

Oponentský posudok doktorskej dizertačnej práce

Názov dizertačnej práce:	Integrovaný e-learning v oblasti kvantovej fyziky a optiky
Doktorand:	Mgr. Pavel Brom
Vedúci dizertačnej práce:	doc. RNDr. František Lustig, CSc.
Oponent:	doc. RNDr. Miroslava Ožvoldová, CSc.

Predložená práca, napísaná v českom jazyku v rozsahu 151 strán, pozostáva okrem Úvodu a Záveru zo štyroch nosných častí, v ktorej možno nájsť 52 obrázkov, 9 tabuliek, 160 odkazov na literatúru (prevažná väčšina zahraničných autorov), Zoznam publikácií autora v celkovom počte 13, z toho 11 týkajúcich sa riešenej problematiky. Súčasťou práce sú aj Prílohy (A1- A5 a B) a prezentácia medzinárodného ocenenia Global Online Laboratory Consortium GOLC 2016 - Online Lab Award v kategórii „Remote Controlled Lab,“ ktoré, v spoluautorstve, získal na celosvetovej konferencii REV v Madride, Spain, 2016 za príspevok „iSES Remote Lab SDK“ – autorov F. Lustig, J. Dvořák, P. Kurišák, a P. Brom.

Práca je vypracovaná na dobrej odbornej i grafickej úrovni. Po úvodnej časti posudku sa vyjadrím postupne k jednotlivým nasledovným bodom:

1. Aktuálnosť a náročnosť témy

Z medzinárodných výskumov OECD, TIMS a PISA je dobre známe, že situácia v prírodovednom vzdelávaní v Českej republike, ale najmä na Slovensku, je dlhodobu neuspokojivá. Prejavuje sa to nezaujmom o podstatu a porozumenie pojmov a základných prírodných zákonov a schopnosťou žiakov/študentov s ich aplikáciou na javy reálneho sveta, s ktorými sa každodenne stretávajú. Z tohto hľadiska každá nová aktivizujúca stratégia, metóda či forma vzdelávania s novým didaktickým nástrojom i s využitím najnovších informačných a komunikačných technológií (IKT), je prínosom pre zvýšenie porozumenia, motivácie a záujmu žiakov a študentov o prírodovedné predmety. Takýmto nástrojom, ktorý priniesli IKT na konci minulého storočia, je i vzdialený experiment - možnosť experimentovať na diaľku prostredníctvom počítača a internetu. Ak sa k experimentovaniu pripojí i vhodná stratégia vzdelávania, akou je napríklad je i integrovaný e-learning, otvára sa záujemcom o fyziku nevšedná možnosť nadobúdať poznatky netradičným a novým spôsobom, ale najmä sa rozšíri možnosť experimentovania.

Ako názov dizertačnej práce uvádza, práca je venovaná vybraným experimentom z dvoch najzaujímavejších oblastí fyziky – optiky a kvantovej fyziky. Cieľom práce bolo navrhnúť a vybudovať vzdialené reálne experimenty z tejto fyzikálnej oblasti, ako i zrealizovať pilotný výskum z oblasti vzdialených reálnych experimentov využiteľných k úvodnému štúdiu kvantovej fyziky a optiky.

Výber a realizácia technicky náročných e-experimentov z moderných oblastí fyziky prezentuje, že **riešená problematika práce je veľmi aktuálna. Novátorstvom je i skutočnosť, že sa zaoberá pilotným výskumom implementácie e-experimentov z fyziky do výučby na strednej škole** v Českej republike, pretože doteraz z tých niekoľko realizovaných výskumov v Českej a Slovenskej republike sa venovala pozornosť buď žiakom základnej školy - (Gerhátová, Ž. Nitra 2009, Kostelníková, M., Trnava 2013), alebo vysokoškolským študentom (Tkáč, L., Trnava 2014, Beňo, M., Nitra 2011), ktoré však využívali e-experimenty pokrývajúce iné časti fyziky. Náročnosť riešenia i potvrdzuje výskum pokrývajúci analýzu logovacích súborov.

