných pojmů utvořená podle určitých kritérií. Následně jsou uvedeny výsledky pro pojem *skupenství*.

Tab. I. Četnost prvků v jednotlivých grupách – pojem SKUPENSTVÍ

SKUPENSTVÍ			
grupa	5. ročník	7. ročník	9. ročník
A – výčet	29	44	57
B – nevím	23	14	4
C – „společenské“ pojetí	9	3	0
D – skupenské přeměny	0	0	37
E – ostatní	7	8	16
celkem	68	69	114

Obr. č. 2. Graf četnosti prvků v jednotlivých grupách – pojem SKUPENSTVÍ



V celkovém počtu prvků není rozdíl mezi pátým a sedmým ročníkem, nárůst nastává mezi sedmým a devátým ročníkem. Ten způsobuje především grupa *skupenské přeměny*. V pátém a sedmém ročníku se ani jeden žák o skupenské přeměně nezmiňuje. Toto učivo se vykládá v osmém ročníku při výuce fyziky, v devátém ročníku již o skupenské přeměně píše 37 žáků. Od pátého do devátého ročníku pozorujeme rostoucí četnost prvků v grupě *výčet* a klesající četnost prvků v grupách *nevím* a „*společenské*“ *pojetí*. Na tom má podíl především výuka fyziky. Prvky v grupách se mezi jednotlivými ročníky příliš neliší, rozdíl je opět v četnosti prvků. Proto následné příklady prvků, které žáci psali, jsou společné pro všechny ročníky. Grupa *výčet*: „skupenství je pevné, kapalné a plynné“. Jen jeden žák v devátém ročníku uvedl jako druh skupenství plazma. To svědčí o tom, že učitelé při výkladu neuvažují o tom, že existuje i

nějaké jiné skupenství, než-li pevné, kapalné a plynné. Přitom je dnes známo už šest skupenství hmoty. Alespoň jako zajímavost by to učitelé mohli zmiňovat. Grupa „společenské“ pojetí obsahovala tyto prvky: „parta, skupina lidí, mnoho lidí, kteří se scházejí, několik květin pohromadě, skupenství živočichů“. Do prekonceptu skupenství se jako miskoncepce dostává pojetí skupina. Na to mají vliv buď společenskovední předměty, ale mnohem spíše mimoškolní vlivy. Svojí roli tu nepochybně sehraje fonetická podobnost obou slov. Pokles četnosti těchto miskoncepcí ve vyšších ročnících je ovlivněn výukou fyziky.

V devátém ročníku se vyskytly i prvky vysvětlující skupenství např. z hlediska meziatomových interakcí. Tyto odpovědi byly zahrnuty do grupy *ostatní*: „skupenství se od sebe liší podle uspořádání a volnosti atomů, v pevném skupenství je mezi atomy největší přitažlivost, v kapalném střední a v plynném nejmenší, rtuť má kapalně skupenství, ale je to kov, v každém skupenství jsou jinak uspořádány atomy, v pevném skupenství se částice pohybují pomalu, v kapalném rychleji a v plynném volně neuspořádaně“. Tato pojetí ovlivňuje výuka fyziky a chemie.

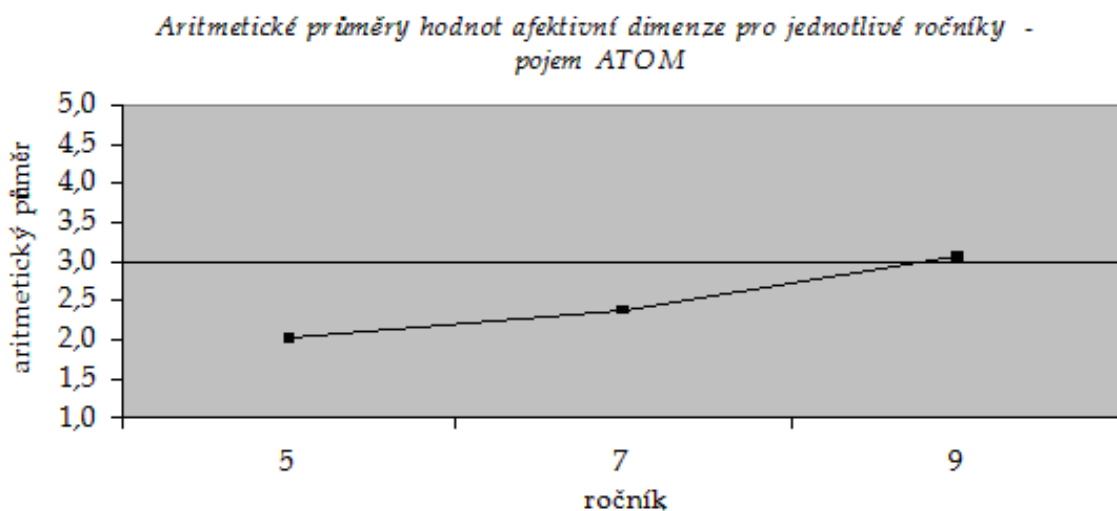
Dotazník

Dotazník byl konstruován na úrovni nominálního měření a vyhodnocen četností voleb předkládaných variant. Všechny pět pojmů mělo stejné znění dotazníkových otázek, žáci vybírali z nabízených možností.

1. Znáš pojem „.....“?
2. Víš, co tento pojem znamená?
3. Kde a od koho jsi poprvé slyšel, slyšela pojem „.....“? Jak jsi se o tomto pojmu dozvěděl, dozvěděla?
4. *Afektivní škály*

Jedná se o dotazníkovou položku konstruovanou na principu intervalových škál. Žáci si vybírali z nabízených možností pro daný pojem: „nebezpečný–bezpečný“, „bojím se–důvěřuji“, „nelíbí se mi–líbí se mi“, ... Škála byla v intervalu 1–5, přičemž 1 prezentuje negativní postoj, 3 neutrální a 5 pozitivní postoj. Následně jsou uvedeny výsledky afektivních škál pro pojem *atom*.

Obr. č. 3. Graf znázorňující průměrnou hodnotu afektivní dimenze pro daný ročník – pojem ATOM



Poznámka: Vodorovná úsečka v grafu na obr. 3 znázorňuje, jestli průměrná afektivní dimenze jednotlivého ročníku spadá do oblasti negativního hodnocení postoje $\langle 1; 3 \rangle$, neutrálního hodnocení $\langle 3 \rangle$ či pozitivního postoj hodnocení $\langle 3; 5 \rangle$.

V pátém a sedmém ročníku je patrný záporný vztah k atomu, v devátém ročníku se průměrná hodnota blíží k neutrální hodnotě 3. Mezi jednotlivými ročníky dochází podle očekávání ke zvyšování úrovně afektivní dimenze získané jako aritmetický průměr hodnot z jednotlivých posuzovacích škál. Na tomto nárůstu se podílí výuka přírodovědných předmětů. V nižších ročnících je atom pro žáky neznámý, projevují se ale i naivní dětské představy o škodlivosti atomu (atomové bomby, atomové elektrárny). Pro žáky ve vyšším ročníku přestává být pojem atom neznámou, seznamují se s jeho stavbou a praktickým významem.

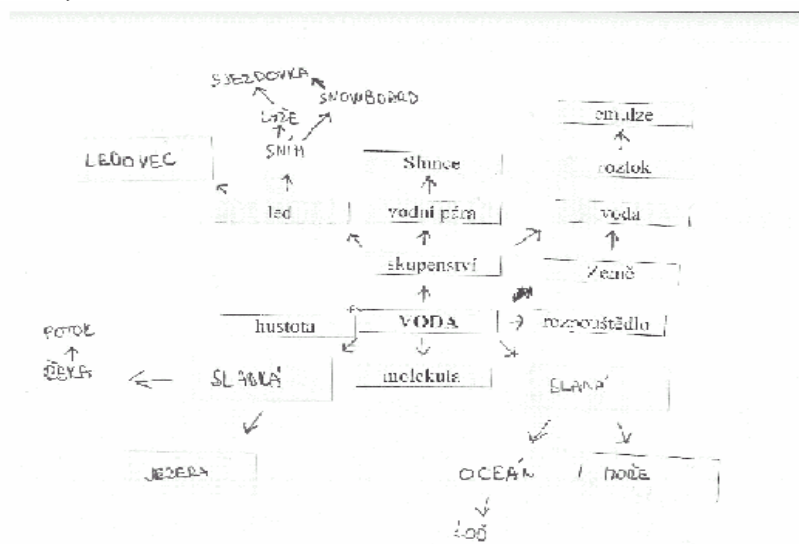
Didaktický test

Pro každý pojem byly uvedeny dvě testové položky. Jedna z nich byla zaměřena do oblasti fyziky a druhá do oblasti chemie. Didaktický test byl konstruován na principu intervalového měření.

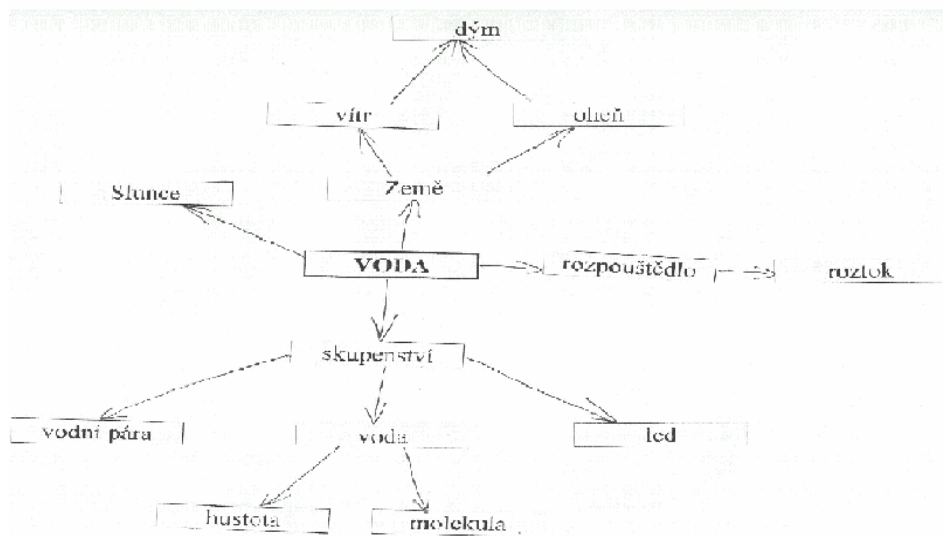
Pojmové mapy

Pro každý pojem byl vybrán stejný počet pojmů z oblasti fyziky a chemie, které s hlavním pojmem souvisí (jsou v souvislosti s daným pojmem zmiňovány při výuce). Dále byly přidány pojmy, které přímo s daným pojmem nesouvisely, měly afektivní charakter, a prázdná políčka na dopisování. Celkem bylo ke každému pojmu přiřazeno vždy 15 dílčích pojmů. Tato slova s hlavním pojmem a prázdnými políčky byla rozstříhána a vložena do obálky. Žáci dostali prázdný papír formátu A4, obálku s pojmy a lepidlo. Jejich úkolem bylo vytvořit pojmovou mapu lepením dílčích pojmů k pojmu hlavnímu, popř. dopisovat do prázdných políček pojmy, které podle nich k hlavnímu pojmu patří a nejsou zde uvedeny. Dále měli vyznačit vazby mezi jednotlivými pojmy pomocí šipek. Každá pojmová mapa byla vyhodnocena zvlášť. Vyhodnocovalo se, kolik daný žák použil pojmů z oblasti chemie, kolik z oblasti fyziky, kolik ostatních a kolik pojmů dopisoval. Určovalo se též, kolik bylo v pojmové mapě znázorněno vazeb mezi jednotlivými pojmy (pomocí šipek či spojovacích čar). Následně jsou uvedeny výsledky pojmových map pro pojem *voda*.

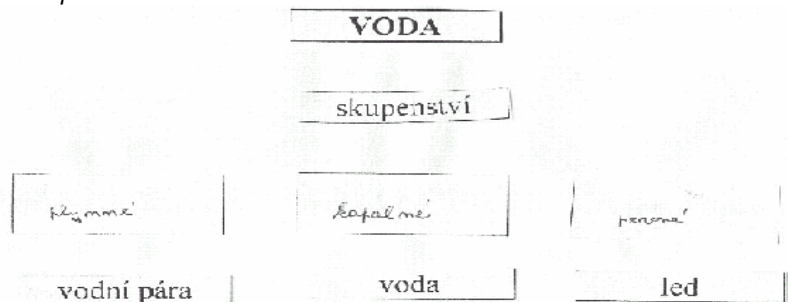
Obr. č. 4. Pojmová mapa na téma VODA – 5. ročník



Obr. č. 5. Pojmová mapa na téma VODA – 7. ročník



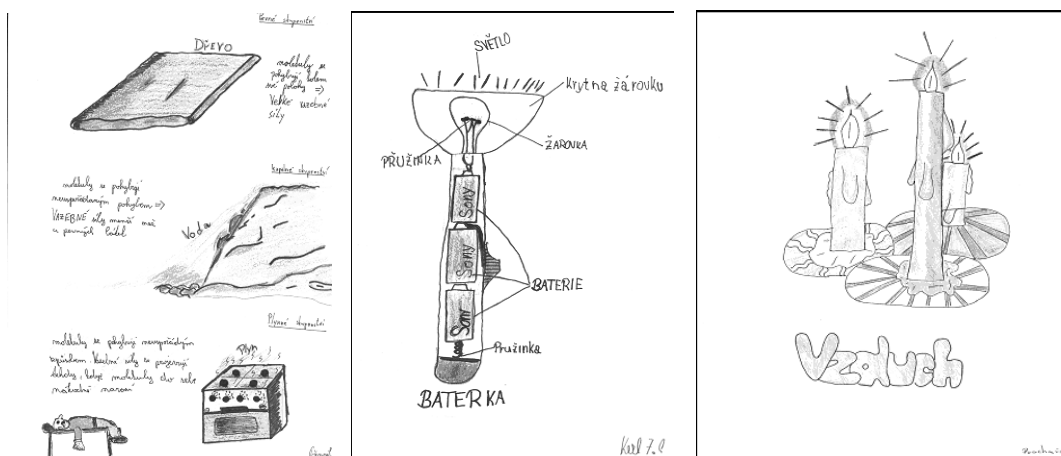
Obr. č. 6. Pojmová mapa na téma VODA – 9. ročník



Dá se říct, že se pojmová mapa žáka na téma voda postupně „zeškolňuje“. Žáci pátého ročníku jsou schopni vytvořit daleko pestřejší pojmovou mapu, než žáci devátého ročníku, kteří do ní zahrnou jen školní poznatky.

Kresba

Obr. č. 7. Kresby na téma: skupenství, galvanický článek a vzduch



Během předvýzkumu bylo zjištěno, že žákům zabere mnoho času nakreslit obrázky. Proto tato metoda byla realizována jen jednou v každém z ročníků účastnících se výzkumu. Žáci

měli 45 minut na vyhotovení kresby na dané téma (každý žák si dobrovolně zvolil, zda bude kreslit na téma *voda, vzduch, skupenství, atom* či *galvanický článěk*). Ke kresbě bylo přistoupeno proto, že některým žákům dělá problémy slovní vyjádření.

4. Integrovaný předmět „Fyzika a chemie“

Rámcový vzdělávací program pro základní školy umožní učiteli integrovat předměty. V této kapitole je uvedena koncepce (podrobné rozpracování je předmětem dalšího výzkumu) předmětu integrujícího fyziku a chemii. Předmět, který by integroval fyziku a chemii, by měl jednoduše název *Fyzika a chemie*. Byla by zde probírána témata z fyziky i chemie, přičemž v rámci jednoho předmětu by se do jisté míry rušila ostrá, a v řadě témat pouze formální hranice, která vzniká při odděleném vyučování obou předmětů. Při probírání určitých pojmů, společných pro fyziku i chemii by se pružně přecházelo jak do oblasti chemie, tak do oblasti fyziky. Např. v rámci laboratorních prací by se žáci učili vnímat danou problematiku komplexněji. Ideální by bylo, kdyby předmět vyučoval učitel, resp. učitelka s aprobací fyzika-chemie. Výuka by mohla být realizována i „týmově“, kde by se na výuce podíleli dva učitelé – chemik a fyzik. Střídali by se ve výuce podle tematických celků. Téma Elektrické a magnetické jevy by probíral učitel se zaměřením fyzika, téma Chemické reakce pak učitel se zaměřením chemie.

