



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



PaedDr. Zuzana Šuhajová

Autoreferát dizertačnej práce

**ŽIACKE SPÔSOBILOSTI
V POČÍTAČOM PODPOROVANOM LABORATÓRIU**

na získanie akademického titulu philosophiae doctor

**v odbore doktorandského štúdia:
4.1.13 Teória vyučovania fyziky**

Bratislava 2011

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre teoretickej fyziky a didaktiky fyziky Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Predkladateľ: **PaedDr. Zuzana Šuhajová**
Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

Školiteľ: **Doc. RNDr. Václav Koubek, CSc.**
Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

Oponenti: **prof. RNDr. Arpád Kecskés, Csc.**
Katedra fyziky Univerzity Konštatína filozofa v Nitre
Hlinkova 1, Nitra

Doc. RNDr. Marian Kíreš, PhD.
Ústav fyzikálnych vied, Oddelenie didaktiky fyziky
Prírodovedecká fakulta Univerzity P.J. Šafárika
Park Angelinum 9, Košice

RNDr. Radoslav Böhm, PhD.
Katedra jadrovej fyziky a biofyziky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

**Obhajoba dizertačnej práce sa koná o h
pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce v odbore doktorandského štúdia vymenovanou
predsedom odborovej komisie prof. RNDr. Annou Dubničkovou, DrSc.
v študijnom odbore 4.1.13 Teória vyučovania fyziky
na**

Predseda odborovej komisie:
prof. RNDr. Anna Dubničková, DrSc.
Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK
Mlynská dolina F2, 842 48 Bratislava

ÚVOD A CIELE DIZERTAČNEJ PRÁCE

Informačno-komunikačné technológie čoraz viac ovplyvňujú spoločnosť. V dnešnej dobe sa veľa diskutuje aj o ich začlenení do vyučovacieho procesu. Digitalizácia učebných materiálov, širšie využívanie multimédií a modernej didaktickej techniky sa považuje za cestu k zvyšovaniu efektívnosti vyučovacieho procesu. Väčšina žiakov vzdelávaných v súčasných školách vyrastá od malička v prostredí, kde sú tieto prostriedky samozrejmom súčasťou života. Ak škola takéto prostriedky nevyužíva, pociťujú to ako jej závažný nedostatok.

Vo vyučovacom predmete Fyzika slúži na podporu prírodovedného vzdelávania počítačom podporované laboratórium (PPL). Už v 90-tych rokoch sa skúmali možné prínosy hardvéru na zber dát (tzv. meracieho panelu a senzorov) a softvéru na ich spracovanie a vyhodnocovanie na vzdelávanie žiakov a študentov. Postupne sa na podporu vyučovacieho procesu objavovali aj ďalšie prvky PPL: modelovacie programy, videomeranie, interaktívne animácie a simulácie fyzikálnych javov. Na Slovensku máme skupinu učiteľov, ktorej sa podarilo (niektorým aspoň čiastočne) zaradiť tieto prostriedky do svojich vyučovacích postupov. Poznáme aj úspešné stratégie ako naučiť učiteľov s týmito prostriedkami pracovať. Avšak skúsenosti získané vyučovaním v PPL dodnes nie sú systematizované a nepodarilo sa ich integrovať do poznatkového systému teórie vyučovania fyziky.

Vlastné skúsenosti s prácou v PPL a aj fakty zistené pozorovaním práce iných učiteľov ma viedli k domnienke, že efektívnosť vyučovacích postupov pri ktorých žiaci alebo učiteľ pracujú v počítačom podporovanom laboratóriu ovplyvňujú dva faktory:

- 1) Pripravenosť žiakov na nové spôsoby práce
- 2) Pohľad učiteľa na ciele fyzikálneho vzdelávania, z ktorých sa odvíja plánovanie charakteru činností s podporou počítačom podporovaného laboratória na vyučovacích hodinách.

V školskom roku 2008 bol prijatý nový záväzný kurikulárny dokument - Štátny vzdelávací program (ŠVP). Celkom nepripravených zasiahla reforma učiteľov fyziky, ktorí neboli dostatočne oboznámení s jej cieľmi a v roku 2008 mali začať vyučovať podľa nového vzdelávacieho programu a novými metódami, ktoré dovtedy nepoužívali. ŠVP deklaroval posun cieľov fyzikálneho vzdelávania a presmeroval charakter požadovaných činností na hodinách fyziky k aktívnemu poznávaniu. V súlade so ŠVP vznikli nové učebnice fyziky pre gymnáziá. Učebnice reagovali na posun cieľov začlenením návrhov poznávacích aktivít, ktoré majú v širšej miere rozvíjať žiacke spôsobilosti. V nových učebniciach sa formovanie viacerých z týchto spôsobilostí spája s využitím prvkov PPL a s spracovaním

informácií, ktoré s ich pomocou možno získať. Pre väčšinu učiteľov sú vyučovacie postupy s prvkami PPL nové a pri ich začleňovaní do výučby narážajú na problémy. Nie všetky z týchto problémov majú technický charakter. Práca s prvkami PPL vyžaduje nové didaktické postupy. Ich realizácia je podmienená nielen existenciou metodických materiálov k žiackym aktivitám vysvetľujúcich ich zámery, ale v prvom rade relatívne novým súborom spôsobilostí, ktorým by mali žiaci disponovať, aby tieto aktivity zvládli. Súbor žiackych spôsobilostí, ktoré vyžadujú nové učebné postupy v PPL, dostatočným spôsobom nedefinuje ani reformný Štátny vzdelávací program.

V predloženej práci sa zaoberám niektorými aspektmi problematiky stanovenia súboru žiackych spôsobilostí potrebných na prácu v počítačom podporovanom laboratóriu. Rámcový cieľ doktorandskej činnosti je:

„Zostaviť súbor žiackych spôsobilostí potrebných na prácu s prvkami PPL a sledovať ich formovanie vo vyučovaní fyziky na gymnáziu.“

Na rámcový cieľ nadväzujú čiastkové ciele:

- C1 Analyzovať súčasné reformované kurikulárne materiály gymnaziálnej fyziky so zámerom stanoviť súbor žiackych spôsobilostí potrebných na prácu v PPL.
- C2 Sledovať na základe dostupných výsledkov výskumov za obdobie posledného desaťročia prípravu žiakov k vybraným spôsobilostiam, so zámerom zistiť, ktoré z nich učitelia fyziky úspešne rozvíjajú štandardnými metódami.
- C3 Zistiť, či dva roky vyučovania fyziky podľa reformovaných vzdelávacích programov ovplyvnilo formovanie vytipovaných žiackych spôsobilostí.
- C4 Navrhnuť formu a spôsob zaradenia niekoľkých poznávacích fyzikálnych úloh riešených pomocou PPL, túto formu na malých vzorkách žiakov odskúšať a zdokumentovať získané skúsenosti.

Z týchto cieľov vychádzajú hypotézy výskumnej činnosti:

Hypotéza H1:

Štátny vzdelávací program a reformné učebné texty fyziky vedú žiakov k aktivitám, ktoré sú vo vyučovaní fyziky v našich školách relatívne nové a vyžadujú relatívne nový prístup k formovaniu žiackych spôsobilostí.