2. Zorientovanie sa študenta v danej problematike

Predložená dizertačná práca sa radí svojim charakterom k pedagogicky orientovaným prácam. Autor v teoretickej časti práce, nazvanej „Historický vývoj a súčasný stav problematiky“, preukázal schopnosť dobrej orientácie v riešenej problematike a predkladá zaujímavú a vhodnú rešerš e-laboratórií. Zamýšľa sa nad cieľmi vzdialených laboratórií, ich výhodami ako i ich nevýhodami a efektivitou ich využitia pri výučbe v zahraničí. Zaujímavá je najmä prezentovaná štatistika týkajúca sa počtu vzdialených otvorených laboratórií. (V roku 2004/ 60, 2006/120, 2011/300.) Autor uvádza, že v súčasnosti v EU projekte Go-Lab je len 60 e-experimentov. Prieskum ukázal, že finančná a technická náročnosť údržby pri nepretržitej prevádzkovateľnosti e-experimentov sa odzrkadľuje na poklese budovania nových reálnych vzdialených otvorených laboratórií. Výnimkou je len E-Laboratory Project, vedený doc. Lustigom a kol., ktorý od roku 2002 spolu s dizertantom, prispel k rozšíreniu počtu zaujímavých fyzikálnych e-experimentov.

3. Vhodnosť zvolených metód

Nosnou časťou práce je Kapitola 2 „Návrh a stavba nových vzdialených experimentů“, kde autor prezentuje v štyroch častiach štyri navrhnuté a vybudované vzdialené experimenty (RE):

- z optiky:

1. **Studium radioaktivity**, voľne prístupné na adrese <http://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/radioactivity> resp. overenie základných spôsobov ochrany človeka pred ionizujúcim žiarením;
2. **Polarizace světla** - ktorý umožňuje nielen skúmať rôzne druhy svetla, <http://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/polarisation-light-univ>, ale i overiť platnosť Malusovho zákona pre intenzitu svetla, ktoré prejde cez tzv. skřížené polarizátory;

- z kvantovej fyziky:

3. Vnější fotoefekt

<http://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/photoelectric-effect-VA>, za ktorý, prezentáciou formou posteru, získal na *Konferenci GIREP (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique) a MPTL15 (Multimedia in Physics Teaching and Learning)*, 22.-27.8.2010 cenu najlepšieho posteru., čím si získal medzinárodné uznanie a ocenenie výsledkov jeho práce hneď na začiatku vedeckej dráhy.

4. Vznik a studium spekter

<http://www.ises.info/index.php/en/laboratory/experiment/spectra>.

Pri spracovaní jednotlivých vzdialených e-experimentov zvolil autor jednotnú a veľmi vhodnú štruktúru: Motivace RE, Vývoj, návrh a stavba RE, Metodika využitia RE vo výuce, Očakávané výsledky/ resp. Možné postupy výkladu.

Experimenty boli vybudované na základe systému ISES, ktorý umožňuje práve vzdialené pripojenie k experimentálnej aparatúre. Ich funkčnosť dokumentuje vhodnosť zvolených metód.

4. Formulácia cieľov a miera ich naplnenia

Ciele dizertačnej práce jednoznačne a jasne formulované som osobitne v práci nenašla. Nachádzajú sa čiastočne jednak v Abstrakte práce a v časti 1.1.4, kde možno sa oboznámiť s vymedzením témy práce. Dajú sa však dedukovať jednak z názvu práce a z textu ako v Úvode práce, tak i v častiach: Kapitola 2 „Návrh a stavba vzdialených experimentů“ a Kapitola 3 „Pilotní výskum vzdialených reálnych laboratórií“.

Napriek nejasnému formulovaniu cieľov práce, možno z celkovej náplne práce konštatovať, že práca je určite veľkým prínosom a že jej nedefinované ciele boli naplnené, deklaram v nasledovnej časti.

5. Rozsah a úroveň dosiahnutých výsledkov

Na základe štúdia predloženej práce a voľne dostupných vybudovaných e-experimentov možno uviesť nasledovné skutočnosti:

- Z teoretického i praktického hľadiska autor zvládol navrhnuť, zabezpečiť technické a materiálne prostriedky, ako i predovšetkým na základe svojho know-how vybudovať na báze systému ISES a ISES WEB Control štyri vzdialené reálne experimenty - dva z optiky, dva z kvantovej fyziky. Ich náročnosť bola vysoká ako po technickej, tak i po informatickej stránke, v neposlednom rade i po fyzikálnej didaktickej stránke. Pri každom z experimentov má viaceré voliteľné parametre experimentu, čo zvyšuje ich zaujímavosť a širšie možnosti experimentálnej činnosti a následne i vedeckej práce týkajúcej sa spracovania a analýzy experimentálnych dát a možnej diskusie dosiahnutých výsledkov experimentátormi. **Tým sa ním navrhnuté a vybudované experimenty zaraďujú medzi tie najkvalitnejšie vzdialené voľne dostupné experimenty na internete, čo sa odzrkadľuje i v získaných dvoch celosvetových oceneniach.**
- V línii stratégie integrovaného e-learningu doktorand spracoval metodické materiály ku každému zo štyroch experimentov v postupnosti: Motivace, Úvod, Fyzikálny základ, Návod k experimentu, Zadanie úlohy, Simulácie a Spustenie experimentu. Pre medzinárodné využívanie e-experimentov je dôležité, že tieto metodické materiály autor spracoval nielen v českom, ale i v anglickom jazyku. O týchto materiáloch sa však detailnejšie v práci nediskutuje, s výnimkou zmienky na str. 106. Zrejme autor zvažil neúnosnosť zväčšovať rozsah práce. Avšak pri návšteve www stránok jednotlivých experimentov sa možno o ich dobrej úrovni a kvalite presvedčiť.