Integrovaný předmět **Fyzika a chemie** by měl být zařazen do vyučování na základní škole takto:

Tab. II. Časová dotace integrovaného předmětu *Fyzika a chemie*

ročník	6.	7.	8.	9.
počet hodin týdně	3	3	4	4

Předmět *Fyzika a chemie* by byl vyučován ve všech čtyřech ročnících druhého stupně základní školy. V 6. a 7. ročníku by se vyučoval 3krát týdně, přičemž dvě hodiny týdně by byly věnovány danému tématu a jedna hodina týdně laboratorní práci vztahující se k tématu. V 8. a 9. ročníku by se předmět *Fyzika a chemie* vyučoval 4krát týdně, přičemž dvě hodiny týdně by byly opět věnovány danému tématu, jedna hodina týdně laboratorní práci vztahující se k tématu a jedna hodina týdně by byla vyčleněná na počítání příkladů (teprve v osmém ročníku mají žáci vybudovaný odpovídající matematický aparát), probírání rozšiřujícího učiva, opakování a přípravě na přijímací zkoušky na střední školy (systematické komplexní opakování již probraných témat). Tato hodina by mohla sloužit též k diagnostice, učitel by se nemusel „zdržovat“ zkoušením a psaním písemných prací během hodin, ve kterých by byla vykládána nová látka.

V tabulce III. jsou uvedeny tematické celky, které by mohly být v daném ročníku probírány. Není zde rozpracováno konkrétní učivo. To by bylo v kompetenci každého učitele, které učivo z daného tematického celku (a do jaké hloubky) bude probírat.

Tab. III. Rámcové osnovy integrovaného předmětu *Fyzika a chemie*

ročník	tematický celek
6.	Fyzika a chemie je všude kolem nás! Vlastnosti látek a jejich částicové složení – z čeho jsou předměty kolem nás? Učíme se měřit – měření fyzikálních veličin, práce v laboratoři. Tepelné jevy. Směsi. Poznáváme sílu a její účinky.

7.	Zkoumáme pohyb. Chemické prvky, sloučeniny a PSP. Luštíme chemické písmo – anorganické názvosloví. Chemické reakce – jak se látky přeměňují? Voda a vzduch. Mechanické vlastnosti kapalin a plynů.
8.	Dvouprvkové sloučeniny. Kyseliny a hydroxidy. Soli. Světelné jevy. Zvukové jevy. Z čeho získáváme energii, energie a její přeměny.
9.	Uhlovodíky – nejpočetnější látky v přírodě. Deriváty uhlovodíků. Elektrické a magnetické jevy. Elektřina a chemická reakce – redoxní reakce. Významné látky v organismech. Země a vesmír. Fyzika, chemie a společnost.

5. Závěr

V rámci diplomové práce byla provedena diagnostika prekonceptů vybraných společných pojmů mezi fyzikou a chemií na základní škole. Jednalo se o pojmy: *voda*, *vzduch*, *skupenství*, *atom*, *galvanický článek*. Výzkum byl uskutečněn na pěti vybraných základních školách v Ústí nad Labem v pátém, sedmém a devátém ročníku. Diagnostika byla provedena pomocí několika výzkumných metod a nástrojů. Poznatky získané při řešení práce je možné shrnout do následujících bodů:

- dětská pojetí je možné diagnostikovat pomocí rozličných metod a nástrojů,
- žáci nejsou seznámeni z vyučování s metodou pojmových map, učitelé tuto metodu při výuce nevyužívají,
- dětská pojetí pojmů ovlivňují různé mimoškolní vlivy, nejvíce se ovšem na dětských pojetích diagnostikovaných pojmů podílí školní výuka (hlavně u pojmů atom a galvanický článek),
- u řady prekonceptů nelze postihnout jejich původ (voda, vzduch), u některých je původ jednoznačný (galvanický článek – výuka chemie a fyziky),
- žáci mají v současné době rozsáhlé možnosti pro vyhledávání informací (internet, multimediální technika), ovšem nejvíce informací se jim stále dostává v rámci výuky,
- mimoškolní vlivy se mohou stát významných zdrojem miskonceptů,
- z důvodu velkého množství informací dochází k zanedbávání afektivní složky v rámci edukačního procesu,
- v průběhu cílené výuky na základních školách dochází k nárůstu úrovně kognitivní dimenze jednotlivých prekonceptů, pouze v případě některých prekonceptů dochází ke statisticky významnému nárůstu mezi sousedními diagnostikovanými ročníky (atom, galvanický článek),

- cílená školní výuka nevěnuje dostatečnou pozornost vytváření vazeb nových poznatků s již existujícími znalostmi žáků, jak se ukazovalo na žáky vytvořených pojmových mapách,
- při diagnostice se prokázalo malé sepětí „školních“ poznatků s běžným denním životem žáků,
- z diagnostikovaných pojmů byly žákům nejbližší pojmy voda a vzduch,
- žáci se s některými pojmy v explicitně formulované podobě v běžném denním životě příliš nesetkávají, neví, co je daným pojmem označováno, přestože s konkrétním jevem či předmětem mají individuální zkušenost (skupenství, galvanický článek).

Jedním z nejdůležitějších úkolů učitelů by mělo být zmapovat informace získané v mimoškolním prostředí a individuální zkušenosti žáků, při výuce na ně navazovat, odvolávat se na ně, ale případně je i uvádět na pravou míru, dávat do správných souvislostí a vyvracet případné miskoncepce. Diagnostikování pojetí žáků by umožnilo individualizaci v přístupu k žákům.

Dětská pojetí lze využít nejen během tradiční výuky, ale i v rámci projektového vyučování, heuristické metody výuky, techniky brainstormingu či brainwritingu atd. Dětská pojetí zvláště úzce souvisí s konstruktivistickým pojetím výuky. Principem konstruktivistické výuky je právě modifikace původních žákovských prekonceptů určitým žádoucím způsobem.

Pro žáky by bylo výhodné, kdyby jeho systém poznatků byl vizualizován, a stal se tak názorným. To lze uskutečnit pojmovým mapováním.

Co se týká výuky fyziky a chemie, ukazuje se z různých hledisek, že je výhodné oba předměty integrovat. Učitelům to právě umožní Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. Koncepce předmětu integrujícího fyziku a chemii uvedená v této práci bude dále rozvíjena a zpracována podrobněji, aby se stala přesným návodem na realizaci předmětu *Fyzika a chemie*. Integrovanému vyučování je třeba začít také vyučovat na vysokých školách už při přípravě učitelů a dále např. v kurzech dalšího vzdělávání učitelů.

6. Literatura

- [1] Doulík P., Škoda J.: *Tvorba a ověření výzkumných nástrojů kvantitativní diagnostiky prekonceptů*.
- [2] Doulík P.: *Tvorba, ověření a optimalizace nástrojů diagnostiky vybraných prekonceptů z oblasti přírodovědných předmětů*. Dizertační práce na Pedagogické fakultě Trnavské Univerzity. Trnava 2003.
- [3] Janás J.: *Mezipředmětové vztahy a jejich uplatňování ve fyzice a chemii na základní škole*. UJEP, Brno 1985.
- [4] Pottenger F. M.: *Vývoj projektu FAST*. In Zborník z konferencie FAST-DISCO. R&D Print, Bratislava 1997.
- [5] Škoda J.: *Motivace žáků ve výuce chemie*. Dizertační práce na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Praha 2003.

Některé možnosti výuky akustiky

Jiří Tesař*, Petr Bartoš**, katedra fyziky PF JU v Českých Budějovicích

V současné době očekává naše veřejnost výrazné změny od školství, které by měly vyplynout z realizace Rámcových vzdělávacích programů (RVP). Všichni zasvěcení si však dobře uvědomují, že RVP nejsou samospasitelné a že vzdělanost našeho národa bude záležet nejen na učitelích a škole jako takové, ale i na celkovém klimatu ve společnosti. RVP nemění zásadním způsobem obsah vzdělání, ale dávají příležitost ke změně v oblasti metod a přístupů k výuce a ke změně celkového klimatu ve škole. Podobná atmosféra očekávání již vznikla v první polovině 90. let minulého století. Už v této době došlo k značným změnám v přístupu k žákům (větší tolerance k žákům, rozvoj výuky jazyků, získání uživatelských dovedností při práci s výpočetní technikou, možnost volby z většího počtu učebnic apod.).

Zamysleme se, jak RVP promítnou do výuky fyziky na ZŠ a na gymnáziích. Při bližším prostudování RVP [1] zjistíme, že fyzika je zařazena do vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“, do které jsou dále zahrnuty na základní škole chemie, přírodopis a zeměpis a na gymnáziích ještě navíc geologie. Jedním z požadavků RVP je snaha o integraci výuky. Jedním z možných témat, která nabízejí průnik mezi fyzikou a přírodopisem, je např. akustika. V ní můžeme podobně jako v optice zohlednit jak fyzikální podstatu šíření, tak i fyziologický faktor vnímání zvuku, resp. světla.

V případě výuky fyziky na gymnáziích je akustika zařazena do tematického celku „mechanické kmitání a vlnění“. Akustika je pojata jako aplikace předchozí teoretické části. Zřejmě opomenutím došlo k tomu, že v očekávaných výstupech není o akustice vůbec žádná zmínka. V přehledu učiva nalezneme k akustice následující hesla: „chvění pružných těles; zvuk, jeho hlasitost a intenzita“.

V případě výuky akustiky na ZŠ uvádí RVP následující očekávané výstupy [1]:

„žák

- rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku,
- posoudí možnosti zmenšování vlivu nadměrného hluku na životní prostředí.“

Očekávaným výstupům potom také odpovídá charakteristika učiva akustiky, které je charakterizováno jako „vlastnosti zvuku“, obsahuje mimo jiné také pojmy „rychlost šíření zvuku a odraz zvuku na překážce“.

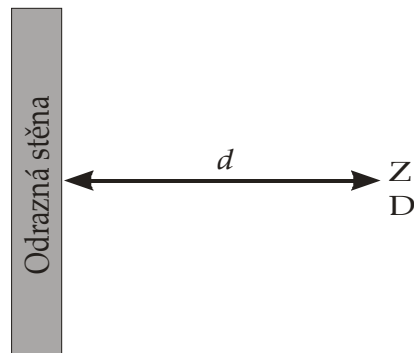
Můžeme říci, že v obou typech škol je jedním ze základních pojmů akustiky pojem *rychlost šíření zvuku* a z ní plynoucí jevy. Jedná se tedy především o problematiku dozvuku a ozvěny a na gymnáziích můžeme v hodinách fyzikálního semináře seznámit studenty s Dopplerovým jevem.

Rozeberme si nejprve problematiku *ozvěny a dozvuku*. Uvedené jevy souvisejí s vnímáním dvou zvuků, a sice původního a jeho odrazu od nějaké odrazné stěny (tj. překážky). Bude-li uvažovat, že se jedná o jednoduchý zvuk, např. houkačka, je empiricky dokázáno, že lidský sluch je schopen od sebe rozlišit dva stejné zvuky, jejichž časové zpoždění je minimálně 0,1 s. Jestliže časový interval mezi dvěma zvuky je menší než 0,1 s, potom vnímáme oba zvuky spojeně, ale oproti původnímu zvuku protaženě.

* raset@pf.jcu.cz

** bartos@pf.jcu.cz

Na základní škole nebo na nižším stupni gymnázia [2], [3] si problematiku ozvěny a dozvuku zjednodušíme na případ, že zdroj zvuku a člověk, který tento zvuk vnímá, se nalézají na stejném místě a před nimi se nachází překážka (odrazná stěna) – viz obr. 1. Potom záleží na vzdálenosti odrazné stěny od zdroje zvuku a člověka detekujícího přímý i odražený zvuk, zda vnímá ozvěnu nebo dozvuk.



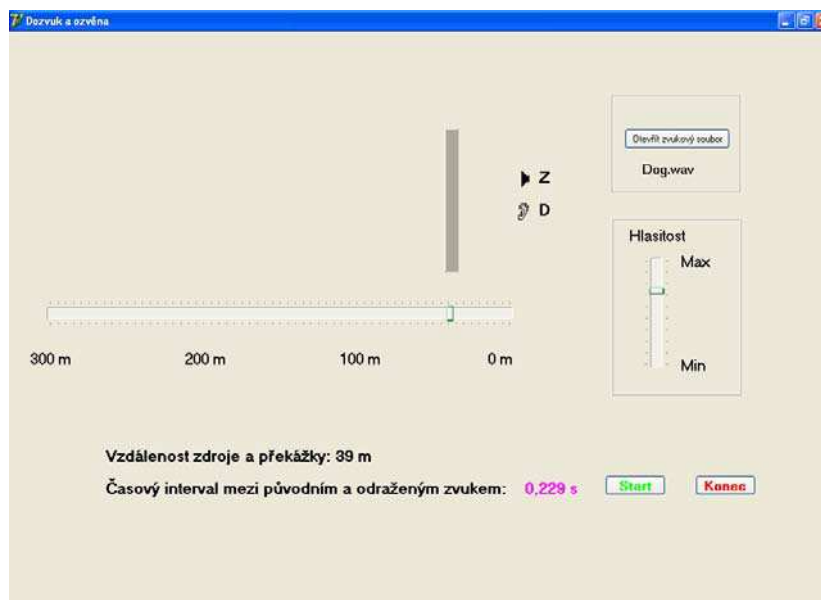
Obr. 1 Vznik ozvěny a dozvuku při shodné poloze zdroje zvuku a detekujícího člověka

Můžeme říci, že přímý zvuk vnímá člověk okamžitě a odražený se zpožděním Δt

$$\Delta t = \frac{2 \cdot d}{c}, \quad (1)$$

kde Δt je časový interval mezi přímým a odraženým zvukem,
 d je vzdálenost zdroje zvuku (detekujícího člověka) od odrazné stěny,
 c je rychlost šíření zvuku ve vzduchu ($340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Dosažením empirické hodnoty $\Delta t = 0,1 \text{ s}$ do (1) určíme mezní hodnotu vzdálenosti odrazné stěny od zdroje zvuku $d = 17 \text{ m}$ pro rozlišení přímého a odraženého zvuku, tj. pro vnímání ozvěny nebo dozvuku. Je-li tato vzdálenost menší než 17 m , vzniká dozvuk, je-li větší, vzniká ozvěna.

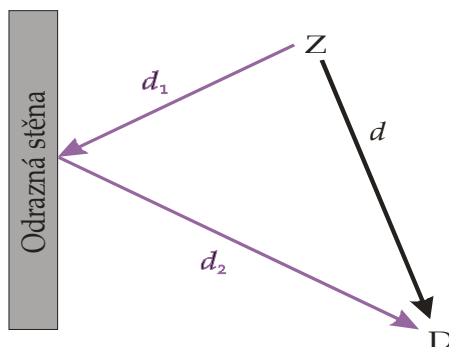


Obr. 2 Simulace ozvěny a dozvuku pomocí PC s vypsáním hodnotami vzdálenosti a časového intervalu

Při výkladu tohoto jevu nelze v běžné učebně tento jev demonstrovat. Proto jsme na našem pracovišti vytvořili výukový demonstrační program, který umožňuje tento jev jednoduchým způsobem simulovat a změnou zadaných parametrů vytvořit u žáků jasnou představu, jaký

rozdíl je mezi ozvěnou a dozvukem – viz obr. 2. Při nastavení dostatečné vzdálenosti zdroje od odrazné stěny žáci jasně vnímají původní a odražený signál, tj. vnímají ozvěnu. Při postupném zmenšování této vzdálenosti se časová prodleva zkracuje, až při mezní vzdálenosti nelze rozeznat původní a odražený zvuk; dojde jakoby k protažení původního zvuku, tj. vnímáme dozvuk.