Hypotéza H2:

Súčasný spôsob vyučovania fyziky v dostatočnej miere neformuje žiacke spôsobilosti potrebné pre aktívne poznávanie v počítačom podporovanom laboratóriu.

ŠTRUKTÚRA PRÁCE

Formálne je práca členená do šiestich kapitol. V úvode je opísaná motivácia k riešeniu problematiky. V druhej kapitole venovanej analýze súčasného stavu vymedzujem základné pojmy používané v práci, opisujem históriu využívania PPL na Slovensku. Sumarizujem tu aj poznatky o význame PPL, o jeho prínosoch aj o problémoch s implementáciou PPL zistené zahraničným a domácim výskumom. Kapitola ďalej obsahuje analýzu kurikulárnych dokumentov, najmä učebníc, zameriavam sa na javy, pri poznávaní ktorých sa odporúča alebo predpokladá práca s prvkami PPL. Tretia kapitola je venovaná upresneniu výskumného zámeru, cieľom a použitým metódam práce a metódam overovania hypotéz.

Štvrtá kapitola je rozdelená do troch častí a je venovaná výsledkom práce. V prvej podkapitole je na základe vykonanej analýzy učebnicových textov zostavený súbor žiackych spôsobilostí. Na základe dostupných výsledkov výskumov grafickej gramotnosti žiakov a testovania Monitor 2002-2004 sledujem, ktoré z nich sa aj v minulosti úspešne rozvíjali štandardnými metódami a vyučovacími postupmi. V druhej podkapitole je zhrnutý vlastný výskumný materiál získaný sondami do vyučovacieho procesu a rozhovormi s učiteľmi. Zameriava sa na aktuálny stav vyučovacieho procesu a špecifickú vzorku učiteľov, ktorí s PPL aktívne pracujú. V tretej podkapitole je opis a vyhodnotenie testovania vybraných žiackych spôsobilostí, realizovaného s cieľom zistiť, či dva roky vyučovania podľa nových vzdelávacích programov ovplyvnilo formovanie vytipovaných žiackych spôsobilostí.

Kapitola 5 uvádza čiastkové výsledky môjho podielu nariadení projektu KEGA: „Hodnotenie žiackych výkonov v reformovaných prírodovedných programoch na základnej škole a v gymnáziu“. Pozostáva z návrhu poznávacích fyzikálnych úloh realizovaných v prostredí PPL doplnených o skúsenosti s takouto realizáciou a kompletných metodických materiálov pre učiteľa. Záver sumarizuje výsledky práce a venuje sa zhodnoteniu plnenia cieľov a overeniu hypotéz.

Aby som prácu sprehľadnila, zaradila som do prílohy celý rad materiálov, o ktoré sa práca opiera, alebo z ktorých čerpá závery. Odbornú časť tvorí príloha B práce, obsahujúca návrh aktivít pre PPL, ktoré som v opísanej forme používala pri vyučovaní žiakov gymnázia v prostredí PPL a sú spracované vo forme návodov pre učiteľa. Časť z nich sa podarilo integrovať do novovzniknutej učebnice fyziky pre 2. ročník gymnázia, na ktorej som sa podieľala ako spoluautorka.

PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

Školstvo v súčasnosti prechádza obsahovou aj metodickou reformou, ktorá reaguje na zmeny v spoločnosti, vrátane širšieho využívania počítačov a moderných technológií. Informačno-komunikačné technológie sa považujú za cestu k zvyšovaniu efektívnosti vyučovacieho procesu (Šebeň, 2004, OECD, 2004). IKT na podporu procesu učenia slúži na počítačom podporované učenie, počítačom podporovaný výskum a dištančné vzdelávanie (Lavonen, 2008).

Pojem počítačom podporované laboratórium sa formoval v deväťdesiatych rokoch minulého storočia (Microcomputer Based Laboratory – MBL). Za školské MBL sa považovalo prírodovedné (predovšetkým fyzikálne) laboratórium vybavené viacerými mikropočítačmi a ďalším hardwareovým materiálom (Szydłowski, H., Ellermeijer, 1994, Koubek, V., Pecen, I. 1999). Jeho súčasťou boli rozhrania a prevodníky, umožňujúce zber experimentálnych dát, ich digitalizáciu a uloženie v pamäti počítača tak, aby sa umožnilo ich zobrazenie na displeji počítača v podobe grafu fyzikálnej závislosti meraných veličín. Neskôr sa objavila možnosť využiť pri vyučovaní fyziky počítač v spojení s multimedálnou technikou – najmä s videozáznamom a myšlienka MBL sa rozšírila na Multimedálne laboratóriá (MML).

Dnes pod pojmom počítačom podporované laboratórium (PPL) rozumieme systém zložený z počítača a elektronických zariadení, umožňujúci nielen meranie fyzikálnych veličín a digitalizáciu odmeraných dát, ale aj spracovanie a prezentáciu informácií existujúcich v rôznych formách, napr. ako texty, grafy, obrazy, animované obrazy, video a audio záznamy. Hardvérové vybavenie musí teda obsahovať rozhrania – senzory a prevodníky – potrebné nielen na zber a digitalizáciu meraných dát, ale aj na registráciu a reprodukciu obrazu a zvuku a na pripojenie k zdrojom video a audio signálov. Samozrejmosťou sú aj hardvérové prostriedky umožňujúce pripojenie na Internet.

Dôležitým prvkom PPL je počítačový program. V súčasnej dobe považujeme za jeden z najlepšie prepracovaných školských programov, vhodných na vyučovanie fyziky, holandský komplexný programový systém Coach..

História využívania PPL na Slovensku siaha do roku 1986. Prelomový v rozšírení počítačov do škôl bol v roku 1999 projekt Infovek. Súčasnú kompetencie učiteľov v oblasti používania PPL formovali najmä projekty a školenia menšieho rozsahu. Nebol však zmapovaný dopad školení a kurzov na školskú prax, najmä ako a či učitelia začlenili nové prostriedky do svojich vyučovacích postupov.

V zahraničí boli vyvíjané najmä vysokoškolské a stredoškolské kurikulá, ktoré začleňovali PPL do laboratórnych cvičení (Thornton, Sokoloff, 2004), prednáškových demonštrácií (Thornton, Sokoloff, Laws, 1997) a iných foriem vyučovania (Laws, 2004), ktoré mali pozitívny dopad na výsledky študentov. French a Cummings (2004) upozorňujú na komplikácie s aplikáciou kurikula do školskej praxe, Zucker (2007) pozoroval zlepšenie výkonov žiakov v štyroch z ôsmich navrhnutých tematických okruhoch. Použitie PPL v podobe data-loggingu zlepšuje schopnosť študentov interpretovať grafy (Brasell, 1985, Mokros a Tinker, 1987, Nakhleh a Krajcik, 1993, Friedler, McFarlane, 1997), zlepšuje schopnosť vnímať graf ako celok (Barton, 1997a, 1997b). PPL poskytnú študentom komplexnejšiu informáciu, ale nezaručujú, že študenti tejto informácii porozumejú (Boardstock, 2001).