Komplikovanější jev nastane v případě, že zdroj zvuku a detekující člověk nejsou na stejném místě. Tento případ je vhodný zařadit do výuky fyziky na nižším stupni gymnázií nebo na základní škole jako zajímavost, resp. rozšiřující učivo. V tomto případě spočívá fyzikální princip v rozdílu vzdálenosti, kterou urazí zvuk jdoucí přímo od zdroje k posluchači a vzdálenosti, kterou urazí zvuk jdoucí k posluchači od zdroje po odrazu od odrazné stěny – viz obr. 3.

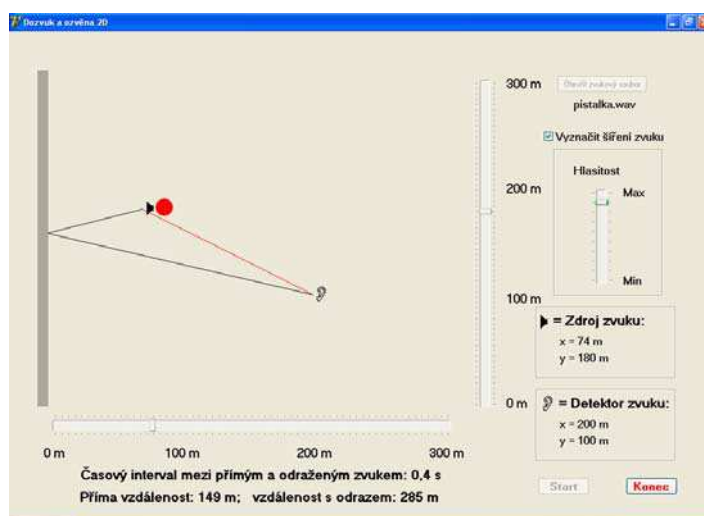


Obr. 3 Vznik ozvěny a dozvuku při různé poloze zdroje zvuku a detekujícího člověka vzhledem k odrazné stěně

Časový interval mezi přímým zvukem a zvukem odraženým od odrazné stěny je dán vztahem:

$$\Delta t = \frac{d_1 + d_2 - d}{c}, \quad (2)$$

kde Δt je časový interval mezi přímým a odraženým zvukem,
 d je přímá vzdálenost od zdroje zvuku k detekujícímu člověku,
 $d_1 + d_2$ je vzdálenost, kterou urazí zvuk od zdroje zvuku k detekujícímu člověku po dorazu od odrazné stěny,
 c je rychlost šíření zvuku ve vzduchu ($340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).



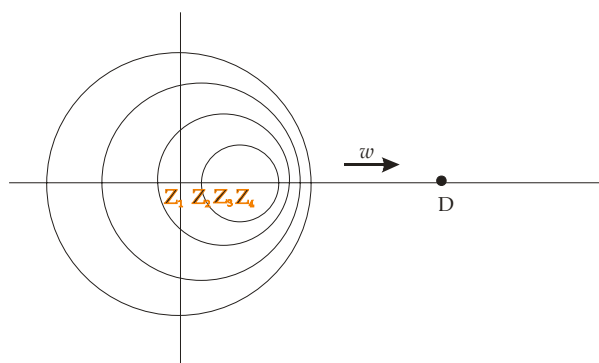
Obr. 4 Simulace ozvěny a dozvuku pomocí PC s vypsáním hodnotami polohy zdroje a časové prodlevy

Tuto situaci nelze vzhledem k potřebným vzdálenostem v učebně realizovat, proto je namísto opět použít počítačovou simulaci, která u žáků vytvoří názornou představu, jak dochází

k časové prodlevě mezi zvukem přicházejícím přímo a zvukem přicházejícím odrazem od odrazné stěny. Zvukový projev je v simulaci graficky zvýrazněn červeným bodem. Vytvořená simulace opět umožňuje měnit polohu zdroje zvuku, a tím měnit dráhový rozdíl a tím časový interval obou vnímaných zvuků – viz obr. 4.

Na gymnáziu můžeme do kategorie fyzikálních jevů souvisejících s rychlostí šíření zvuku zařadit také Dopplerův jev. Jeho podstatou podle [4] je, že při pohybu zdroje zvuku nebo pohybu detektoru (člověka) je vnímán zvuk o jiné frekvenci, než má zvuk vydávaný zdrojem.

Změna frekvence při pohybu detektoru vzniká v důsledku vnímání většího, resp. nižšího počtu vlnoploch vlivem vzájemné rychlosti signálu a detektoru. Při pohybu zdroje zvuku je fyzikální podstata změny frekvence vnímaného zvuku odlišná. V tomto případě dochází ke změně vlnové délky vnímaného zvuku v důsledku „zhušťování a zředování“ vlnoploch zvukového vlnění – viz obr. 5.



Obr. 5 Dopplerův jev – pohyb zdroje zvuku

Podle [5] pro vnímanou frekvenci platí vztah:

$$f' = f_0 \cdot \frac{c \pm v}{c \pm w}, \quad (3)$$

kde f' je frekvence zvuku vnímaná detektorem,

f_0 je frekvence vydávaná zdrojem,

c je rychlost šíření zvuku ve vzduchu ($340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),

v je rychlost pohybu detektoru,

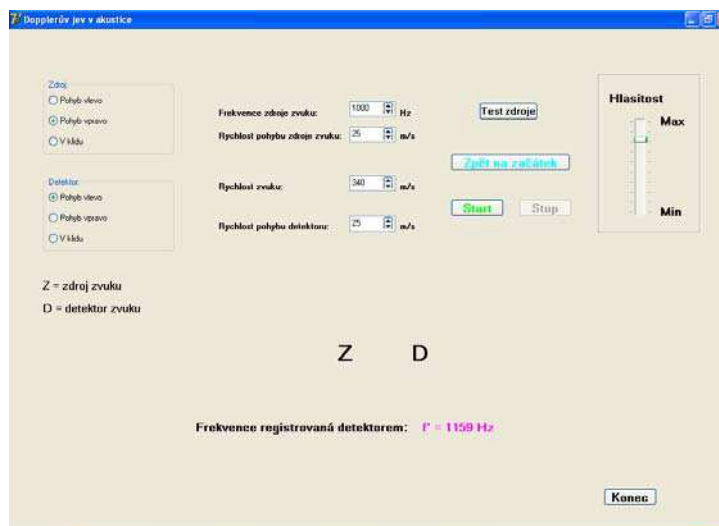
w je rychlost pohybu zdroje zvuku.

Přitom znaménko u rychlosti pohybu detektoru (v) je kladné, jestliže se detektor přibližuje ke zdroji zvuku, a záporné, jestliže se vzdaluje. Znaménko u rychlosti pohybu zdroje zvuku je kladné, jestliže se zdroj zvuku vzdaluje od detektoru, a záporné, jestliže se přibližuje. Z uvedeného vztahu je zřejmé, že vnímaná (detekovaná) frekvence zvuku závisí na tom, zda se pohybuje zdroj zvuku nebo detektor, přičemž hodnota rychlosti zdroje zvuku má na frekvenci vnímaného zvuku větší vliv.

Výrazný rozdíl frekvence je pozorovatelný při míjení zdroje zvuku a detektoru, kdy vnímaná frekvence se mění od hodnoty nižší, než je frekvence zdroje zvuku, na hodnotu vyšší, než je frekvence zdroje zvuku.

Ani tento jev nelze při výuce jednoduše a prokazatelně demonstrovat běžnými prostředky. Opět se tedy nabízí možnost využít simulační výukový program na PC. Námí vytvořený program umožňuje měnit směr i rychlost pohybu zdroje zvuku i detektoru, případně je nechat v klidu. Další parametr, který může uživatel měnit, je frekvence zvuku vydávaného zdrojem.

V průběhu simulace můžeme zřetelně sledovat změnu a hlasitosti zvuku v závislosti na rychlosti pohybu a vzdálenosti od pozorovatele – viz obr. 6.



Obr. 6 Simulace Dopplerova jevu pomocí PC s možností změny vstupních parametrů

Učebnice [6] určená a schválená pro výuku fyziky na gymnáziích se Dopplerovým jevem nezaobývá. Tento zajímavý fyzikální jev by určitě přispěl k zatraktivnění výuky akustiky. Zařazení Dopplerova jevu by přispělo k rozvoji představivosti a na kvalitativní úrovni vytvořilo propeutiku pro rozbor tohoto jevu, s kterým se setkají při studiu teorie relativity. Řešením by bylo zařadit tento jev jako rozšiřující učivo do předmětu Seminář z fyziky, navštěvovaný studenty, kteří mají o fyziku hlubší zájem a většinou se jí hodlají věnovat i v budoucnu.

Uvedené programy byly vytvořeny v programovacím jazyku DELPHI a jejich velikost je cca 0,5 MB, takže požadavky na hardware a software jsou minimální. Základním požadavkem je operační systém MS Windows a nainstalovaná zvuková karta. Všechny programy umožňují výběr vhodného zvuku (soubory ve formátu wav, mid, mp3) a nastavení výchozí hlasitosti simulovaného zvuku. Kromě přímého nastavení v simulačním programu je možno měnit koeficient v ini souboru, který koriguje průběh celé simulace vzhledem k rychlosti procesoru PC. U simulace dozvuku s různou polohou zdroje zvuku a detekujícího člověka je rovněž možno měnit polohu detektoru.

Tyto možnosti přispívají k zatraktivnění všech výše uvedených výukových programů a působí kladně na motivaci žáků k řešení dané problematiky. Vyhledáním, případně vytvořením vlastního zvukového souboru a jeho následným použitím se žáci ocitají v roli „experimentátora-objevitele“, čímž si vytvářejí kladný vztah k fyzice a zároveň je tak naplněn jeden ze základních požadavků RVP „... rozvíjet schopnost samostatně se rozhodovat, tvořivě a kriticky myslet ...“ [1].

Pro dokonalejší simulaci a grafické znázornění uvedených jevů vytváříme v současné době simulaci výše uvedených dějů v programovém prostředí MATLAB, které umožňuje dokonalejší provedení, jež bude vhodné i pro výuku základního kurzu fyziky v přípravě budoucích učitelů.

Použitá literatura:

- [1] <http://www.vuppraha.cz>.
- [2] Kolářová R. a kol.: *Fyzika pro 8. ročník ZŠ*. Prometheus, Praha 2002.
- [3] Jáchim F., Tesař J.: *Fyzika pro 9. ročník ZŠ*. SPN, Praha 2000.
- [4] Hlavička A. a kol.: *Fyzika pro pedagogické fakulty*. 1. díl., SPN, Praha 1978.
- [5] Horák Z., Krupka F.: *Fyzika (příručka pro VŠ technického směru)*. SNTL, Praha 1981.
- [6] Lepil O.: *Fyzika pro gymnázia (Mechanické kmitání a vlnění)*. Prometheus, Praha 1994.

Didaktika přírodovědy a rámcové vzdělávací programy¹

Josef Trna*, katedra fyziky PdF MU v Brně

Úvod

Didaktika přírodovědy či didaktika přírodních věd (angl. science education) je vědní obor, který se v zahraničí již řadu let snaží hledat zákonitosti přírodovědného vzdělávání [1] a aplikovat je do výuky přírodovědných předmětů ve školách i do vzdělávání široké veřejnosti. V naší zemi tato věda dosud v podstatě neexistuje. Otázkou je, zdali je účelné, abychom se konstituováním didaktiky přírodovědy u nás v současnosti zabývali. Pokusíme se na tuto otázku odpovědět ve vazbě na problematiku zavádění rámcových vzdělávacích programů (dále RVP) do našich základních a středních škol.

Uvažujeme-li o ustanovení nového vědního oboru, je třeba definovat především jeho předmět zkoumání a metodologii. Významné je i stanovení jeho místa v systému věd. Pokusíme se tedy nejdříve nalézt tyto atributy didaktiky přírodovědy. Využijeme především srovnání a analogie s didaktikou fyziky.

Didaktika přírodovědy

Didaktiku fyziky chápeme obdobně jako [2] v širokém komunikačním pojetí, tedy jako zprostředkovávání poznatků vědního oboru, a to fyziky, celé společnosti [3]. Občas používaný pojem „předmětová didaktika“ chápeme jen jako část oborové didaktiky (v našem případě didaktiky fyziky), která řeší problematiku formálního vzdělávání oboru ve vzdělávacích zařízeních, zejména ve školách ve vazbě na vyučovací předmět fyzika. Pojem „předmětová didaktika“ je nyní navíc zkomplikován díky RVP, kde jsou nově definovány vzdělávací oblasti a obory. Vyučovací předměty se zde nemusejí krýt s obory, protože mohou být integrované a zahrnovat tak výuku více oborů.

Předmětem zkoumání didaktiky fyziky je „souvislý proces předávání a zprostředkování výsledků a metod fyzikálního poznávání“ ([3], s. 22), tedy didaktická komunikace fyziky. Již J. Brockmeyerová-Fenclová ale připomíná: „Komunikace fyzikálních poznatků přestupuje hranice fyziky do jejího nejbližšího okolí, k vědám, které fyzikální poznatky jako obecnější užívají, zvláště k vědám přírodním a k celé oblasti věd technických.“ ([3], s. 23). Podle našeho názoru nejde jen o propojení fyzikálních poznatků s poznatky dalších přírodních a technických věd, ale zejména o společné zákonitosti komunikace těchto poznatků. Zde tedy můžeme hledat zdůvodnění smysluplnosti konstituování didaktiky přírodovědy. Dokonce bychom měli připomenout i základ pro dosud nepřilíš řešené propojení didaktiky fyziky a didaktiky přírodovědy s didaktikami technických oborů.

Didaktika přírodovědy by tedy měla být mezioborovou didaktickou disciplínou, která zastřešuje skupinu příbuzných oborových přírodovědných didaktik: didaktiky biologie a geologie, fyziky, chemie a geografie v oblasti. Onu příbuznost oborových přírodovědných didaktik chápeme jednak jako příbuznost danou blízkostí vlastních přírodovědných oborů zkoumajících přírodu z různých úhlů, ale zejména podobnou či dokonce částečně shodnou didaktickou komunikací těchto oborů. Je zřejmé, že didaktická komunikace biologie a geologie, fyziky, chemie a geografie má řadu společných zákonitostí, které by právě didaktika přírodovědy měla zkoumat a syntetizovat. Didaktika přírodovědy se liší od oborových přírodovědných didak-

¹ Příspěvek byl zpracován v rámci grantového projektu GAČR 406/05/0246.

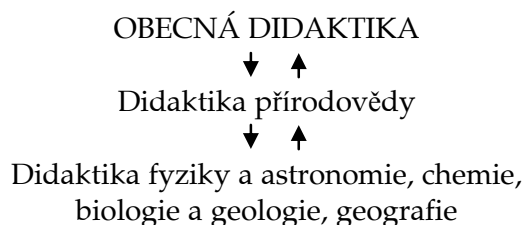
* trna@ped.muni.cz

tik tím, že postrádá přímou vazbu na jeden vědní obor (přírodovědu), a proto je zaměřena především na obecné zákonitosti komunikace všech přírodovědných oborů.

Didaktika přírodovědy by mohla zpočátku efektivně zprostředkovat předávání poznatků mezi jednotlivými oborovými přírodovědnými didaktikami, které by pak byly zobecňovány a zpět mohly napomoci rozvoji těchto didaktik. V takovém pojetí by byla didaktika přírodovědy nejen pouhým sjednocením poznání jednotlivých oborových přírodovědných didaktik, ale přinášela by novou kvalitu, založenou na koordinaci, integraci a zobecnění poznání. Můžeme tedy shrnout, že předmět zkoumání didaktiky přírodovědy je shodný s předměty jednotlivých oborových přírodovědných didaktik (didaktická komunikace přírodovědných oborů), avšak v integračním a zobecňujícím přístupu.

Didaktika přírodovědy by mohla přinést např. zobecněné poznatky o výukových technologiích použitelných v oborových přírodovědných didaktikách, měla by řešit koordinaci či integraci vzdělávacích cílů, mezioborová témata (např. environmentálně vzdělávání) atd.

Schematicky by bylo možno zjednodušeně znázornit vztahy mezi oborovými přírodovědnými didaktikami, didaktikou přírodovědy a obecnou didaktikou takto:



Didaktika přírodovědy v uvedené struktuře didaktických věd by měla především překlenout mezery, které dosud mezi jednotlivými oborovými přírodovědnými didaktikami a obecnou didaktikou bohužel existují. Ve vertikálním směru jde tedy o zmenšení velkého skoku od obecného (obecná didaktika) ke konkrétnímu (oborové přírodovědné didaktiky). Směr od obecné didaktiky k jednotlivým oborovým přírodovědným didaktikám by měl být chápán jako přechod od obecnějšího ke konkrétnímu, od základního výzkumu k aplikovanému atd. Zpětně by mělo docházet k ověřování zjištěných zákonitostí obecné didaktiky, přinášení podnětů pro její základní výzkum aj. [4]. V horizontální rovině by mohla didaktika přírodovědy zajistit funkční komunikaci mezi dosud poměrně izolovanými oborovými přírodovědnými didaktikami.

Významnou rolí didaktiky přírodovědy by mohl být i zpětný vliv na mateřské přírodovědné disciplíny, které by se měly zabývat také integrovaným celostním pohledem na přírodu a komunikaci jejích zákonitostí. Značná specializace jednotlivých přírodních věd a jejich částí vede často k izolaci vědců a komplikuje komunikování výsledků jejich poznání na veřejnost. Tak např. molekulární biolog izolovaně od fyzika či chemika často nespěšně přesvědčuje další přírodovědce o významu vlastních objevů a těžce zdůvodňuje veřejnosti nutnost finanční podpory svého výzkumu. Stejně tak trpí školní výuka izolovaností jednotlivých přírodovědných předmětů. RVP se snaží zmírnit tuto izolovanost integrovanými (průřezovými) tématy a důrazem na koordinaci a integraci oborů. Aby koordinační a integrační snahy nezůstaly jen v proklamativní rovině, je třeba, aby řadu integrovaných přírodovědných témat propracovali přírodovědci a poté i didaktika přírodovědy. Vhodnými širokými integrovanými tématy jsou environmentální vzdělávání, energetické zdroje a jejich užití atd.

Didaktika přírodovědy a didaktika fyziky

Můžeme se pokusit identifikovat několik hlavních funkcí didaktiky přírodovědy jako mezioborové didaktiky ve vztahu k oborovým přírodovědným didaktikám, tedy i k didaktice fyziky. Patří mezi ně zejména:

1. Prestiž:

- Spojení rozdtřštěných sil oborových přírodovědných didaktik a posílení jejich významu.
- Rozšíření a zkvalitnění národní a zejména mezinárodní spolupráce.

2. Výzkum a vývoj:

- Koordinace, zefektivnění a zkvalitnění výzkumu a vývoje.
- Možnost individuální hlubší výzkumné specializace v dílčí problematice.
- Širší společný záběr zkoumané problematiky.
- Vytvoření výzkumné základny (přírodovědné didaktické laboratoře, ústavy apod.).
- Zvětšení platformy pro publikování výsledků práce (časopisy, konference, vědecká organizace atd.).
- Zlepšení podmínek pro vědecký růst (akreditace mezioborových doktorských studijních programů, habilitačních a jmenovacích řízení).

3. Příprava učitelů:

- Zkvalitnění pregraduální i postgraduální přípravy učitelů.
- Zefektivnění výuky na učitelských fakultách (integrace předmětů apod.).

4. Vazba na školskou praxi:

- Prosazování názorů při tvorbě školských norem, kurikulárních materiálů apod.
- Zesílení vazby na školskou praxi při přípravě učitelů zejména v reformní době RVP (vzdělávací oblasti).
- Zkvalitnění a rozvoj tvorby výukových prostředků (učebnice, pomůcky atd.).

5. Vazba na další vědní obory:

- Koordinovaná spolupráce s přírodními vědami, pedagogikou, psychologíí, sociologií a jinými blízkými obory.

Tyto a i další možné role a oblasti činnosti didaktiky přírodovědy poměrně přesvědčivě dokládají smysluplnost a účelnost jejího konstituování.

Ve vztahu k oborovým přírodovědným didaktikám můžeme nalézt dvě základní role mezioborové didaktiky přírodovědy:

- integrační a
- koordinační.

Integrace by měla nastat při řešení společných problémů oborových přírodovědných didaktik [5]. V didaktice přírodovědy jde např. o problematiku školního experimentování, žákovských přírodovědných prekonceptů, přírodovědných projektů atd. Koordinaci by měla didaktika přírodovědy zajišťovat v ostatních oblastech, které jsou a zůstanou doménou jednotlivých oborových přírodovědných didaktik, ale kde je spolupráce opět výhodná. Dosud je zvykem zpravidla dělit oborovou přírodovědnou didaktiku na část „obecnou“ a „konkrétní“. Toto dělení zhruba odpovídá i rozdělení oblastí bádání na integrovanou část didaktiky přírodovědy jako mezioborové didaktiky a koordinované oblasti jednotlivých oborových přírodovědných didaktik.

Lze předpokládat, že jako každá nová věc bude mít pravděpodobně i didaktika přírodovědy kritiky a odpůrce. Kromě obvyklého konzervativního odporu proti jakékoliv změně může být hlavní brzdou obava ze ztráty svébytnosti a nutnosti podřídit se spolupráci s partnerskými oborovými přírodovědnými didaktikami, případně didaktice přírodovědy. Tato negativa jsou však dle našeho názoru mnohem menší než očekávaný přínos spolupráce.

Je logické, že každá oborová přírodovědná didaktika by si zachovala i nadále svoji originalitu a svébytnost především při konkrétní didaktické transformaci vědeckých poznatků svého oboru do didaktické struktury (školního kurikula). Takže např. didaktici fyziky budou nadále hlavními autory fyzikálních učebnic, učebních pomůcek, pokusů a úloh pro výuku fyziky.

Na konkrétním příkladě mezipředmětových vztahů můžeme uvést převahu výhodnosti spolupráce didaktiky přírodovědy a jednotlivých oborových přírodovědných didaktik.

Didaktika přírodovědy a mezipředmětové vztahy

Již řadu let se skloňuje ve všech pádech pojem „mezipředmětové vztahy“ [6]. Málokterý pedagog či didaktik nesouhlasí s tezí o nutnosti rozvíjení mezipředmětových vztahů mezi vyučovacími předměty. Skutečný stav ve výuce a při tvorbě kurikulárních materiálů (včetně RVP) i v oblasti oborových přírodovědných didaktik je však bohužel jiný. Není zdaleka dořešena teoretická ani realizovaná praktická rovina mezipředmětových vztahů. Podle našeho názoru existuje několik dimenzí mezipředmětových vztahů, které můžeme definovat jako koordinaci:

1. obsahovou
2. časovou
3. metodickou
4. cílovou

Teorie obsahové a časové koordinace je částečně propracována (např. v [6]), třebaže v praxi je často ignorována. O metodické koordinaci se téměř nehovoří a koordinace vzdělávacích cílů je značně neprobádaný a hlavně nerealizovaný fenomén. Přitom na koordinaci a integraci vzdělávacích cílů v podobě žákovských kompetencí jsou založeny RVP. Autoři školních vzdělávacích programů jsou hned na počátku postaveni před zásadní volbu:

KOORDINACE nebo INTEGRACE?

Pokud zvolí cestu koordinace přírodovědných oborů (předmětů), mohou se opřít o existující základní teoretické poznatky. Závažným nedořešeným problémem je ale integrovaná výuka přírodovědy. Zde není dosud zodpovězeno několik důležitých otázek:

- Jsou integrovaná témata dostatečně vyřešena odborníky jednotlivých oborů?
- Jak tato integrovaná témata didakticky zpracovat (transformovat)?
- Je třeba stanovit garanci oboru (předmětu) nad integrovaným tématem? Podle jakého kritéria bude tato případná garance stanovena?
- Jak má vypadat celá didaktická struktura integrované přírodovědy pro určitý stupeň a typ školy, do níž je možno integrovaná a didakticky transformovaná témata sestavit?

Jako příklad této problematiky může sloužit téma: Pohyby Země, Měsíce a Slunce. Kdo a jak připraví učitele, který bude toto téma učit integrovaně a bude umět žákům odpovědět na otázky typu: Jak vypadají měsíční fáze na rovníku? Můžeme sledovat úplné zatmění Slunce a Měsíce na pólech? Jak a proč se mění hvězdná obloha během noci, roku? Kde na obloze nalezneme Měsíc v úplňku o půlnoci a kde je v té době Slunce? Jak to, že když je Země nejbližší ke Slunci, máme u nás na severní polokouli zimu? Jaký vliv mají pohyby Země, Slunce a Měsíce na život na Zemi?

Právě didaktika přírodovědy jako mezioborová didaktika by mohla napomoci vyřešit problematiku mezipředmětových vztahů, včetně integrované výuky. Tato problematika získala na výrazné aktuálnosti právě v dnešní době realizace RVP.

Didaktika přírodovědy a příprava učitelů

Dosavadní struktura jednotlivých oborových didaktik je dána vazbou nikoliv přísně na vědní obor, ale častěji na konkrétní vyučovací předmět na základní či střední škole. Proto se konstitovala např. didaktika fyziky, nikoliv např. samostatná didaktika astronomie. Těsná vazba je i mezi oborovou didaktikou a příslušným pracovištěm učitelské fakulty, která připravuje učitele pro určitý vyučovací předmět. Se vznikem odlišné struktury vyučovacích předmětů na školách podle RVP lze předpokládat reorganizaci těchto pracovišť, která může

být dalším podnětem ke vzniku mezioborových didaktik. Tak lze v přírodovědné oblasti očekávat vytvoření pracoviště didaktiky přírodovědy.

Možná si to ani neuvědomujeme, ale zárodky didaktiky přírodovědy jako mezioborové didaktiky již u nás existují, třebaže v latentní podobě. V případě přírodovědných oborů je to didaktika přírodovědy pro první stupeň základní školy.

Otevřenou aktuální otázkou spjatou se zaváděním RVP je příprava učitelů na výuku integrované přírodovědy. Dosavadní dvouoborové učitelské kombinace budou zřejmě modifikovány a doplněny na celou vzdělávací oblast (učitel přírodovědy). Je třeba vyřešit problém, zdali je možno úspěšně a dostatečně dvouoborového učitele doškolit v rámci postgraduální přípravy na učitele celé oblasti nebo zdali je možné a vhodnější připravit studijní programy a obory již pro celou oblast v pregraduální přípravě. Jako příklad inovací v přípravě učitelů přírodovědných předmětů může sloužit pracovní návrh sylabu úvodní integrované přednášky Didaktiky přírodovědy, která se připravuje na Pedagogické fakultě MU v Brně v navazujícím magisterském stupni učitelské přípravy:

	<i>Téma</i>	<i>Klíčové pojmy</i>
1	Filozofie přírodovědného vzdělávání a výchovy	Harmonie a disharmonie, racionální a emotivní, text a kontext, informace a formace, kvalifikace a vzdělání, globalizace a vzdělání, holismus.
2	Vzdělávací cíle přírodovědy	Vzdělávací cíle (vědomosti, dovednosti, postoje, kompetence), taxonomie vzdělávacích cílů, vzdělávací standardy.
3	Technologické prvky výuky přírodovědy	Metody, formy, prostředky, principy, alternativní postupy.
4	Regionální výuka přírodovědy	Místní krajina, neformální výuka, regionální kabinet.
5	Tvorba přírodovědného kurikula	Žák, učitel, učební plány, tvorba kurikula, vzdělávací programy.
6	Experiment ve výuce přírodovědy	Vědecký a školní pokus, klasifikace pokusů, technická a didaktická složka pokusu, pomůcky.
7	Moderní výukové technologie v přírodovědě	ICT ve výuce, možnosti a hranice užití ICT.
8	Úloha ve výuce přírodovědy	Úloha, klasifikace úloh, projekt.
9	Aktivizace a motivace ve výuce přírodovědy	Aktivizace, motivace, motivační techniky.
10	Diagnostika ve výuce přírodovědy	Didaktická diagnostika, diagnóza, nástroje (testy, dotazníky, pozorování aj.), hodnocení, klasifikace.
11	Terénní výuka přírodovědy	Terén, pozorování, sběr dat a přírodnin.
12	Enviromentální výchova	Integrace a kooperace, enviromentální vzdělávání a výchova.

Výzvou pro zkvalitnění výuky oborových didaktik jsou i snahy o zavedení standardů učitelské způsobilosti. Podle nich by mělo dojít k posílení pozice oborových didaktik v přípravě učitelů všech stupňů. Je to velká šance, kterou by měly oborové didaktiky využít a nepromarnit. Neúspěch by mohl podpořit názory některých oborových odborníků, kteří zpochybňují významnou integrační roli oborové didaktiky v profesní přípravě učitelů.

Didaktika přírodovědy v éře RVP

Deklarovaným hlavním důvodem zavádění RVP do našich škol je změna vzdělávacích cílů, která má reagovat na požadavky informatické společnosti, vybavit člověka způsobilostmi

(kompetencemi) řešit složité životní situace, uspokojovat své potřeby atd. [7]. Tyto inovované vzdělávací cíle jsou pravděpodobně správné, jelikož reagují na aktuální stav společnosti a prostředí, ve kterém dnešní člověk žije a bude v budoucnu žít. Inovované vzdělávací cíle však vyžadují poměrně významné změny ve výukových technologiích. Tyto technologie by měly být založeny na inovovaných výukových metodách a formách, např. včetně kvalitní didaktické diagnostiky [8].

Podle našeho názoru, který je podložen průzkumy a prvními zkušenostmi s vytvářením školních vzdělávacích programů na základních školách a nižším stupni gymnázií [9], [10], mají RVP v přírodovědné oblasti několik závažných nedostatků. K nim patří zejména:

1. Správný přesun vzdělávacích cílů od vědomostí k dovednostem, ale bez dostatečného zajištění potřebných podmínek (přílišné množství a nejasná struktura vzdělávacích výstupů, chybějící vhodné učebnice, nedostatečné laboratorní vybavení atd.).
2. Nedostatečná příprava učitelů na osvojování dovedností žáků (dosud připravování převážně na výuku vědomostí apod.), na tvorbu kurikula (školní vzdělávací programy), diagnostiku dovedností atd.
3. Chybějící nebo jen pilotní evaluační standardy a nástroje pro dovednosti a kompetence, včetně jejich systémového uplatnění.
4. Nedořešenost systémové vazby výstupů a klíčových kompetencí (nejistota, zdali vytyčenými výstupy jsou klíčové kompetence vytvářeny rovnoměrně, dostatečně, s ohledem na věkové zvláštnosti atd.).
5. Přetrvávající tradiční kopírování struktury vědy a vyučovacího oboru (chybějící speciální tematická struktura učiva a výstupů vhodná např. pro integrovanou přírodovědu).
6. Nedostatečné podmínky pro rychlé zavádění nových výukových technologií (chybějící výukové počítačové programy, internetové databáze atd.).
7. Podcenění konzervativnosti, pohodlnosti, formálnosti a malé motivovanosti učitelů k žádoucím změnám.

Je zřejmé, že některé z těchto i dalších problémů jsou řešitelné jednotlivými oborovými přírodovědnými didaktikami. Některé jsou naopak natolik obecné, že by je měla vyřešit obecná didaktika.

Nalezneme však problémy, které svým charakterem přísluší didaktice přírodovědy. Těmito typickými mezioborovými problémy, kde se může uplatnit koordinační role didaktiky přírodovědy, patří např.:

- cílová koordinace
- integrace oborů v přírodovědné oblasti
- průřezová témata
- projektová výuka

Existují však dva zásadní problémy, které podle našeho názoru nelze vůbec řešit v separovaných oborových přírodovědných didaktikách. Zde by měla zasáhnout didaktika přírodovědy v integrační roli. Jde o:

1. projekt integrované výuky přírodovědy,
2. integrovaná příprava učitele přírodovědy.