Na Slovensku boli vyvíjané materiály k počítačom podporovanej výučbe (Ješková, 2001, 2004) a laboratórnym cvičeniam (Konkoľová, 2007) Konkoľová (2007) zistila, že k aktívnemu poznávaniu v PPL nepostačuje samotný pracovný list - žiaci sa neustále dožadujú pomoci učiteľa, významnú rolu zohráva spôsob výučby na ktorý je učiteľ aj jeho žiaci zvyknutí. Žiakom k niektorým aktivitám chýbali potrebné spôsobilosti.

Didaktickým cieľom ku ktorému smeruje práca v PPL je aktívna poznávacía činnosť žiaka. Charakteristickou črtou aktivizácie žiaka je kontextuálny prístup – sprostredkovanie fyzikálneho poznatku riešením úlohy v kontexte s určitou reálnou, najlepšie žiakovi dôverne známou situáciou. PPL ponúka alternatívu k zdĺhavým matematickým postupom využitím grafických metód. Problémy, ktoré žiaci majú pri získavaní fyzikálnych poznatkov s pomocou PPL súvisia najmä s nespôsobilosťou získať skúmaním grafu kvalitatívne a kvantitatívne fyzikálne informácie, ktoré graf sprostredkuje. Analýza reformných učebníc fyziky pre základnú školu (Lapitková, 2010a, 2010b) a strednú školu (Koubek, 2009, Demkanin 2010) sa zameriava na časti , ktoré odporúčajú pri skúmaní javov využívať PPL a sleduje, ktoré žiacke spôsobilosti podmieňujú takéto aktivity.

METÓDY A POSTUPY PRÁCE

1. Hospitácie (pozorovanie vyučovacieho procesu) a riadené rozhovory s učiteľmi

V súlade s pôvodným zámerom doktorandskej činnosti som realizovala výskumné sondy do vyučovacieho procesu. **Pozorovala** som vyučovacie hodiny učiteľov, na ktorých využívali prostriedky PPL som vypracovala záznamy a získala niekoľko kompletných videozáznamov hodín na hlbšiu analýzu. Zapisovala som aj svoje pozorovania a skúsenosti aj z hodín, ktoré som sama vyučovala s pomocou PPL (pozri prílohu B). Viacero potrebných

poznatkov som získala metódou *riadených rozhovorov* s učiteľmi, čiastkové poznatky boli dedukované z *dotazníkov* zadávaných učiteľom a z *neformálnych rozhovorov* s učiteľmi.

2. Analýza literárnych prameňov

Pred stanovením cieľov som analyzovala literárne pramene – najmä časopisecké články a učebnice s cieľom zámerom nadviazať na súčasný stav poznatkov o efektívnosti PPL a identifikovať možné prekážky v ich plnohodnotnom využívaní. Mapovala som aj dávnejšiu minulosť – spôsob implementácie PPL prvkov do vyučovania. Pri realizácii cieľa C1 som využila *metódu logickej analýzy* kurikulárnych materiálov, predovšetkým učebnicových textov. Predpokladala som, že súbor žiackych spôsobilostí bude obsahovať:

a) klasické prvky – žiacke spôsobilosti, ktoré možno považovať za tradičné a nachádzame ich už v kurikulárnych materiáloch z konca minulého storočia ;

b) nové prvky – žiacke spôsobilosti, ktoré sú naviazané na využívanie PPL.

Pri realizácii C2 som analyzovala výsledky výskumov, ktoré sa konali na našich školách v minulosti a sledovali grafickú gramotnosť žiakov. Analyzovala som výsledky dvoch ročníkov rozsiahleho testovania Monitor (ŠPÚ, 2002, ŠPÚ, 2004).

3. Zostavenie a štatistické vyhodnotenie testu žiackych spôsobilostí

Metódou testovania žiakov, ktorí vstupujú do druhého ročníka štvorročného gymnázia (G4) a žiakov vstupujúcich do sexty osemročného gymnázia (G8) som zisťovala úroveň vybraných spôsobilostí žiakov. Predpokladala som, že skupina G8 ostala zatiaľ reformou vzdelávania nedotknutá a preto sa pri výskume využije ako kontrolná skupina, s ktorou som porovnala výsledky získané v skupine G4. Test (príloha I) som zostavila na základe vykonanej analýzy kurikulárnych materiálov (ŠVP) a zostaveného súboru spôsobilostí. Testovanie som realizovala v šk. roku 2010/2011 na vzorke 301 žiakov zo 6 slovenských gymnázií. Výsledky som podrobila štatistickej aj položkovej analýze. K testu bol administrovaný *učiteľský dotazník*, v ktorom 21 učiteľov posudzovalo súlad testovaného učiva so ŠVP, resp. školským vzdelávacím programom, mieru štandardnosti úloh a mieru obťažnosti úloh testu.

VÝSLEDKY PRÁCE

Súbor žiackych spôsobilostí pre prácu v PPL

V teoretickej časti dizertačnej práce som sa zaoberala problematikou stanovenia súboru žiackych spôsobilostí potrebných na prácu s prvkami PPL. Hlavným výsledkom práce je predložený súbor žiackych spôsobilostí, ktorý som zostavila na základe analýzy učebnicových textov a aktivít navrhovaných v reformovaných kurikulárnych dokumentoch. V spôsobilostiach potrebných na prácu v PPL sú zohľadnené nielen zručnosti pracovať s počítačom a deklaratívne poznatky, ale predovšetkým schopnosť konštruovať a ovládať experimentálnu zostavu alebo model (simuláciu), stanoviť prognózu správania zostavy po zásahu do jej štruktúry, orientovať sa v súbore získaných experimentálnych dát, interpretovať získaný výsledok. Tieto spôsobilosti som utriedila do niekoľkých skupín:

S1 Intelektové spôsobilosti podmieňujúce experimentálnu činnosť žiaka

- a. Rozoznať v náčrte zostavy alebo v jej schematickom zobrazení jednotlivé prvky a účel zostaveného zariadenia.
- b. Formulovať hypotézu o očakávanom správaní experimentálnej zostavy pri vybraných zásahoch experimentátora.
- c. Vedieť sa orientovať v súbore dát zoradených v tabuľke.
- d. Ovládať vybrané postupy spracovania dát.

S2 Matematické spôsobilosti

- a. Ovládať základy algebraických úprav matematických vzťahov.
- b. Odhadnúť (v špeciálnych prípadoch) podľa priebehu čiary grafu analytický tvar matematickej funkcie.
- c. Využívať geometrické konštrukcie a vzťahy, ktorými sa riadia pri vyjadrovaní fyzikálnych súvislostí medzi veličinami.

S3 Interpretačné spôsobilosti

- a. Chápať zmysel vybraných fyzikálnych súvislostí formulovaných ako pravidlá, zákony, princípy a definície.
- b. Vedieť aplikovať fyzikálne súvislosti poznané vo vybraných úlohových situáciách do im podobných úlohových situácií.
- c. Rozoznať vo vybraných fyzikálnych závislostiach podľa ich matematického vyjadrenia dôsledky pre správanie objektu, pre ktorý platia

S4 Spôsobilosti potrebné na prácu s grafom fyzikálnej závislosti

- Vedieť zo súboru dát zostrojiť graf (vrátane aproximácie diskretných dát spojitou čiarou).
- Vedieť podľa vlastností čiary grafu (geometrických prvkov grafu) charakterizovať vlastnosti zobrazovanej fyzikálnej veličiny (bližšie špecifikované v tabuľke 4.1).
- Rozoznať v kvantitatívnych charakteristikách čiary grafu (súradnice bodov, sklon priamkového grafu, ...) prislúchajúcu fyzikálnu veličinu a jej hodnotu.
- Poznať podmienky, za ktorých možno graf interpolovať alebo extrapolovať.