Těsnou vazbu na RVP potvrzují myšlenky: „Z jednoho vzdělávacího oboru může být vytvořen jeden vyučovací předmět nebo více vyučovacích předmětů, případně může vyučovací předmět vzniknout integrací více vzdělávacích oborů (integrovaný vyučovací předmět). RVP ZV umožňuje *propojení (integraci)* vzdělávacího obsahu na úrovni témat, tematických okruhů, případně vzdělávacích oborů. Integrace vzdělávacího obsahu musí respektovat logiku výstavby jednotlivých vzdělávacích oborů. Základní podmínkou funkční integrace je kvalifikovaný učitel.“ ([9], s. 38). S integrovanou výukou přírodovědy na druhém stupni základ-

ních škol a na středních školách ale u nás nejsou téměř žádné zkušenosti, stejně jako s přípravou učitele přírodovědy. Zkušenosti ze zahraničí jsou často rozporné, někdy i záporné (např. příprava učitelů přírodovědy v Polsku).

Řešení uvedených problémů považujeme za klíčové pro úspěšné zavádění RVP do našich škol. Jak bylo výše uvedeno, nelze počítat s eventualitou okamžitého fungování didaktiky přírodovědy a jejího zapojení do řešení problematiky RVP. Časový faktor je ale výrazně nepříznivý, a tak nás vede k prvním úvahám o konstituování didaktiky přírodovědy. Mezi ně můžeme zahrnout kooperaci oborových přírodovědných didaktik, ke které postupně dochází. Jde o pořádání společných seminářů, řešení projektů, koordinovaná příprava učitelů atd.

Závěr

Situace při zavádění RVP do našich škol a současný stav jednotlivých oborových přírodovědných didaktik (včetně didaktiky fyziky) přináší řadu výše popsanych problémů. Jako jedno z možných řešení těchto problémů navrhuje konstituovat didaktiku přírodovědy jako mezioborovou didaktiku, která by mohla napomoci k dílčí integraci a systémové koordinaci činnosti jednotlivých oborových přírodovědných didaktik. Teprve budoucnost ukáže, jestli je tato cesta reálná a efektivní. Můžeme se však opírat o příznivé zahraniční zkušenosti. Uvedené myšlenky jsou uvedeny jako podnět k další diskusi o problematice didaktiky přírodovědy.

Reference

- [1] Jenkins E. W.: *Research in Science Education: Time for a Health Check?* Studies in Science Education. University of Leeds, Leeds 2000.
- [2] Brockmeyerová-Fenclová J., Čapek V., Kotásek J.: *Oborové didaktiky jako samostatné vědecké disciplíny*. Pedagogika, **46**, 2000, č. 1, s. 23–37.
- [3] Fenclová J.: *Úvod do teorie a metodologie didaktiky fyziky*. SPN, Praha 1982.
- [4] Šimoník O.: *Obecná didaktika a oborové didaktiky*. In *Didaktika – opora proměn výuky* (sborník z konference). Gaudeamus, Hradec Králové 2004, s. 53–55.
- [5] Bílek M.: *Didaktika chemie – výzkum a vysokoškolská výuka*. M&V, Hradec Králové 2003.
- [6] Janás, J.: *Mezipředmětové vztahy a jejich uplatňování ve fyzice a chemii na základní škole*. UJEP, Brno 1985.
- [7] Nezvalová D.: *Kompetence a standardy v pregraduální přípravě – slabá či silná stránka instituce vzdělávající učitele?* In: *Kompetence a standardy ve fyzikálním vzdělávání* (sborník z konference). Univerzita Palackého, Olomouc 2004, s. 7–22.
- [8] Trna J.: *Evaluační standardy ve fyzikálním vzdělávání*. In: *Kompetence a standardy ve fyzikálním vzdělávání*. Univerzita Palackého, Olomouc 2004, s. 52–63.
- [9] *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. <http://www.msmt.cz> (k 10. 4. 2005).
- [10] *Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání. Pilotní verze*. VÚP, Praha 2004.

Didaktické disciplíny ve studiu učitelství fyziky

Ivo Volf*, katedra fyziky a informatiky PdF Univerzity Hradec Králové

Již dlouhá léta se v přípravě učitelů fyziky střetávají dva protichůdné názory, jež ovlivňují uspořádání studijních disciplín: Co je v praxi důležitější – být dobrým odborníkem-fyzikem, nebo být dobrým odborníkem v pedagogice a psychologii? Na první pohled jde o střet fyziků, preferujících odbornost a často vycházejících z názoru, že má-li člověk příslušné vědomosti a dovednosti, samozřejmě je dokáže předat svým žákům, s pedagogy, kteří vycházejí z toho, že po obsahové stránce učitel základní a střední školy již na své kůži absolvoval studium toho, co je předmětem výuky, a proto stačí trochu středoškolské fyzikální učivo zopakovat a nejdůležitější součástí učitelovy práce je potom didaktický přístup, pochopitelně podložený obecnějším studiem pedagogiky a psychologie. Tato dvě soupeřící hlediska se projevují nejen v různých studijních programech fakult přírodovědeckých i pedagogických, ale i v hodnocení výsledků studia či financování studijních programů. Učitel fyziky může totiž absolvovat buď studijní program Fyzika, specializace učitelství fyziky pro základní nebo střední školy, nebo studijní program Učitelství pro základní školy nebo Učitelství pro střední školy, specializace učitelství fyziky. I po stránce výsledků může být rozdíl – na přírodovědeckých fakultách může student vykonat rigorózní zkoušku a získat akademický titul RNDr., na fakultě pedagogické potom titul PhDr.

Po svém nástupu na Pedagogickou fakulta v Hradci Králové a po několikaleté pedagogické praxi na střední škole (dnešní gymnázium) jsem si byl vědom skutečnosti, že ani jeden přístup není zcela správný. Dobrým učitelem fyziky může být jenom dobrý odborník, který nejen ovládá vědomosti a dovednosti z fyziky na bázi o jeden nebo dva stupně vyšší, než je stupeň školy, na níž bude vyučovat, ale má příslušně obecné psychologicko-pedagogické vědomosti, které dovede tvůrčím způsobem aplikovat do oblasti výuky fyziky. Proto jsem se snažil v daných a možných mezích posilovat didaktickou složku přípravy vysokoškolského studenta, omezovat rozšiřování pouze teoretických disciplín navazujících na základní výuku psychologie a pedagogiky, jež je potřebná k vytvoření příslušného teoretického základu nejen pro praxi, ale i pro následnou přípravu z obecné i speciální didaktiky fyziky. Tak se postupně podařilo vytvořit studijní program, který považuji za dobře vyvážený. Zatím jediným velkým nedostatkem se mi jeví průběžná a pedagogická praxe, která by vycházela z laboratoře didaktiky fyziky (mikrovýstupy studentů), přes bohatou hospitační činnost přímo ve škole (hospitace na hodinách zkušených učitelů s následujícími rozbory), dále přes kontrolované výstupy studentů během průběžné praxe, až po samostatnou pedagogickou činnost při praxi souvislé. I když podle současných studijních programů lze tento záměr uskutečnit (často však formou fakultativní výuky v nižších ročnících), přesto tento stav nepovažuji za uspokojivý, ale současně i za obtížně řešitelný v dnešních poměrech, kdy školy (základní, střední i vysoké) si hlídají každou vyučovací hodinu i každou vydanou korunu.

Ukažme si na výběru disciplín studijního programu Učitelství pro střední školy, popř. Učitelství pro školy základní, specializace učitelství fyziky, jak se nám podařilo najít na Pedagogické fakultě Univerzity Hradec Králové rovnováhu všech tří složek přípravy učitele – odborně-fyzikální (odkazujeme zájemce na příručky pro studenty), pedagogicko-psychologické a didaktické.

Uvedeme nejprve obecně zaměřené pedagogické a psychologické disciplíny, zařazené ve společném základu pro všechny studenty učitelství pro základní a pro střední školy:

1. semestr	Pedagogická propedeutika	1 P + 1 S
2. semestr	Psychologie obecná a vývojová	1 P + 1 S
3. semestr	Psychologie pedagogická	1 P + 2 S

* ivo.volf@uhk.cz

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2

4. semestr	Obecná didaktika	1 P + 1 S
5. semestr	Psychologie sociální a osobnosti	1 P + 1 S
6. semestr	Teorie výchovy	1 P + 1 S
7. až 9. semestr – zařazeny volitelné předměty v různém rozsahu		

Povinně volitelné

2. semestr	Biologie dítěte	1 P
3. semestr	Komunikativní příprava	1 P
4. semestr	Úvod do gender studies	1 P + 1 S
7. semestr	Školní legislativa	1 P

Povinně volitelné

3. semestr	Didaktické technologie	1 P
3. semestr	ICT2	RK 1 S
4. semestr	Aplikovaná informatika 2	RK 1 S
4. semestr	Technologie distančního vzdělávání	2 S

Povinně volitelné

1. semestr	ICT 1	RK 1 S
2. semestr	Aplikovaná informatika 1	RK 1 S

Poznámka: RK: řízené konzultace – studenti, kteří splní požadavky, mohou jen předložit seminární práci a obhájit ji, studenti, kteří si nejsou jistí, se účastní výuky pod dozorem pracovníků katedry.

Disciplíny směřující k profesnímu zaměření učitele fyziky (předměty značené ZŠ a SŠ se vyučují paralelně; jiný počet vyučovacích hodin je dán celkovou strukturou odborných fyzikálních disciplín).

6. semestr	Obecná didaktika fyziky	2 P + 2 S
7. semestr	Speciální didaktika fyziky SŠ	2 P
	Speciální didaktika ZŠ	1 P + 2 S
8. semestr	Metody řešení fyzikálních úloh	2 S
	Speciální didaktika fyziky SŠ	2 S
	Speciální didaktika fyziky ZŠ	1 P + 2 S
9. semestr	Dějiny fyziky, fyzika a filosofie	2 P + 1 S
	Metody řešení fyzikálních úloh	3 S
	Speciální didaktika fyziky SŠ	2 S
	Speciální didaktika fyziky ZŠ	2 S

Pedagogická praxe (dána pro všechny studijní specializace jednotně):

7. semestr	Pedagogická praxe průběžná	3 S – oba předměty
8. semestr	Pedagogická praxe průběžná	3 S – oba předměty
10. semestr	Pedagogická praxe souvislá	3 týdny

Dále jsme zavedli další disciplíny podporující profesní zaměření učitele fyziky, jež si vybírají studenti fakultativně:

1. semestr	Pedagogická praxe F1	1 C
	Proseminář z fyziky 1	3 S
2. semestr	Pedagogická praxe F2	1 C
	Proseminář z fyziky 2	3 S
3. semestr	Fyzika a technika	2 S
4. semestr	Hudební akustika	2 S
	Pedagogická praxe F3	2 S
5. semestr	Fyzikální pokus ve vyučování	2 S
	Polovodičové prvky v technice	2 S

	Péče o fyzikální talenty 1	2 S
6. semestr	Péče o fyzikální talenty 2	2 S
	Biofyzika pro učitele	2 S
7. semestr	Péče o fyzikální talenty 3	2 S
	Školní pokusy 1	2 S
	Integrovaná přírodověda 1	2 S
8. semestr	Péče o fyzikální talenty 4	2 S
	Školní pokusy 2	2 S
	Integrovaná přírodověda 2	2 S
9. semestr	Fyzika a vzdělávání člověka	2 S
	Školní pokusy 3	2 S

Kromě toho Katedra fyziky a informatiky UHK zajišťuje výuku přírodovědných předmětů zařazených i do dalších studijních programů. Návrhy na rozsah, obsah a metody práce musela Katedra připravit sama a jsou zcela originální.

Na Pedagogické fakultě UHK bylo zahájeno tříleté bakalářské studium Specializace v pedagogice – učitelství pro mateřské školy pro vedoucí pracovníce. Studium obsahuje zejména pedagogicko-psychologické disciplíny, avšak podařilo se zařadit i faktografickou stránku, jež je nutná pro učitelky na mateřské škole, doprovázenou příslušnými specifickými didaktickými přístupy.

4. semestr	Svět kolem nás 1	2 S
5. semestr	Svět kolem nás 2	2 S

Katedra fyziky a informatiky se podílí na realizaci magisterského studia – Učitelství pro základní školy – učitelství pro 1. stupeň základní školy. Tam jsou pro všechny studenty zařazeny disciplíny:

6. semestr	Přírodověda – Fyzika 1	1 P + 2 S
7. semestr	Přírodověda – Fyzika 2	1 P + 2 S
8. semestr	Učíme žáky pozorovat a myslet	2 S
9. semestr	Učíme žáky myslet a předvídat	2 S

V rámci pětiletého magisterského studia Učitelství pro 1. stupeň základní školy si mohou studenti zvolit určitou specializaci (tělesná výchova, hudební výchova, výtvarná výchova, speciální pedagogika aj.); experimentálně byla také zařazena specializace Vlastivědná a přírodovědná výchova s posílenou přírodovědnou a vlastivědnou složkou přípravy:

4. semestr	Zdravotní výchova a první pomoc	1 P + 1 S
5. semestr	Přírodovědné pokusy s rostlinami	1 S
5. semestr	Rozvoj přírodovědné vzdělanosti	1 P
6. semestr	Enviromentální dílna	1 S
7. semestr	Materiály a technologie	2 S
7. semestr	Učíme děti objevovat	1 S
8. semestr	Děti bez zájmu nebo nadání	1 S
8. semestr	Práce s talentovanými dětmi	1 S
8. semestr	Technická zařízení kolem nás	1 P + 1 S
9. semestr	Přírodověda a lidský intelekt	2 P
9. semestr	Počítače v technice	2 S

Literatura

- [1] <https://hades.uhk.cz/FIS/predmety/StruktSeznamDetail.asp?PredmetSeznamID=IZS2FY&akce=editaceStruktSeznu>
- [2] <https://hades.uhk.cz/FIS/predmety/StruktSeznamDetail.asp?PredmetSeznamID=ISSKFY&akce=editaceStruktSeznu>
- [3] <https://hades.uhk.cz/FIS/predmety/StruktSeznamDetail.asp?PredmetSeznamID=IZS1VL&akce=editaceStruktSeznu>

Fundamentální experimenty ve fyzice

Bohumil Vybíral*, katedra fyziky a informatiky PdF Univerzity Hradec Králové

V rámci doktorského studijního programu *Specializace v pedagogice*, obor *Teorie vzdělávání ve fyzice*, uskutečňovaného od roku 2004 na Univerzitě Hradec Králové, jsme zavedli povinný kurz *Fundamentální experimenty ve fyzice*. V předložené stati jsou základní obrysy obsahové náplně tohoto kurzu. Jsme přesvědčeni, že toto téma může zajímat širší učitelskou veřejnost, neboť obrací pozornost k samým kořenům fyziky.

1. Fyzikální experiment

Experiment měl (a stále má) rozhodující význam pro rozvoj fyziky jako přírodní vědy, která vytváří a zdokonaluje fyzikální obraz světa. Fyzikální experiment jako vědeckou metodu zkoumání přírody přinesla v 15. až 16. století až renesance. Je sice pravda, že někteří starověcí badatelé, zejména starořeční filozofové, dokázali při vytváření teorií zobecňovat některé poznatky z pozorování, avšak jejich přístupy byly často velmi zatíženy spekulacemi. Např. Aristoteles odmítal experiment připravený badatelem jako nepřípustné zasahování člověka do pozorovaného jevu.

Pravidla nového vědního přístupu k budování fyzikálního obrazu světa stanovil až italský renesanční vědec Galileo Galilei (1564–1642):

- Vytvořit hypotézu na základě dosavadní zkušenosti, intuice a popř. vrozených pravd.
- Ověřit hypotézu smyslovou zkušeností nebo experimentem.
- Provést dedukci hypotézy na jevy dosud neznámé.

Tak byl do přírodovědy zaveden experiment jako prostředek poznávání přírodních jevů a současně jako specifická metoda praxe.

Jak můžeme charakterizovat *fyzikální experiment* podle současných hledisek? Je to vědecká metoda, při níž se uměle (tj. za účasti badatele) navodí děj s předem stanovenými podmínkami tak, aby jej bylo možné za stejných podmínek opakovat. Při probíhajícím experimentu objektivně sledujeme měření pomocí přístrojů vzájemnou závislost fyzikálních veličin za působení co nejmenšího počtu rušivých jevů. Získané výsledky zobecňujeme do formy fyzikálního zákona (zpravidla popsaného matematickým modelem), přičemž jeho správnost ověřujeme dalšími experimenty. U reálně probíhajícího experimentu, který má být východiskem k vytvoření dobrých kvantitativních modelů fyzikálních jevů, má zásadní význam měření fyzikálních veličin. Měření veličin opakujeme a statisticky vyhodnocujeme, abychom mohli určit přesnost měření.

Experimenty, které slouží k budování fyzikálního obrazu světa (můžeme je zjednodušeně označit jako *vědecké experimenty*), členíme do dvou skupin:

- *heuristické* (objevné) – kdy účelem je nalézt dosud neznámou zákonitost,
- *verifikační* (ověřovací) – kdy účelem je ověřit platnost zákona, který byl získán deduktivním teoretickým postupem, anebo ověřit meze platnosti zákona pro jiné podmínky.

Na toto členění se můžeme dívat jednak z hlediska historického vývoje poznání, jednak z hlediska současného budování fyzikálního obrazu světa. V důsledku nalezených souvislostí mezi jednotlivými jevy nebo jejich skupinami, podnícených rozvojem fyzikální teorie i její aplikace, tak experimenty původně heuristické přecházejí do skupiny experimentů verifikačních. Blíže se tomuto hodnocení experimentů budeme věnovat v oddílech 2 a 3 tohoto článku. Fyzikální expe-

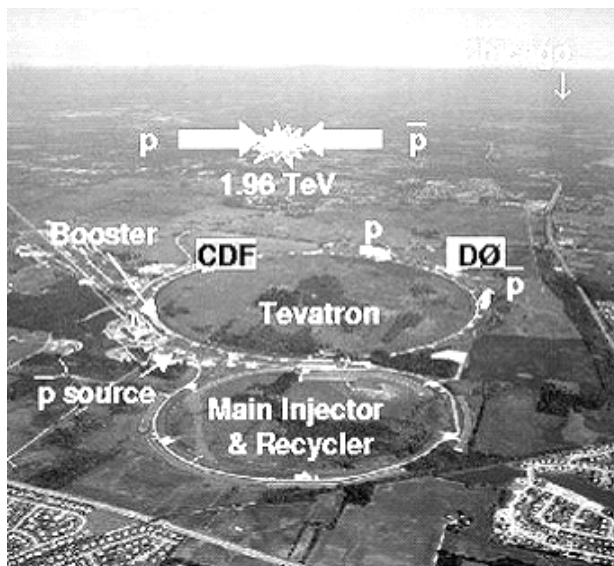
* bohumil.vybiral@uhk.cz

rimenty, které mají stěžejní význam pro budování fyzikálního obrazu světa (a to jak z hlediska historického anebo současného), budeme v této stati označovat jako *experimenty fundamentální*. Těmito fundamentálními (resp. základními) experimenty přitom mohou být jak významné experimenty heuristické, tak i experimenty verifikační, pokud ověřují např. hypotézu, která má zásadní význam pro budování určité fyzikální teorie anebo oprávněnost teoretických dedukcí.

Vědecké experimenty může z jiného hlediska členit na

- *reálné* – kdy sledujeme reálně probíhající fyzikální děje a měříme je reálnými přístroji v reálném čase,
- *myšlenkové* – kdy se myšlenkově navodí podmínky a postup možného experimentu a jeho očekávané výsledky se neměří, avšak deduktivně se odvozují ze známých zákonů za idealizovaných podmínek. Jeho znakem je, že probíhá jen v podobě úvah a logických soudů a přináší nové poznatky bez ohledu na to, zda takový experiment je skutečně realizovatelný,
- *počítačové* – kdy jde o matematickou simulaci možných jevů postavenou na aplikaci známých zákonů (tj. matematických modelů jevů).

Myšlenkové a počítačové experimenty ve skutečnosti fyzikálními experimenty v pravém slova smyslu nejsou – reálné experimenty jimi nelze zcela nahradit. Jde o vědecké metody vytváření fyzikálního obrazu světa, kdy se experimenty jen simulují podle dosavadních poznatků, avšak za často extrémních podmínek. Lze jen očekávat, že skutečné děje by podle nich pravděpodobně probíhaly. Tyto „experimenty“ však podstatně usnadňují poznávání ve velmi složitých a mezních situacích, neboť dospívají k výsledkům, které bychom reálnými experimenty získávali velmi obtížně, a to jak z hlediska časového, tak z hlediska ekonomické náročnosti. Metodu myšlenkového experimentu rozpracoval již G. Galilei, avšak jako metodu jej často užíval zejména A. Einstein (1879–1955) při budování teorie relativity (simuloval jimi děje při rychlostech blízkých rychlosti světla a děje ve velmi intenzivních gravitačních polích). Počítačovým experimentem lze dobře simulovat jednak děje reálně probíhající velmi rychle (např. ve fyzice elementárních částic lze sledovat přeměnu částic při vzájemné interakci), jednak děje naopak velmi pomalé (např. v astrofyzice srážku dvou galaxií). Dobře se osvědčují také u dějů s velkým počtem proměnných vstupních parametrů (např. u dějů v zemské atmosféře – modely vývoje počasí).



Obr. 1. Dispozice urychlovače TEVATRON v USA



Obr. 2. Vnitřek urychlovací trubice

S rozvojem poznání se zvětšuje i složitost a dostupnost mnohých současných reálných experimentů. Příznačné je to zejména v oblastech nedosažitelných přímému lidskému pozorová-

ní, tedy jak v mikrosvětě, tak v megasvětě. Např. k nejnáročnějším experimentálním úkolům současné fyziky patří dobudování standardního modelu mikrosvěta (viz např. současné extrémní experimentální úsilí při hledání Higgsova bosonu, které vyžaduje stavbu urychlovačů o energiích až 7 TeV). Současným největším urychlovačem je *TEVATRON* (obr. 1), jehož hlavní urychlovací prstenec (obr. 2) má obvod o délce 6,3 km. Poskytuje srážky protiběžných svazků protonů a antiprotonů o energii až 1 960 GeV.

Podobné náročné experimenty mají dokázat existenci gravitačních vln podle Einsteinovy obecné teorie relativity. K tomu se budují se detektory extrémních rozměrů řádu 10^3 m (viz např. obr. 3), aby se konečně podařilo zachytit gravitační vlny. S tím je spojena odpovídající finanční náročnost. U těchto grandiózních experimentů, na nichž často pracují i tisíce vědců a asistentů, se již zpravidla vytrácí někdejší romantika fyzikálního bádání, která je známa z historie starší než 75 let, kdy u určitého experimentu dominovala osoba jednoho vědce (viz např. obr. 4) a u něj nanejvýš malá skupina asistentů.



Obr. 3. Italský laserový interferometr VIRGO (Pisa, 2003), délka každého z ramen je 3 km



Obr. 4. Otto von Guericke experimentuje roku 1672 s třecím „elektrickým strojem“

2. Fundamentální experimenty z hlediska historického vývoje fyziky

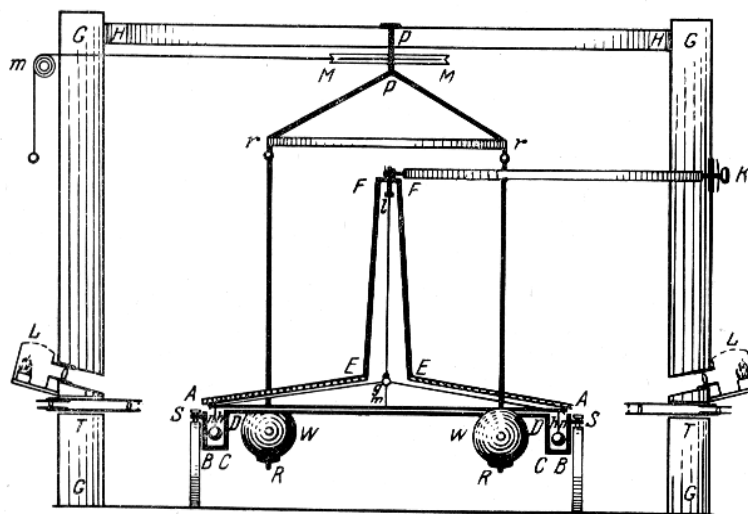
Východiskem každé relevantní fyzikální teorie musí být pozorování přírodních jevů, anebo provedení reálného experimentu. Cesty fyzikálního poznávání nebývají však přímé, jak je zřejmé z historie fyziky. Fyzikové často museli provést řadu dílčích pozorování a experimentů, než mohli v uvažované oblasti provést jeden experiment fundamentální. Někdy můžeme provést hodnocení, zda ten či jiný experiment je v dané oblasti fundamentální, až s časovým odstupem. Nyní naznačíme hodnocení vývoje jen několika fyzikálních oborů z hlediska experimentálních východisek.

Klasická mechanika

Základy mechaniky (zejména statiky), založené na zkušenostech a pozorování, zasahují daleko do starověku. Teprve však obrození pohledu na přírodu, které v 16. století přinesla renesance, způsobilo její rozvoj. V tomto období bylo vykonáno velké množství pozorování a experimentů – připomeňme si jména některých badatelů: L. da Vinci, G. B. Benedetti, G. Galilei, V. Viviani, G. A. Borelli, R. Hooke, M. Marci, Ch. Huygens. Význam experimentu v období renesance dokumentuje i skutečnost, že roku 1657 byla ve Florencii založena Akademie experimentu (i když působila jen 10 let). Tím byla vytvořena východiska pro vznik syntetizujícího díla *Philosophiae naturalis principia mathematica* vydaného roku 1687 Isaacem Newtonem (1643–1727). Dílo navíc obohacovalo vědu o původní matematickou metodu – diferenciální a integrální počet. Téměř žádný z experimentů z mechaniky, který předcházel tomuto Newtonovu dílu, nelze označit za fundamentální – snad s výjimkou Galileiových pokusů s volným pádem a pohybem po nakloněné rovině, které konal v Pise kolem roku 1590.

Klasická teorie gravitace

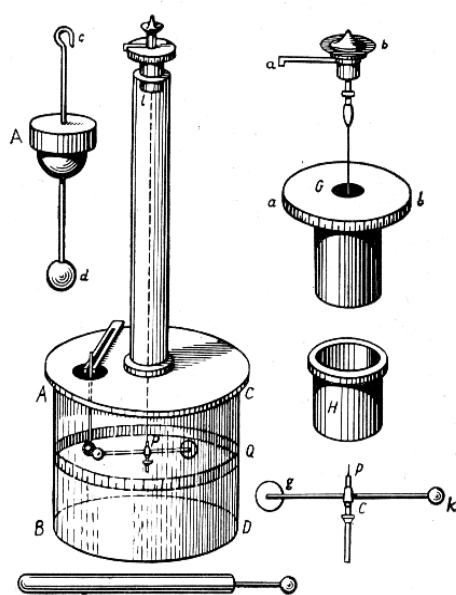
Za fundamentální pozorování (tedy ne přímo experiment) lze považovat pozorování proměnného postavení planet, které ke konci 16. stol. prováděl T. Brahe a analyzoval je J. Kepler. To jej přivádí roku 1609 (v Praze) a roku 1619 k formulaci tří zákonů nesoucích jeho jméno. Z nich pak I. Newton provedl zobecnění na zákon všeobecné gravitace (publikoval jej roku 1687). Newton sám také provádí jeho verifikaci analýzou výsledků pozorování pohybu Měsíce a čtyř největších měsíců Jupitera. Fundamentální verifikační experiment však mohl realizovat až roku 1798 H. Cavendish pomocí torzních vah (obr. 5). Tento experiment nejen potvrdil platnost zákona, ale umožnil i první měření gravitační konstanty (dokonce s přesností 1 %), kterou Newton nemohl určit pro neznalost hmotnosti těles sluneční soustavy.



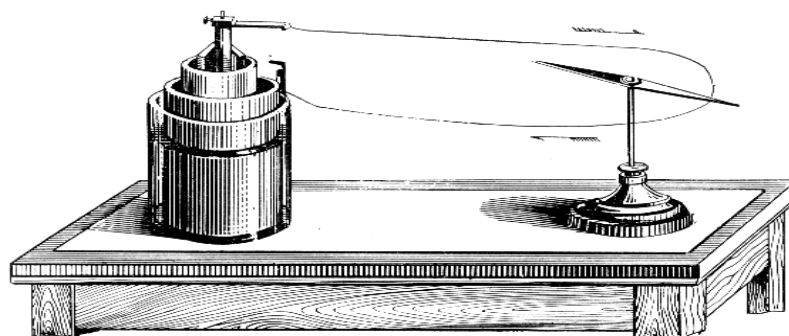
Obr. 5. Cavendishovy torzní váhy (1798) – originální schéma fundamentálního experimentu

Klasická teorie elektromagnetického pole

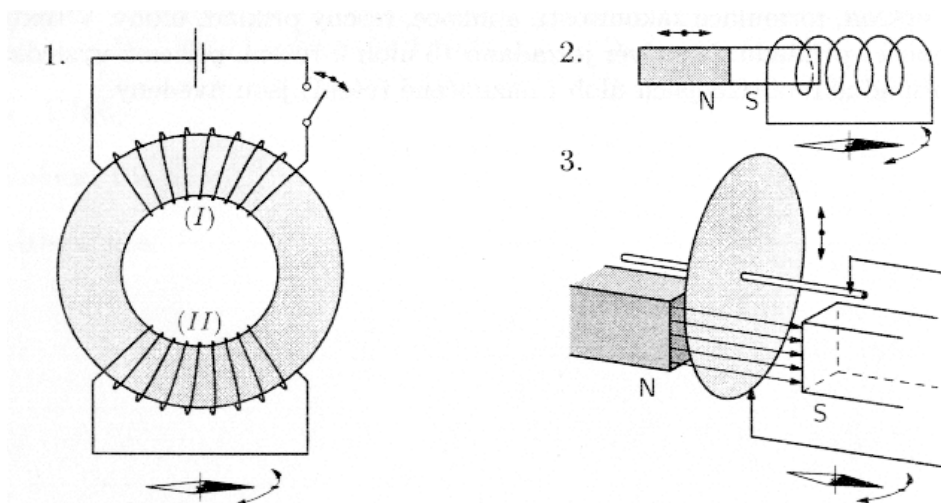
Až do konce 18. stol. byly známy některé jevy z elektřiny a magnetismu pouze kvalitativně, a to bez vzájemné souvislosti. Teprve roku 1785 provedl A. Coulomb (1736–1806) fundamentální experiment, při němž měřil elektrostatické síly na torzních vahách (obr. 6), který mu umožnil formulovat základní zákon elektrostatiky. K tomu roku 1784 vytvořil významnou teorii torzních vah včetně teorie krutu tyče kruhového průřezu. Poté přichází roku 1820 H. Ch. Oersted s jednoduchým heuristickým experimentem (obr. 7), kterým pomocí přímého drátu a magnetky objevuje, že průchodem elektrického proudu vzniká magnetické pole. Záslouhou J. B. Biota, F. Savarta a P. S. Laplacea byl poté roku 1821 formulován druhý pilíř budoucí teorie elektromagnetického pole – zákon nesoucí jméno těchto fyziků. Třetí zákon teorie o silovém působení magnetického pole na proudový element formuluje M. Ampère (1775–1836) na základě svého fundamentálního experimentu z roku 1826. Tyto tři zákony v podstatě stačí k vybudování klasické elektrodynamiky a lze pomocí nich odvodit (po jistém zobecnění) i zákon elektromagnetické indukce. K němu však roku 1831 dospívá po sedmiletém experimentování M. Faraday (1791 až 1879). Poté teprve roku 1864 mohl přijít J. C. Maxwell (1831–1879) se slavnou syntézou poznatků, provést zobecnění (k tomu mj. intuitivně zavést posuvný proud) a formulovat soustavu diferenciálních rovnic elektromagnetického pole. Z nich Maxwell teoretickým postupem dospívá k poznatku, že nově objevená entita – elektromagnetické pole – se šíří ve formě transversálních elektromagnetických vln rychlostí stejnou jako světlo a že na rozhraní dvou prostředí se stejně jako světlo chová. Fundamentální experimenty, které verifikují tyto poznatky, provedl roku 1887 H. Hertz (až 8 roků po Maxwellově smrti).