Tabuľka 1 uvádza tie súvislosti medzi geometrickými prvkami grafu a nimi sprostredkovanými fyzikálnymi informáciami, ktoré považujem za najdôležitejšie pre vyučovanie fyziky s podporou prostriedkov PPL.

Vlastnosti čiary grafu	Vlastnosti zobrazovanej fyzikálnej veličiny (veličina spravidla zobrazená na zvislej osi)
stúpanie/klesanie priebehu čiary grafu	fyzikálna veličina rastie/klesá
konvexný/konkávny priebeh krivky grafu voči vodorovnej osi	fyzikálna veličina rastie zrýchlene/spomalene fyzikálna veličina klesá spomalene/zrýchlene
krivka grafu má maximum/minimum	v zobrazenom intervale veličina nadobúda najväčšiu/najmenšiu hodnotu
inflexný bod krivky	zrýchlený rast veličiny sa mení na spomalený alebo naopak
priamkový (lineárny) graf	dej charakterizovaný veličinou má rovnomerný priebeh
sklon priamkového grafu	rýchlosť zmeny zobrazovanej veličiny v závislosti od veličiny na vodorovnej osi
sklon dotyčnice krivky grafu	rýchlosť zmeny zobrazovanej veličiny v závislosti od veličiny na vodorovnej osi
plocha uzavretá pod čiarou grafu	plocha zodpovedá veľkosti veličiny s jednotkovým rozmerom rovným súčinu jednotiek veličín zobrazených na osiach

Tab. 1

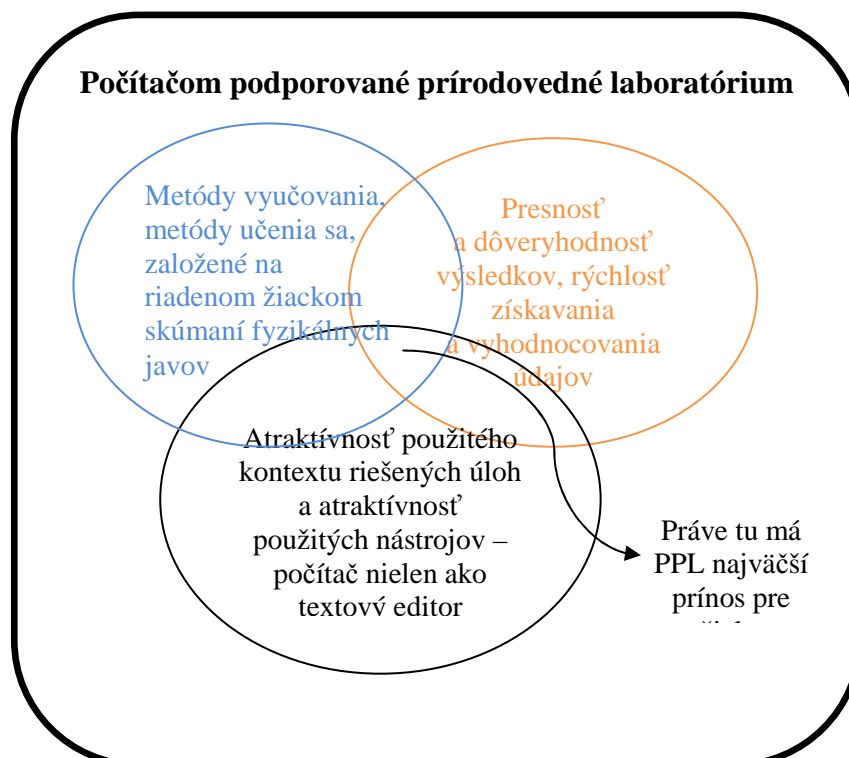
Analýza výsledkov celoslovenského testovania maturantov

Analýza testovania maturantov ukázala, ktoré zo spôsobilostí boli v minulosti úspešne rozvíjané štandardnými metódami a dokazuje, že žiaci z hľadiska dnešných požiadaviek kladených v učebnicových textoch mali nedostatočne rozvíjané najmä intelektové spôsobilosti podmieniajúce experimentálnu činnosť (S1) a sčasti interpretačné spôsobilosti (napr. S3b).

Teoretický model efektívnosti PPL vo vyučovaní

Na základe pozorovaní konkrétnej vyučovacej činnosti učiteľov pôsobiacich v praxi, ich skúseností s implementáciou prvkov PPL do vyučovania a vlastných pedagogických skúseností som zostavila model opisujúci efektívnosť začlenenia PPL do vyučovania (s.93 dizertačnej práce). Model dobre korešponduje so zisteniami zahraničných výskumov zaoberajúcich sa efektívnosťou vyučovania v počítačom podporovanom laboratóriu a integruje v sebe výhody a nevýhody PPL, metodické aspekty a aj rolu samotného materiálneho vybavenia. Popisuje jednotlivé pozorované okruhy charakteristík vyučovacích hodín v PPL:

- 1) Atraktívnosť použitého kontextu riešených úloh a atraktívnosť použitých nástrojov, ktorá sa ukázala dôležitým faktorom pre motiváciu žiaka,
 - 2) presnosť a dôveryhodnosť výsledkov, rýchlosť získavania a vyhodnocovania údajov v PPL, ktorá je nezanedbateľnou výhodou oproti použitiu klasických pomôcok pri experimentálnom prístupe
 - 3) inovované metódy vyučovania, ktoré sú založené na žiakmi plánovanom a realizovanom skúmaní fyzikálnych javov pod vedením (riadením) učiteľa, ktoré majú pozitívny vplyv na rozvíjanie prírodovednej gramotnosti a žiackych spôsobilostí.
- Najväčší a najkomplexnejší prínos pre žiaka majú počítačom podporované aktivity nachádzajúce sa v prieniku jednotlivých množín.



Obr. 1 Model efektívnosti začlenenia PPL do vyučovania

Výsledky z pozorovaní vyučovacích hodín a rozhovorov s učiteľmi som sumarizovala do troch oblastí:

1. Akým spôsobom učitelia využívajú PPL pri vyučovaní

- a) Pri plánovaní a realizácii vyučovania s prostriedkami PPL sú učitelia značne limitovaní materiálnym zabezpečením.
- b) Niektorí z učiteľov sú silne ovplyvnení znalosťou tradičných metódik – najskôr realizujú výklad a až „keď (žiaci) dostanú balík pojmov a základných súvislostí“ sa PPL využije pri demonštrácii na zber dát resp. pri precvičovaní učiva v podobe žiackej laboratórnej práce na spracovanie dát.
- c) Prostriedky PPL nie sú väčšinou učiteľov, vnímané ako bežná, samozrejmá a nápomocná súčasť laboratória pri skúmaní javov, ale iba ako niečo, čomu z rôznych podnetov treba nejakou formou prispôbovať zaužívané metodické postupy a vtesnať do štandardných hodín.