Obr. 6. Coulombovy torzní váhy (1785) – originální schéma fundamentálního experimentu



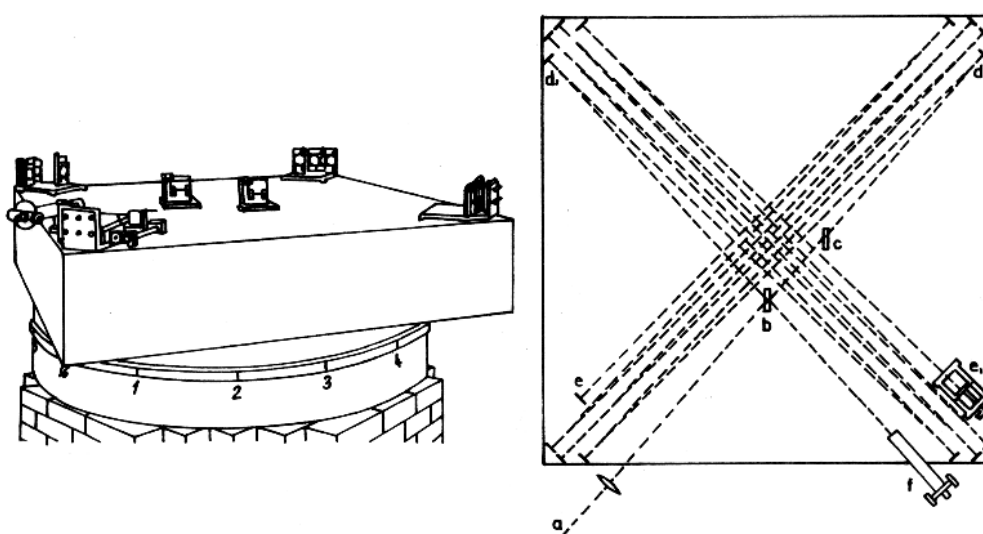
Obr. 7. Originální náčrt Oerstedova fundamentálního experimentu (1820)



Obr. 8. Schéma fundamentálních Faradayových pokusů s elektromagnetickou indukcí (1831)

Speciální teorie relativity

Maxwellova teorie šíření elektromagnetických vln měla jeden nedostatek – Maxwell přijal Youngovu hypotézu z roku 1801, že k šíření světla (a tudíž i elektromagnetických vln) je zapotřebí jakéhosi prostředí, které bylo nazváno *éter*. Jeho experimentální hledání přivedlo fyziku poslední čtvrtiny 19. stol. do vleklé krize. Mezi třemi hypotézami o éteru měl nakonec rozhodnout fundamentální Michelsonův-Morleyův experiment z let 1881 a 1887 (obr. 9). Nerozhodl a problém nakonec vyústil k postulátu, formulovaného A. Einsteinem (1879–1955), že rychlost světla ve vakuu je univerzální fyzikální konstanta (tj. že je stejná ve všech inerciálních vztažných soustavách bez ohledu na jejich vzájemnou rychlost). To jej roku 1905 přivedlo k vypracování speciální teorie relativity. Přijmeme-li požadavek kovariantnosti Maxwellových rovnic ve všech inerciálních vztažných soustavách a vztáhneme-li souřadnice prostoru a času relativně ke každé vztažné soustavě, můžeme dostat speciální teorii relativity přímo z Maxwellovy teorie. Všechny teoretické důsledky speciální teorie relativity byly přímo nebo nepřímo experimentálně verifikovány. Dokonce závislost hmotnosti elektronu na jeho rychlosti v inerciální vztažné byla kvalitativně zjištěna již před vypracování teorie relativity – viz Kaufmannův experiment z roku 1901.



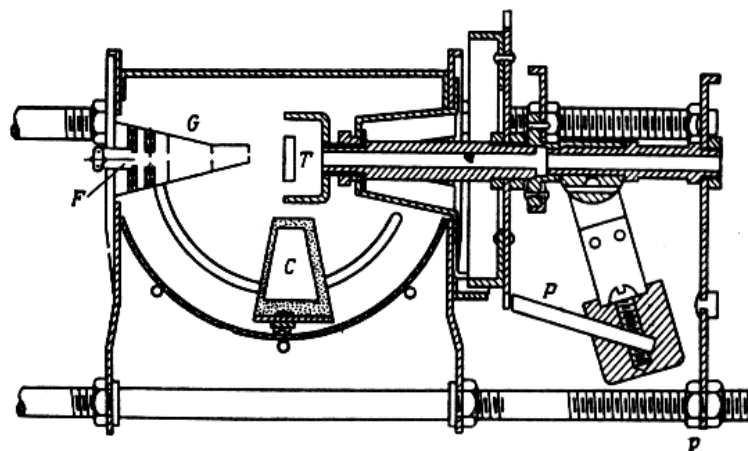
Obr. 9. Uspořádání fundamentálního Michelsonova-Morleyova experimentu z roku 1887

Obecná teorie relativity – teorie gravitace

Zajímavé je, že tento obor má hluboké experimentální kořeny již v 17. stol. – G. Galilei a I. Newton hledali vztah mezi hmotností setrvačnou (m_s) a gravitační (m_g). Galilei (~1590) zjistil, že všechna (těžká) tělesa, která pouštěl z pisánské šikmé věže, padají (přibližně) se stejným zrychlením $\vec{a} = \vec{g}$. Newton (1687) pomocí kmitů klasických kyvadel s přesností 0,1 % změřil, že platí $m_s = m_g$. Bessel (1827) k experimentu použil kmitů torzního kyvadla a přesnost zvýšil na $2 \cdot 10^{-5}$. Rozhodující fundamentální experimenty na statických torzních vahách opakovaně letech 1890–1909 konal R. Eötvös (1848–1919), přičemž dosáhl obdivuhodné přesnosti postupně až $3 \cdot 10^{-9}$. Eötvösovu metodu ještě vylepšila americká skupina Dicke, Roll, Krotkov (1963), přičemž dosáhla přesnosti $1 \cdot 10^{-11}$ a Rusové Braginskij, Panov (1971), kteří rovnost $m_s = m_g$ vyhodnotili s přesností $9 \cdot 10^{-13}$. Výsledky přesných Eötvösových experimentů vedly Einsteina k úvaze, že rovnost $m_s = m_g$ nemůže být náhodná, a dospěl k názoru, že musí jít o identitu. Na základě známého myšlenkového experimentu se zdviží vyslovil princip ekvivalence setrvačných a gravitačních sil, který je jedním z obecných principů relativity.

Kvantová fyzika

Experimentální kořeny kvantové fyziky můžeme nalézt na konci 19. stol. při formulování zákonů záření černého tělesa. Šlo tehdy o meze platnosti dvou zákonů rozdělení energie formulované na základě experimentů: *Rayleighův-Jeansův zákon* se osvědčoval pro záření při vysokých teplotách a delších vlnách, kdežto naopak *Wienův zákon* pro oblast nižších teplot a vlnových délek v oblasti viditelného a ultrafialového světla. Jak známo, oba zákony se podařilo roku 1900 propojit M. Planckovi (1859–1947) při užití hypotézy o emisi a absorpci zářivé energie v kvantech ($\varepsilon = h \cdot \nu$). Planck tomuto kvantu nepřisuzoval nějakého nositele. Foton do fyziky zavedl až roku 1905 Einstein při výkladu fotoelektrického jevu experimentálně objeveného již roku 1887 H. Hertzem. K významným experimentálním oporám nejen kvantové, ale i relativistické fyziky patří Comptonův jev z roku 1922. Vlnové vlastnosti elektronu byly poprvé pozorovány v letech 1921–1923 C. J. Davissonem a Kunsmanem při rozptylu elektronů na tenkých kovových fóliích. Jejich experiment je možné považovat za fundamentální pro *kvantovou mechaniku* (resp. dříve označovanou jako vlnovou mechaniku), jelikož inspiroval roku 1924 L. de Broglieho k vyslovení hypotézy o materiálních (de Broglieho) vlnách. Příslušný verifikační pokus provedl roku 1927 Davisson s Germerem, když optickou Braggovou metodou zkoumal rozptyl elektronového svazku na monokrystalu niklu (obr. 10).



Obr. 10. Schéma přístroje pro fundamentální verifikační experiment kvantové fyziky z roku 1927

Atomová a jaderná fyzika

Celá nauka o stavbě atomu a jeho jádra důsledně vychází z experimentálních poznatků. Původní experimentální základ poskytovala chemie (zejména elektrochemie). K fundamentálním fyzikálním experimentům v atomistice patří výzkum katodových paprsků, který roku 1897 vedl k objevu elektronu J. J. Thomsonem. Dalším fundamentální experiment provedl roku 1911 E. Rutherford, když pomocí rozptylu částic alfa po jejich průchodu tenkou kovovou fólií objevil jádro atomu. Metodu přímého měření náboje elektronu pomocí olejové kapky navrhl roku 1907 A. Ehrenhaft a roku 1913 experiment úspěšně uskutečnil R. A. Millikan. K význačným fundamentálním experimentům tohoto období patří i experiment uskutečněný v letech 1913–1914 J. Franckem a G. Hertzem, kteří měřením ionizačních potenciálů plynů verifikovali kvantovou strukturu atomu navrženou roku 1913 N. Bohrem. Ke stěžejním mezníkům budování modelu jádra atomu patří i experimentální důkaz existence neutronu, který na základě série relativně jednoduchých pokusů s ionizační komorou roku 1932 podal J. Chadwick. Experimenty, které vedly k objevu štěpení jádra při jeho ostřelování neutrony, jsou spojeny se jmény I. Curieová, F. Joliot a E. Fermi (1934) a zejména se jmény O. Hahn a L. Meitnerová (1938–1939).

3. Fundamentální experimenty z hlediska současného fyzikálního obrazu světa

Sledování historických cest poznání člověka při budování fyzikálního obrazu světa (v našem případě jeho experimentálních východisek) je sice velmi zajímavé a poučné, avšak často málo přehledné. Proto při vytváření současného obrazu světa (např. v souborných učebnicích fyziky a ve vlastní výuce) je vhodné začínat fundamentálním heuristickým experimentem jen v místě, které tvoří východisko pro současnou teorii. Popis (resp. provedení) verifikačního experimentu zařazovat až do místa, kde se má ověřit výsledek dosažený teoreticky. Na fyzice je krásné to, že dlouhodobým vývojem našla řadu souvislostí mezi jevy dříve při pohledu pozorovatele spolu nesouvisejícími. Tak mohou původně fundamentální heuristické experimenty přecházet do kategorie experimentů verifikačních. Nicméně je vždy cenné upozornit např. formou poznámek na historické souvislosti, aby bylo zřejmé, jak příroda často velmi nerada odhaluje svá tajemství.

Na dokreslení této skutečnosti si zkratkovitě naznačíme možný pohled na strukturu vybudování **teorie elektromagnetického pole** s využitím výsledků speciální teorie relativity (tu lze předtím vybudovat na základě přijetí speciálního principu relativity a postulátu o rychlosti světla ve vakuu jako univerzální fyzikální konstanty). Pak na základě fundamentálního experimentu lze přijmout Coulombův zákon pro elektrostatickou sílu mezi dvěma bodovými částicemi, jehož platnost je však nutné rozšířit pro případ, kdy se jedna (testovací) částice bude v pozorovací soustavě pohybovat (tuto skutečnost lze podložit např. experimentem J. G. Kinga z roku 1960 o nezávislosti náboje na jeho rychlosti v pozorovací inerciální soustavě, kterou dokázal s relativní chybou jen $1 \cdot 10^{-20}$). Pak můžeme provést jednoduchou relativistickou transformaci Coulombovy síly pro případ, kdy i druhá (zdrojová) částice bude v setrvačném pohybu. Poté můžeme již jednoduchým postupem (viz např. [18], s. 36) dostat Biotův–Savartův–Laplaceův zákon a Ampérův zákon, které klasická teorie elektromagnetického pole považovala za ryze experimentální. Jejich správnost dokážeme verifikačními experimenty, stejně tak zákon elektromagnetické indukce, který lze z nich odvodit a zobecnit již teoretickým postupem.

4. Význam experimentu při výuce fyziky

Reálný experiment má důležité postavení rovněž při výuce fyziky na školách všech stupňů. Zařazení experimentu do výuky není však jednoduché a klade nároky na čas, zkušenosti demonstrátora, na vybavení kabinetu demonstračními pomůckami i na vůli učitele výklad při výuce experimentem obohatit. Zajímavé je, že experimenty při fyzikálním výkladu prováděl již Prokop Diviš (1698–1765) v polovině 18. stol. To bylo tehdy zcela neobvyklé, což

kladně hodnotil již roku 1777 F. M. Pelcl ([22], s. 19). K roli učitele fyziky při experimentování se výstižně vyjádřil roku 1935 prof. Dr. Josef Zahradníček, nestor moravských experimentálních fyziků a didaktiků, který v létech 1929–1953 působil na Masarykově univerzitě v Brně [21]: „Fyzikální přednáška po experimentální stránce má být uměleckým dílem. Učitelovo vědění samo o sobě přispěje zpravidla jen málo k poznání žáků, ale pokus dobře připravený a do nejmenších podrobností promyšlený, pokus zdařilý je pro pozorného posluchače vším. Učitel fyziky má být do jisté míry umělcem rukou, vynálezcem, který dovede třeba z nejjednodušších prostředků sestavit výmluvný pokus. Jen pokus dobře vyzkoušený, jen pokus, který nikdy neselže, jen pokus, k jehož přípravě a provedení je vynaložen přiměřený čas, jen pokus, jež lze vykonat přístrojem přiměřené ceny, jen pokus přiměřený věku a rozumové vyspělosti žáka, jen takový pokus má cenu ve školním vyučování a přináší žádané ovoce. Jako není fyzikou fyzika bez experimentů, tak chybný by byl i druhý extrém: příliš mnoho experimentů. Jen tolik pokusů nechť je v hodině fyziky provedeno, kolik jich může být průměrně nadaným žákem duševně zpracováno, jinak se stává hodina fyziky představením cirkusovým¹“

V dnešní době, kdy se při výuce potýkáme s časovou tísní, předimenzování výuky experimenty jistě nehrozí. Řada učitelů přesto přemýšlí, jak výuku oživit vhodným experimentem a získat tak žáka pro fyziku, jak zvýšit jeho motivaci (např. [13], [14]), jak provádět pokusy netradičně (např. [3]) i jednoduše a případně i v domácích podmínkách (např. [1]), anebo naopak zcela moderně s využitím počítačů (např. [9]). Velmi cenná je zejména *heuristická forma výuky* – umět navodit situace, aby žák určité poznatky s využitím experimentu sám pro sebe objevoval (např. [6]). Významné jsou zejména *tvůrčí experimentální úlohy* (např. [17]), u kterých se požaduje, aby student nejen něco naměřil, avšak aby vymyslel i metodu. Takové úlohy se často zařazují do fyzikálních soutěží, především do Fyzikální olympiády. Zde se ukazuje, že i ti nejlepší studenti nejsou na experimentování dobře připravení – chybí jim zručnost i zkušenosti. Zvláště zajímavé tvůrčí experimentální úlohy se objevují v posledních ročnících Mezinárodních fyzikálních olympiád (viz [15]), které mají formu téměř vědecko-výzkumných úkolů.