2. Ako prebieha typická vyučovacia hodina v PPL

- a) Formy, ktorými začleňujú jednotliví učitelia PPL do vyučovacích hodín sú rôzne. Spoločným prvkom, ktorý sa dá dedukovať z vyjadrení, je snaha o presunutie ťažiska aktivity z učiteľa na žiaka. Témy, ktoré učitelia najradšej a najčastejšie realizujú na vyučovaní s PPL sumarizujem v prílohe F dizertačnej práce.
- b) Učitelia niekoľkokrát naznačili, že na samostatnejšiu prácu pri experimente žiakom chýbajú spôsobilosti, (napr. odhadnúť pred experimentom očakávaný tvar výsledných dát v podobe grafu – formulovať hypotézu, plánovať a navrhovať spôsob realizácie merania a interpretovať namerané dáta pri ich analýze). Pri týchto krokoch sa súčasní žiaci nezaobídu bez vedenia učiteľom.
- c) Formu modelovania a používanie simulácií pre riešenie úloh, ktoré sú fyzikálne zaujímavé, ale nedajú sa riešiť inou formou (napr. pretože pre žiakov by algebraické riešenie bolo príliš matematicky náročné), potvrdil iba jeden učiteľ. Podobný záver ukázal učiteľský dotazník - prácu s hotovými simulačnými programami v PPL potvrdili dvaja respondenti.
- d) Učitelia majú pozitívnu skúsenosť so spôsobilosťami žiakov pracovať s technológiami, najmä s ovládaním softvéru.

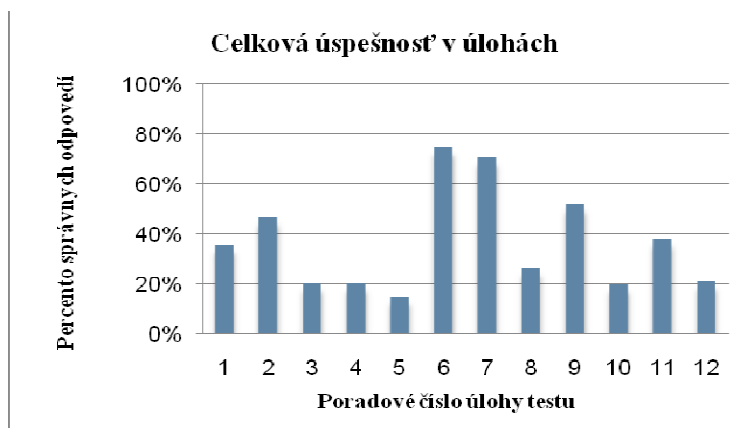
3. Práca so súradnicovým grafom v PPL a potrebné žiacke spôsobilosti

Učitelia pri práci v PPL kladú dôraz na rozvíjanie spôsobilosti „čítať“ fyzikálne informácie z grafu. Túto spôsobilosť učitelia nepovažujú za samozrejmú ani u žiakov vyšších

ročníkov gymnázia, naopak, pri využívaní počítačom podporovaného zberu dát ju precvičujú tak, že žiakov vyzývajú, aby komentovali priebeh grafu. Tento spoločný krok v metodike počítačom podporovaných experimentov sa vyskytol zhruba v dvoch tretinách hospitovaných hodín. Pokročilé matematické operácie s dátami učitelia od žiakov nevyžadujú a prezentujú im ich iba v ojedinelých prípadoch. Z rozhovorov vyplynulo, že najmä preto, lebo považujú žiakov za málo spôsobilých a pripravených týmto postupom porozumieť.

Výsledky testovania vybraných žiackych spôsobilostí

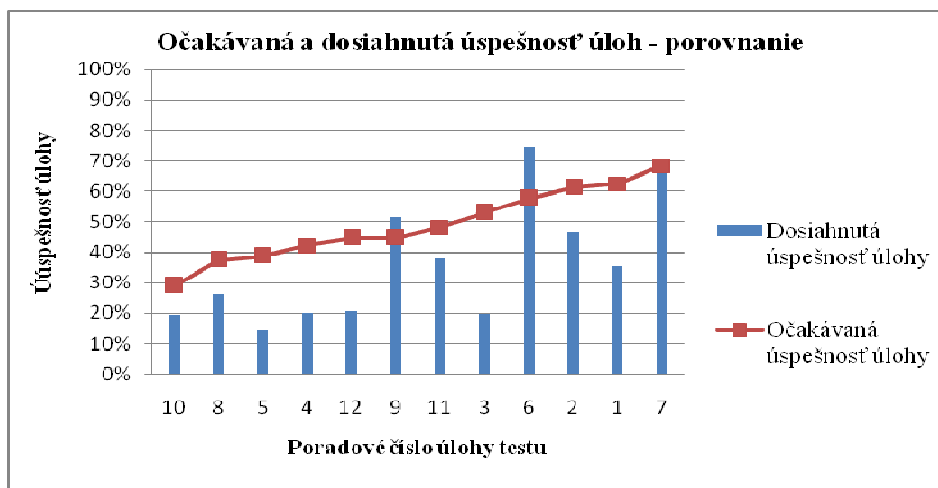
Priemerné skóre žiaka v teste bolo pomerne nízke, priemer žiackej úspešnosti bol iba 39%. Výsledky v teste odzrkadľujú fyzikálne poznatky a nadobudnuté spôsobilosti, ktoré si žiaci s veľkou pravdepodobnosťou osvojili natrvalo. Priemernú úspešnosť v jednotlivých úlohách prehľadne zobrazuje graf 1.



Graf 1

Väčšinu úloh testu učitelia posúdili ako plne v súlade so ŠVP, ako aj s ich vlastným školským vzdelávacím programom, aj keď výskyt úloh tohto typu je posudzovaný mierne negatívnejšie.

Do grafu 2 boli úlohy zoradené základe vyjadrení učiteľov o očakávanej úspešnosti od najťažšej (s najnižšou očakávanou úspešnosťou) po najľahšiu. Očakávanú úspešnosť úlohy, som získala prepočtom priemernej hodnoty kritéria priradeného učiteľmi na percentá. U **väčšiny úloh je dosiahnutá úspešnosť žiakov výrazne nižšia ako učiteľmi očakávané výsledky** „Priemerný učiteľ“ pri zadaní takýchto úloh očakáva relatívne nízke žiacke výkony (žiadna z úloh podľa hodnotenia učiteľov neprekročila hranicu očakávanej úspešnosti 70%), z čoho možno usúdiť, že o chýbajúcich žiackych spôsobilostiach potrebných na riešenie týchto úloh učitelia vedia, ale pravdepodobne nepoznajú alebo nevyužívajú metodiku postupov, ktorými by tento stav zlepšili.



Graf 2

Položková analýza žiackych výsledkov v teste (príloha M práce) priniesla viaceré pre vyučovaciu prax podnetné závery. Pri analýze zastúpenia žiackych odpovedí a typických chybných postupov študentov sa potvrdili niektoré známe miskoncepce, ktoré pretrvávajú ako didaktické problémy:

1. Veľká časť žiakov nerozlišuje medzi grafom závislosti dráhy od času a rýchlosti od času. Pri rozhodovaní či ide o rovnomerný alebo rovnomerne zrýchlený pohyb interpretujú priamo úmerne rastúcu závislosť v grafe iba pojmom rovnomerný a neuvažujú, či ide o rovnomerný pohyb alebo rovnomerne narastajúcu rýchlosť zrýchleného pohybu.
2. Žiaci používajú definíciu rýchlosti (priemernej, okamžitej) formálne. Pri určení rýchlosti na základe údajov v grafe neuvažujú prírastky dráhy za časový úsek, ale vždy dráhu prejdenú do okamihu, kedy má byť stanovená veľkosť rýchlosti (aj keď je predchádzajúci pohyb nerovnomerný, resp. nie je definovaný)
3. Až 27% žiakov má predstavu, že pri páde vo vákuu ťažké predmety padajú rýchlejšie. Pád v inom prostredí ovplyvňuje iba aerodynamická odporová sila.
4. 74% žiakov si myslí, že pri šikmom vrhu pôsobí na teleso v smere pohybu sila, ktorá ho poháňa smerom vpred (dotyčnica k trajektórii).

Po dlhšom časovom odstupe žiaci pomerne dobre ovládajú poznatky vo forme faktov, avšak sledované spôsobilosti, ktoré boli predpokladom úspešného riešenia úloh mnohým žiakom chýbajú. Poznatky získané na vyučovaní nie sú operačné, ale zväčša deklaratívne.

Žiaci majú ťažkosti pri výkonoch vyžadujúcich prácu s grafmi. Žiaci vedia čítať súradnice grafov, ale pri tejto "zručnosťou" ich spôsobilosť rozoznať v kvantitatívnych charakteristikách grafu fyzikálne veličiny končí. Ťažkosti robí práca s fyzikálnou informáciou

zobrazenou ďalšími geometrickými prvkami grafu, napr. sklonom grafu alebo obsahom plochy pod čiarou grafu. Z kvalitatívnych charakteristík grafu žiaci vedia používať pojem „rovnomerný“ v súvislosti s priamkovým grafom a rovnako spomalený a zrýchlený v súvislosti s grafom iného priebehu, zamieňajú však terminológiu – rovnomerný nárast veličiny (napr. rýchlosti) interpretujú ako rovnomerný pohyb.

Návrh poznávacích fyzikálnych úloh realizovaných v PPL

S realizáciou cieľa C4 korešponduje ukážka čiastkových výsledkov práce v projekte KEGA: „Hodnotenie žiackych výkonov v reformovaných prírodovedných programoch na základnej škole a v gymnáziu“. Materiály uvedené v kapitole 5 obsahujú návrhy vyučovacích postupov, ktoré by mohli slúžiť učiteľom fyziky pôsobiacim v praxi ako inštrukčný materiál. V tejto časti práce uvádzam aj výsledky realizovaných písomných testov a žiacke reakcie získané v malých žiackych skupinách pri praktickom overovaní metodiky riešenia poznávacích fyzikálnych úloh zameraných na skúmané spôsobilosti.

ZÁVER

Zhodnotenie plnenia cieľov a overenie hypotéz

V súlade s cieľom C1 som analyzovala vybrané kurikulumné materiály, ktoré vychádzajú z ŠVP a zostavila som súbor žiackych spôsobilostí pre prostredie PPL. Na uvedený cieľ sa viazala hypotéza H1:

Hypotéza H1:

Štátny vzdelávací program a reformné učebné texty fyziky vedú žiakov k aktivitám, ktoré sú vo vyučovaní fyziky v našich školách relatívne nové a vyžadujú relatívne nový prístup k formovaniu žiackych spôsobilostí.

Hypotézu považujem za potvrdenú. V zostavenom súbore som našla nové prvky, ktoré sú 1) výrazne odlišné od skupiny klasických prvkov (tradične rozvíjaných spôsobilostí žiakov) a 2) k ich rozvíjaniu nemožno využiť štandardné vyučovacie postupy, pretože sú úzko naviazané na PPL.

Takýmito prvkami sú:

- a) Spôsobnosť používať grafickú deriváciu (bez nutnosti vysvetľovať jej matematický význam).
- b) Spôsobnosť ovládať niektoré spôsoby spracovania dát (extrapolácia, linearizácia grafu).

- c) Spôsobilosť identifikovať trendy v dátach a naznačovať predpovede založené na dátach - odhadnúť (v špeciálnych prípadoch) podľa priebehu čiary grafu analytický tvar matematickej funkcie.
- d) Spôsobilosť formulovať hypotézu o očakávanom správaní experimentálnej zostavy pri vybraných zásahoch experimentátora (rozlišovanie hypotéz, ktoré môžu byť zodpovedané experimentom od tvrdení iného charakteru)
- e) Riešiť fyzikálnu úlohu počítačovou simuláciou bez toho, aby žiak zostavil alebo poznal úplný matematický model alebo mal predchádzajúcu skúsenosť so simulovaným fyzikálnym experimentom. K tomu sa viažu dve spôsobilosti: rozoznať v náčrte zostavy alebo v jej schematickom zobrazení jednotlivé prvky a účel zostaveného zariadenia, vedieť sa orientovať v súbore dát zostavenom v tabuľke.
- f) Relatívne nové interpretačné spôsobilosti súvisiace s charakterom výstupu získaného zo simulácie.
- g) Spôsobilosť vedieť podľa niektorých špecifických vlastností čiary grafu charakterizovať vlastnosti fyzikálnej veličiny (konvexný alebo konkávny tvar, inflexný bod grafu, sklon dotyčnice ku krivke).

V súvislosti s plnením cieľa C2 som analyzovala výsledky výskumov a najmä Monitorov 2002 až 2004 a získala som prehľad o príprave žiakov k spôsobilostiam označeným ako „tradičné“, ale aj z dnešného pohľadu potrebné na prácu v PPL. Aby som zistila, aký je súčasný stav rozvoja skúmaných spôsobilostí po dvoch rokoch, v ktorých učitelia fyziky pracovali podľa reformných kurikulárnych materiálov, testovala som hypotézu:

Hypotéza H2:

Súčasný spôsob vyučovania fyziky v dostatočnej miere neformuje žiacke spôsobilosti potrebné pre aktívne poznávanie v počítačom podporovanom laboratóriu.