Literatura

- [1] Drozd Z.: *Pokusy z volné ruky*. In: *DIDFYZ 2002* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2003, s. 247.
- [2] Eckertová L.: *Cesty poznávání ve fyzice*. Prometheus, Praha 2004, 196 s.
- [3] Gál T.: *Netradičné pokusy z molekulovej fyziky na strednej škole*. In: *DIDFYZ '98* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 1999, s. 199.
- [4] Hajko V. a kol.: *Fyzika v experimentoch*. Veda, Bratislava 1988, 428 s.
- [5] Chramov J. A.: *Biografija fiziki*. Technika, Kijev 1983, 342 s.
- [6] Koudelková I.: *Projekt Heuréka – heuristická výuka fyziky nejen na ZŠ*. In: *DIDFYZ 2002* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2003, s. 285.
- [7] Kudrjavcev P. S.: *Kurs istorii fiziki*. Prosvěščenije, Moskva 1982. 448 s.
- [8] Lipson H.: *The Great Experiments in Physics*. Oliver & Boyd, Edinburgh 1972, 216 s.

¹ V současnosti, kdy je třeba zvyšovat upadající zájem o fyziku, se lze ve světě setkat i s pořádáním fyzikálních demonstračních představení (dalo by se říci „fyzikálních show“). Jednoho takového show jsme v roce 1995 byli svědky na *University of Canberra* v Austrálii, uspořádaného pro účastníky XXVI. Mezinárodní fyzikální olympiády. Prof. Malcolm Longair z *University of Cambridge* připravil 90minutové vystoupení, při němž názorně vysvětlil a pomocí dostatečně rozměrných přístrojů předvedl měření základních fyzikálních konstant: e , $\frac{e}{m_e}$, h , G , c (s přesností na 2–3 cifry). Poté uspořádal turné se stejným programem po všech australských univerzitách.

- [9] Lustig F., Rojko M.: *Fyzikální experimenty podporované počítačem*. In: *DIDFYZ '98* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 1999, s. 165.
- [10] Malíšek V.: *Co víte o dějinách fyziky*. Horizont, Praha 1986, 271 s.
- [11] Morvay L.: *Demonstrační pokusy s moderními elektronickými přístroji*. In: *DIDFYZ '98* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 1999, s. 185.
- [12] Pfefferová M.: *Virtuální laboratorium ve vyučování fyziky*. In: *DIDFYZ 2002* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2003, s. 133.
- [13] Teplanová K.: *Komenského divadlo jako neformální vzdělávací metoda na podporu výučby fyziky*. In: *DIDFYZ 2002* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2003, s. 231.
- [14] Trnová E.: *Vývoj přírodovědných experimentálních dovedností žáků základních a středních škol*. In: *DIDFYZ 2002* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2003, s. 169.
- [15] Volf I., Vybíral B.: *Fyzikální věda v úlohách fyzikální olympiády*. Čs. čas. fyz. **52** (2002), s. 51.
- [16] Vybíral B.: *K problematice setrvačné a gravitační hmotnosti*. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* **19** (1974), s. 270.
- [17] Vybíral B.: *Za tvůrčí experimentální úlohy ve fyzice*. In: *DIDFYZ 2000* (sborník). Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 2001, s. 97.
- [18] Vybíral B.: *Magnetické pole ve vakuu*. Knihovnička fyzikální olympiády č. 42. MAFY, Hradec Králové 2000, 76 s.
- [19] Vybíral B.: *Fyzikální poznávání světa a vzdělávání ve fyzice*. In: *XXII. mezinárodní kolokvium o řízení osvojovacího procesu. Sborník elektronických verzí příspěvků*. Vysoká vojenská škola pozemního vojska, Vyškov 2004.
- [20] Vybíral B.: *Physical Cognition of World and Physics Education*. In: *New Trends in Physics – NTF 2004*. Faculty of Electrical Engineering and Communication VUT, Brno 2004, s. 357.
- [21] Zahradníček J.: *Základní pokusy fyzikální*. Masarykova universita, Brno 1935, 175 s.
- [22] Kolomý R.: *Prokop Diviš*. Prometheus, Praha 2004, 48 s.

Seznam účastníků

- RNDr. Lada Bažantová, Gymnázium Boskovice, Palackého nám. 1, 680 01 Boskovice,
lada.ba@email.cz
- Mgr. Hana Burešová, ZŠ Ratibořická 100, Horní Počernice, Praha 9, buresova.hana@volny.cz
- Mgr. Ondřej Cakl, Pedagogické nakladatelství Prodos, spol. s.r.o., Olomouc,
o.cakl@prodos-cz.cz
- Doc. PaedDr. Jana Coufalová, CSc., ZČU v Plzni, coufalov@kmt.zcu.cz
- PaedDr. Lubomír Čihák, Majerova 3, 320 02 Plzeň, cihak@spstrplz.cz
- Mgr. Jan Dirlbeck, ZŠ Františkovy Lázně, Česká 1, 351 01 Františkovy Lázně,
jan.dirlbeck@zs.frantiskovylazne.indos.cz
- Doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc., KDF MFF UK, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2,
leos.dvorak@mff.cuni.cz
- Doc. PaedDr. Václav Havel, CSc., KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, havelv@kof.zcu.cz
- Mgr. Eva Hejnová, Ph.D., katedra fyziky PF UJEP, České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem,
hejnova@pf.ujep.cz
- Mgr. Vladimíra Hirschová, 4. ZŠ, Kralovická 12, 323 00 Plzeň, hirschova@zs04.pilsedu.cz
- Mgr. Eva Holubová, ZŠ Ke Kateřinkám 1400, 149 00 Praha 4, mgr.holubovaeva@seznam.cz
- Mgr. Jan Hosnedl, Gymnázium Mikulášské nám. 23, 326 00 Plzeň,
jan.hosnedl@gymik.inplus.cz
- Doc. RNDr. Josef Hubeňák, CSc., Ped. fakulta UHK, Nám. Svobody 301, 500 02 Hradec Králové,
josef.hubenak@uhk.cz
- RNDr. Margita Hubeňáková, Gymnázium J. K. Tyla, Tylovo nám. 682, 500 02 Hradec Králové,
hubenakova@gjkt.cz
- Mgr. Zdeněk Koňářík, 33. ZŠ Terezie Brzkové 31, 318 11 Plzeň
- Anna Jandová, ZŠ Hornoměřolupská 873, Praha 10, 110 00, tel. 777114885,
a.jandova@seznam.cz
- Lukáš Jánský, ZŠ, MŠ a SPŠ v Kladně, Zd. Petříka 1756, 272 01 Kladno,
lukasjansky@seznam.cz
- Mgr. Jan Jindra, jindra@tipsport.cz
- Mgr. Tomáš Kekule, KDF MFF UK, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, tomas.kekule@email.cz
- PaedDr. Josef Kepka, CSc., KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, kepka@kof.zcu.cz
- Mgr. Marie Kokešová, Gymnázium, Komenského 10, 408 01 Rumburk,
kokesova@gymrumburk.cz
- Miloš Kolář, Základní škola, Sokolská 296, 379 01 Třeboň, mkolar@1zs.mesto-trebon.cz
- Doc. RNDr. Růžena Kolářová, CSc., KDF, MFF UK, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2,
ruzena.kolarova@mff.cuni.cz
- Hana Korimová, Lobežská 48, 301 42 Plzeň

- RNDr. Irena Koudelková, MFF UK Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2,
irena.koudelkova@mff.cuni.cz
- Mgr. Jiří Králík, České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, kralik@pf.ujep.cz
- Robert Kunesch, Magistrát města Plzně
- Miroslava Lahodová, Gymnázium J. Keplera, Parlérova 2, Praha 6, lahodova@gjk.cz
- Mgr. Miroslav Lávička, Ph.D., ZČU v Plzni, lavicka@kma.zcu.cz
- Mgr. Kateřina Lipertová, Dvořákova 40 300 00 Plzeň, vacek@spse.pilsedu.cz
- Mgr. Markéta Lorenzová, Lipová 238, 331 01 Plasy, lorenzova@g-plasy.cz
- RNDr. Jan Maršák, CSc., VÚP, Novodvorská 1010/14 142 01 Praha 4, marsak@vuppraha.cz
- Mgr. Petr Mazanec, ZŠ, Komenského 211, 341 01 Horažďovice,
zskomenskeho@horazdovice.cz
- RNDr. Ludmila Nezhybová, GY, Tř. kpt. Jaroše 14, 658 70 Brno, nezhybova@jaroska.cz
- Doc. RNDr. Jan Obdržálek, CSc., MFF UK Praha, jo@mbox.troja.mff.cuni.cz
- Mgr. Milena Osobová, Nakladatelství Prometheus, spol s r. o., Čestmírova 10, 140 00 Praha 2,
osobova@prometheus-nakl.cz
- Mgr. Milan Pěchouček, VOŠ a SPŠE, Koterovská 85, Plzeň, ich@spse.pilsedu.cz
- Dr. Ing. Josef Petřík, KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, petrik@kof.zcu.cz
- Mgr. Jan Poula, ZŠ Poštovní 19, 360 01 Karlovy Vary, poulajan@centrum.cz
- Mgr. Martina Procházková, Gymnázium Voděradská 2, Praha 10-Strašnice,
prochazkova@gymvod.cz
- RNDr. Jitka Prokšová, Ph.D., KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, proksovj@kof.zcu.cz
- Doc. Ing. Josef Průša, CSc., ZČU v Plzni, rektor@rek.zcu.cz
- Hana Radová, Gymnázium F. Křížáka, Husovo nám. 9, Plzeň, hana.radova@gfk-plzen.cz
- Ing. Drahomíra Rancová, Gymnázium Rokycany, D.Rancova@seznam.cz
- RNDr. Miroslav Randa, Ph.D., KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, randa@iris.pef.zcu.cz
- Doc. Dr. Ing. Karel Rauner, KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, rauner@kof.zcu.cz
- Ing. Jaroslav Ronovský, KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň
- Mgr. Jakub Schwarzmeier, KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, schwarz1@kof.zcu.cz
- Mgr. Ivana Sirotková, Gymnázium L. Pika, Plzeň, sia@gop.pilsedu.cz
- Prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc., Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Ke Karlovu 3,
121 16 Praha 2, emanuel.svoboda@mff.cuni.cz
- Ing. Ivan Svoboda, Masarykova ZŠ Plzeň, Jiráskovo nám. 10, Plzeň
- RNDr. Jan Šedivý, GJN, Komenského nám. 9, 130 00 Praha 3, gjn.hud@seznam.cz
- Mgr. Jaroslav Šafránek, ČŠI, Kollárova 15, 360 09 Karlovy Vary, jara.safranek@quick.cz
- Mgr. Jiří Šimůnek, 3. ZŠ, Tylova 15, 301 25 Plzeň, 3zs.plzen@seznam.cz
- Doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc., ÚTFA, Přírodovědecká fakulta, Kotlářská 2, 611 37 Brno,
stefl@astro.sci.muni.cz

Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2

Mgr. Linda Šťastná, Pincova 29, 400 11 Ústí nad Labem, linda.stastna@seznam.cz

PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D., katedra fyziky JU, Jeronýmova 10, 373 15 České Budějovice,
raset@pf.jcu.cz

Doc. RNDr. Josef Trna, CSc., katedra fyziky, Pedagogická fakulta MU, Poříčí 7, 603 00 Brno,
trna@ped.muni.cz

RNDr. Aleš Trojanek, Gymnázium Velké Meziříčí, Sokolovská 27, 594 01 Velké Meziříčí,
trojanek@gym.cz

Mgr. Václav Turek, Gymnázium L. Pika, Opavská 21, Plzeň, tu@gop.pilsedu.cz

Mgr. Pavel Uzola, 4. ZŠ, Kralovická 12, 323 00 Plzeň, uzola@zs04.pilsedu.cz

Mgr. Robert Vacek, VOŠ a SPŠE Plzeň, vacek@spse.pilsedu.cz

Ing. Čestmír Vaněk, KOF, Klatovská 51, 320 13 Plzeň, vanekc@kof.zcu.cz

Mgr. Josef Veselý, Gymnázium Klatovy, Národních mučedníků 347, Klatovy,
jvesely@gymkt.cz

Mgr. Pavel Vladyka, ZŠ Žebrák, Sídliště 321, 267 53 Žebrák, vladyka.pavel@seznam.cz

Mgr. Jana Vlasáková, Jiříkovská 9, 408 01 Rumburk, vlasakova@gymrumburk.cz

RNDr. Jana Vlášková, Nakladatelství Prometheus, spol s r. o., Čestmírova 10, 140 00 Praha 2,
vlaskova@prometheus-nakl.cz

Mgr. Miroslav Vojír, ZŠ Pernink, Karlovarská 118, 362 36 Pernink,
miroslav.vojir@zs.pernink.indos.cz

Prof. RNDr. Ivo Volf, CSc., UHK, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové, ivo.volf@uhk.cz

Václav Votruba, ZŠ Praha 8, Palmovka, v.votruba@zspalmovka.cz

Mgr. Jana Vrbová, Chebská 142, 351 37 Luby, zsskalna@volny.cz

Prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc., UHK, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové,
bohumil.vybiral@uhk.cz

Mgr. Veronika Zadinová, 17. ZŠ Malická 1, Plzeň, veronika.zadinova@tiscali.cz

Doc. Ing. Štefan Zajac, CSc., JČMF Praha, Žitná 25, 117 10 Praha 1, zajac@math.cas.cz

Mgr. Michal Zoubek, 28. ZŠ Plzeň, majklzub@centrum.cz

Doc. PhDr. Jana Miňhová, CSc., ZČU v Plzni, jminhova@kps.zcu.cz

Závěry z konference Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2 zaměřené na Rámcové vzdělávací programy

Účastníci konference **podporují myšlenku RVP a ŠVP**, jež dovoluje více využít možností a duševní kapacity učitelských kolektivů. Upozorňujeme však na to, že **volnost nesmí vést k chaosu nebo k voluntarismu a amatérismu**. Proto je nutno využít k vytváření ŠVP mnoha v minulosti vytvořených a v praxi ověřených prací.

Při zavádění RVP doporučujeme, aby MŠMT, VÚP, NÚOV a další zainteresované a zodpovědné instituce:

- vytvořily **funkční systém evaluace** s důrazem na hodnocení úrovně dosažených žákovských kompetencí
- připravily a realizovaly vzdělávání učitelů fyziky (např. obdoba projektu Heuréka) v **inovovaných výukových technologiích** (projekty, experimenty, prekoncepce, ICT, webové stránky atd.)
- upravily **systém práce ČŠI**, aby tento orgán podporoval pozitivní prvky RVP pro základní a středoškolské vzdělávání
- věnovaly pozornost problémům spjatým s **koordinací a integrací** (zvláště u přírodovědných předmětů) **při přípravě ŠVP**
- projektově i finančně podpořily vytvoření **série vzorových ŠVP** a publikovaly je
- doplnily vydané RVP o seznam (nebo přímo autentický text) všech potřebných materiálů
- poskytly školám **minimální standard vědomostí a dovedností**, jež musejí žáci zvládnout a který mohou školy podle svých možností rozšiřovat (upozorňujeme, že vytvořené maturitní „Katalogy“ jsou vlastně optimálními standardy pro fyziku)
- **vytvořily a udržovaly portál**, umožňující nejen jednosměrnou prezentaci RVP, ale znamenávající i svobodnou diskuzi **s argumenty a protiargumenty**, příklady konkrétních zpracování (a to třeba i jen dílčích) apod.

Srní, 30. dubna 2005

Tyto závěry byly odeslány JČMF, VÚP, MŠMT, Národnímu ústavu odborného vzdělávání, účastníkům konference a časopisům Matematika, fyzika a informatika a Školská fyzika.

MODERNÍ TRENDY V PŘÍPRAVĚ UČITELŮ FYZIKY 2 (RÁMCOVÉ VZDĚLÁVACÍ PROGRAMY)
sborník z konference

Editor sborníku: Doc. Dr. Ing. Karel Rauner

Technická redakce: RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

Autor obálky: Mgr. Václav Kohout

Vydala Západočeská univerzita, Plzeň 2005

Vytiskla tiskárna KARTEX, K Háji 317, Braškov-Valdek

ISBN 80-7043-418-X