Nástrojom, ktorý som pripravila na overenie hypotézy bol test žiackych spôsobilostí, zostavený v súlade s reformnou učebnicou (Koubek, 2010). Overovacím kritériom bolo porovnanie žiackych výkonov dosiahnutých po dlhšom časovom odstupe od výučby témy s názormi učiteľov na očakávaný výkon žiaka v jednotlivých úlohách a s ich stanoveným hraničným skóre v takomto teste. Učiteľmi navrhované hraničné skóre testu, vyjadruje hraničné percento, ktoré má žiak v teste získať, aby sa mu priznalo, že problematiku testovaných v úlohách zvládol, bolo 50,9%. **Toto kritérium splnilo iba 21,3% testovaných žiakov.**

Hypotézu som ďalej overovala porovnaním výsledkov dvoch skupín žiakov, ktorí sa testovania zúčastnili: žiakov reformovaného štvorročného štúdia (G4) a žiakov osemročného

štúdia (G8). Štatistické porovnanie výsledkov ukázalo, že medzi pravdepodobnosťami, že žiak z jednej skupiny a žiak z druhej skupiny dosiahne konkrétne bodové skóre v teste, je štatistický významný rozdiel. Zistený rozdiel vyjadruje iba štatistickú významnosť rozdielov medzi početnosťami žiakov, ktorí preukázali testované spôsobilosti na určitej úrovni (zodpovedajúcej dosiahnutému počtu bodov v teste). Charakter získaných dát neumožňuje štatisticky porovnať stredné hodnoty týchto dvoch skupín a teda ani korektne štatistickými metódami rozhodnúť, či je nameraný rozdiel v prospech jednej alebo druhej skupiny. Na základe porovnania skóre priemerného žiaka a aj podľa grafov 4.12, 4.14 a 4.15 (str. 16 dizertačnej práce) možno tvrdiť, že **reformné vyučovanie v prvom ročníku štvorročného gymnázia podstatne nezlepšilo sledované žiacke spôsobilosti**. Vyslovený záver by bolo vhodné overiť ďalším výskumom, realizovaným na širšej vzorke a so starostlivejšie nastavenými parametrami merania.

Na základe týchto dvoch záverov hypotézu H2 prijímam. Zistené skutočnosti považujem za podnetné pre ďalší výskum.

Prínos práce pre didaktiku fyziky

Za relatívne nový príspevok do teórie vyučovania fyziky považujem:

- a) Vypracovanie a systemizáciu súboru spôsobilostí potrebných na žiacke aktivity v počítačom podporovanom laboratóriu.
- b) Poznatok o potrebe neobmedzovať sa pri školeniach učiteľov fyziky na technické otázky získavania a spracovania dát a na tvorbu simulácií, ale doplniť prípravu učiteľov fyziky o metodologické návody na zaradenie práce s prvkami PPL do vyučovacieho procesu.

Za prínos mojej práce do vyučovacej praxe pokladám súbor príkladov odskúšaných a overených návodov na vyučovacie postupy rozvíjajúce relatívne nové žiacke spôsobilosti.

Odporúčania pre ďalší výskum

Výskum, ktorý by priamo nadväzoval na problematiku riešenú v dizertačnej práci by sa mal orientovať na vývoj a overenie metodík, ktoré by systematickejšie viedli k rozvíjaniu nových, kurikulárnymi materiálmi vyžadovaných žiackych spôsobilostí. Vhodné by bolo pokračovať aj v práci s učiteľmi, skúmať podrobnejšie prečo učitelia volia konkrétnu metodiku a organizáciu žiackych aktivít a ktoré z týchto metodík vedú k želaným výsledkom.

Zoznam publikácií súvisiacich s dizertačnou prácou

1. ŠUHAJOVÁ, Z. 2008a. O jednoduchom elektromotore : Demonštračný experiment alebo žiacka aktivita s využitím prostriedkov počítačom podporovaného laboratória. In *Tvorivý učiteľ fyziky*. Bratislava: Slovenská fyzikálna spoločnosť, 2008. s. 84-88. ISBN 978-80-969124-6-9 [Tvorivý učiteľ fyziky 2008 : Festival fyziky : pracovný seminár. Smolenice, 22.-25.6.2008].
2. KOUBEK, V., ŠUHAJOVÁ, Z. 2008b. Kinematika a dynamika pomocou ultrazvukového senzora polohy. In: *Fyzikálne listy*. Roč. 13, č. 3 (2008), s. 10-12
3. DEMKANIN, P., ŠUHAJOVÁ, Z. a kol. 2010a. Fyzika pre 2. ročník gymnázia a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom. 1 vyd. Bratislava: Združenie EDUCO, 2010. - 127 s. ISBN 978-80-89431-10-6.
4. ŠUHAJOVÁ, Z. 2010b. Jednoduchý experiment s cievkou alebo môže nás aj 9 V batéria "kopnúť"? In: *Fyzikálne listy*. Roč. 15, č. 3 (2010), s. 6-9
5. DEMKANIN, P., ŠUHAJOVÁ, Z. et al. 2010c. Reform of curriculum in Slovakia as a challenge for physics education In: *Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?: Proceeding of abstracts*. Reims : GIREP. 2010. s. 276 [GIREP - ICPE - MPTL 2010 : International Conference. Reims, 22.-27.8.2010]
6. ŠUHAJOVÁ, Z., KOUBEK, V. 2010d. Školská interpretácia fyzikálnych vlastností. In: *Aktuálne problémy fyzikálneho vzdelávania v európskom priestore*. Nitra : Pobočka JSMF v Nitre, 2010. s. 59. ISBN 978-80-8094-795-8. [DIDFYZ 2010 : medzinárodná konferencia. 17., Račkova dolina, 20.-23.10.2010]
7. ŠUHAJOVÁ, Z. 2011. Meranie gravitačného zrýchlenia Atwoodovým pádstrojom. In: *Zborník Šoltésové dni*. 2010. Bratislava: FMFI UK. 2011. [pripravený do tlače].

Zoznam bibliografických odkazov v autoreferáte

1. BARTON, R. 1997a. *How do computers affect graphical interpretation?* School Science Review, 79 (287), 55-60.
2. BARTON, R 1997b. *Does data-logging change nature of children's thinking in experimental work in science?* In B. Somekh a N.Davies. Using Information Technology Effectively in Teaching and Learning. London: Routledge.
3. BROADSTOCK, M.J., GEORGE, E.A. and VÁZQUEZ-ABAD, J. 2001. *Learning Momentum and Energy Conservation with Computer Support in an Undergraduate Physics Laboratory*. [online]. Paper presented at NARST National Meeting, St. Louis, MO. March 2001. [cit. 28.1.2009] dostupné online <<http://userpages.wittenberg.edu/egeorge/NARST2001paper.PDF>,>
4. BRASELL, H. 1985. *The effect of real-time lab graphing on learning graphing representation of distance and time*. Journal of Research in Science Teaching, 24(4), 223-28. In BENNETT, J. (2003). *Teaching and learning science*. New York: Continuum. ISBN 0-8264-6527-7
5. DEMKANIN, P. 2009. *Present state of physics education at secondary school in Slovakia* [elektronický dokument] In: 17th Conference of Slovak Physicists Proceedings (CD ROM). - Bratislava : Slovak Physical Society, 2009. - S. 83-84. - ISBN 978-80-969124-7-6 [Konferencia slovenských fyzikov 2009. 17., Bratislava, 16.-19.9.2009]
6. DEMKANIN, P., ŠUHAJOVÁ, Z. a kol.2010. *Fyzika pre 2. Ročník gymnázia a 6. Ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Prievidza: Združenie EDUCO. ISBN 978-80-89431-10-6

7. GAVORA, P. 2008. *Úvod do pedagogického výskumu*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave. 272s. ISBN 978-80-223-2391-8
8. FROST, R. 1999. *Data logging in practice*. IT in science. 142s. ISBN 0-9520257-4-4.
9. LACINA, A. 1997. Cesta k prírodovednej gramotnosti I, II .In: *Československý časopis pre fyziku*. A 35 (1985), s.58-68, s.151-158. [preklad z anglického originálu ARONS, A: Scientific Literacy. 1983. Deadalus, Spring.]
10. FRENCH, T. CUMMINGS, K. 2002. *Effectiveness of Abridged Interactive Lecture Demonstrations*. [online]. [cit. 2009-01-02] Dostupné na WWW: <http://piggy.rit.edu/franklin/perc2002/French.doc>
11. MCFARLANE, A., FRIEDLER, Y, a kol. 1995. *Developing an Understanding of the Meaning of Line Graphs in Primary Science Investigations, Using Portable Computers and Data Logging Software*. The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 14(4), 461 –480.
12. JEŠKOVÁ, Z. 2004. *Počítačom podporované experimenty z termiky a termodynamiky v prostredí IP COACH*. Košice: Vydavateľstvo Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach. 50 s. ISBN 80-7097-582-2.
13. JEŠKOVÁ, Z. 2001. *Modelovanie fyzikálneho experimentu v počítačom podporovanom laboratóriu*. [dizertačná práca]. Bratislava: Matematicko-fyzikálna fakulta univerzity Komenského v Bratislave.
14. KONKOLOVÁ, M. 2007. *Počítačom podporované laboratórium ako prostriedok skvalitnenia výučby fyziky*. [dizertačná práca]. Košice: Prírodovedecká fakulta Univerzity P.J.Šafárika v Košiciach
15. KOUBEK, V., PECEN, I. 1999. *Fyzikálne experimenty a modely v školskom mikropočítačom podporovanom laboratóriu*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave. 122 s. ISBN 80-223-1232-0.
16. KOUBEK, V. a kol. 2009. *Fyzika pre 1. ročník gymnázií* . Prievidza: Združenie EDUCO. ISBN 978-80-89431-00-7
17. LAPITKOVÁ, V., DEMKANIN, P., KELECSÉNYI, P. 2008. *Reformné kroky vo vyučovaní fyziky na základnej škole a gymnáziu*. Pedagogické spektrum, 2008, roč. XVII, č. 2.
18. LAPITKOVÁ, V. a i. 2010a. *Fyzika pre 6. Ročník základnej školy a 1.ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava: Expol pedagogika.1 vyd. 112s. ISBN 978-80-8091-173-7.
19. LAPITKOVÁ, V. a i. 2010b. *Fyzika pre 7.ročník základnej školy a 2. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava: Pedagogické vydavateľstvo Didaktis. 112 s. ISBN 978-80-89160-79-2.
20. LAVONEN, J. 2008. *Learning and the use of ICT in Science Education*. In *Effective Use of ICT in Science Education*. Edinburg: School of education, University Edinburg. 141 s. ISBN 978-0-9559665-0-7.
21. LAWS, P. 2004. *Workshop Physics Activity Guide*, Modules 1-4, 2nd edition, Dickinson College, published by John Willey&Sons. ISBN 978-0-471-67563-1. [cit.31.1.2009] Ukážky materiálov dostupné online na WWW: <http://physics.dickinson.edu/~wp_web/wp_activities.html>
22. MCFARLANE, A., FRIEDLER, Y, et.al. 1995. Developing an Understanding of the Meaning of Line Graphs in Primary Science Investigations, Using Portable Computers and Data Logging Software. In *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14(4), 461 –480.
23. MOKOS, J. a TINKER, R. 1987. *The impact of microcomputer-based labs on pupil's abilities to interpret graphs*. Journal of research in Science Teaching 24(4), 369-83. In BENNETT, J. (2003). *Teaching and learning science*. New York: Continuum. ISBN 0-8264-6527-7
24. NAKLHLEH, M., KRAJCIK, J. 1993. A protocol analysis of the influence of technology on students' actions, verbal commentary and thought processes during performance of acid-base titrations. Journal of Research in Science Teaching, 30 (9), 1149-68. In BENNETT, J. (2003). *Teaching and learning science*. New York: Continuum. ISBN 0-8264-6527-7
25. OECD. 2004. *Completing the Foundation for Lifelong Learning: An OECD Survey of Upper Secondary Schools*. Paris: OECD

26. SOKOLOFF, D.R, THORNTON, R,K, 2004. *Motion and force – Laboratory Curriculum and Teacher's guide*. Beaverton: Vernier Software & technology, OR.
27. SOKOLOFF, D.R, THORNTON, R.K. 1997. *Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment*. The Physics Teacher, vol. 35, September 1997.
28. ŠEBEŇ, V., 2006. Identifikácia efektívnosti fyzikálneho vzdelávania ako jeden z problémov didaktiky fyziky. In Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21 storočia. Zborník z konferencie. Prešovská univerzita v Prešove.
29. ŠPÚ. 2002. *Výsledky pilotného testovania maturantov Monitor 2002*. Časť Test F z fyziky: Celoslovenské výsledky. Pre ŠPÚ spracovala firma Exam. Bratislava: jún 2002.
30. ŠPÚ. 2003. *Výsledky pilotného testovania maturantov Monitor 2003*. Časť Test z fyziky: Celoslovenské výsledky. Pre ŠPÚ spracovala firma Exam. Bratislava: jún 2003.
31. ŠPÚ. 2004. *Výsledky pilotného testovania maturantov Monitor 2004*. Časť Test z fyziky: Celoslovenské výsledky (rozšírená verzia pre potreby ŠPÚ) [interný materiál ŠPÚ]. Pre ŠPÚ spracovala firma Exam. Bratislava: september 2004.
32. SZYDLOWSKI, H., ELLERMEJER, A.,L. 1994. *Microcomputer based laboratory*. Institut fyziky, Adam Miczkiewicz University.
33. ZUCKER, A, a kol. 2007. *Increasing Science Learning in Grades 3-8 Using Computers and Probes: Findings from the TEEMSS II Project*. [online]. Dostupné na WWW: http://www.concord.org/publications/detail/TEEMSS_NARST_2007.pdf

SUMMARY

Computer based laboratory (MBL) in school is used for supporting science education, especially experimental work. We describe, how this tools changes physics teaching at secondary school. Two aspects, which influence the efficiency of teaching and learning, are studied: teacher's view on the aims of physics education, which affects the pattern of activities planned for lessons with MBL, and students readiness for new types of tasks.

Main aim of work is to create a categorization of student's competencies necessary for MBL activities and explore, how are they formed in high school physics education.

Theoretical part of the thesis contains analysis of curricular documents and results into categorization of student's competencies necessary for MBL activities. The research focuses on question: which competencies were successfully developed by traditional methods in the past and now. 301 high school students, who were educated according to both, new and old curriculum, were tested on chosen competencies. One part of thesis deals with qualitative description of teacher experiences with computer based laboratory use in school and results into theoretical model of effective use of MBL.

Practical output consists of the textbook for teachers, which describes experiments and activities for computer based laboratory, and a suggestion of method of integrating physics problems solving supported by MBL into lessons.