K tejto časti výsledkov mám dve otázky:

Boli odborné texty podrobené recenzii? Odborný preklad materiálov realizoval autor samostatne?

Implementácia vzdialených experimentov, či reálnych a virtuálnych, sa ešte nestalo bežnou súčasťou pedagogického procesu ani v Česku ani v zahraničí. Autor v práci diskutuje niektoré príčiny a možnosti ich odstránenia. Je dôležité a potrebné overiť a vyhodnotiť vhodnosť využitia vzdialených experimentov. Preto doktorand navrhol a pokúsil sa realizovať „konštrukčný výskum efektivity vzdálených reálnych laboratórií“ (str. 89) pre dva vybrané tematické celky: Radioaktivita a Studium spekter metódou „upraveného výskumného dizajnu prohozených replik.

Taktiež mám pripomienky:

- 1) k hlavnej hypotéze výskumu, ktorú neformuloval autor striktne, ale „voľne“ : „*měly být provedeny dvojvýberové testy hypotézy, „zda studenti abosolvující vzdálené měření X dosáhli statisticky významně vyššího počtu bodů v testu než studenti absolvující tradičný výklad tématu“ (str. 90).*
- 2) Tab. 3.2 (str. 90) však vypovedá o zakomponovaní troch experimentov do plánovania (ešte i Fotoefekt)

Pri obhajobe prosím túto skutočnosť objasniť a načrtnúť ako by mal vyzerať design prohozených replik, v zmysle citácie práce [157] a čo z aktivít uvedených v Tab. 3.2 na str. 90 sa realizovalo.

Z napísaného mi nie je celkom jasné, či sa výskum uskutočnil na vzorke 77 žiakov troch stredných škôl, alebo sa na tejto vzorke uskutočnil len výskum analýzy logů, ktorý tvorí ďalšiu časť autorovho výskumu, prezentovanú v druhej podkapitole tretej kapitoly práce 3.2.1 (str. 91).

Pri obhajobe prosím objasniť vetu „Kvůli omezené hodinové dotaci na výuku fyziky bohužel nebylo možné vzdálené měření takto zadat a realizovat i pro další témata, nicméně některé studenty česká vzdálená laborator zaujala a dobrovolne zpracovali i jinou úlohu“ (str. 92, druhý riadok zhora);

Prečo nepožiadal na www o dobrovoľníkov, ktorý by mu pomohli zrealizovať výskum on line? V tom je práve sila vzdialeného experimentu! Tí, ktorí merali, skúmali ste ich dosiahnuté vedomosti formou vstupného a výstupného testu? V práci o tomto nie je zmienka.

Pri obhajobe prosím o formulovanie hypotézy výskumu a informovať, či autor robil vstupné pretesty pre obidve skupiny študentov (experimentálnu a kontrolnú) a postesty, resp. vstupný a výstupný test a aké výsledky sa u respondentov dosiahli.

Musím konštatovať že časť práce 3.1 (rozsah necelých 3 strán) je slabým článkom práce. Autor o realizácii a výsledkov výskumu sa detailnejšie nerozpisuje, keďže navrhnutému sa vyskytli vážne prekážky. Z tejto časti práce vyplýva, že auto nie je dobrým managerom.

Prečo, keď sa ukázalo, že študenti si meranie rádioaktivity nechali na posledný deň, kedy experiment bol obsadený, volili ste radšej voľbu spracovania starších uložených dát, ako posunutie termínu odovzdania protokolu? (str. 91)

Čo bránilo zopakovať pripravený výskum po opätovnom sprevádzkovaní experimentov po ich prepise do JavaScriptu po roku 2012?

Bolo predmetom plánovaného výskumu aj overenie vhodnosti pripravených e-študijných materiálov?

Ako autor vníma pojem efektívita vzdálených laboratórií? Prosím o bližšie vysvetlenie.

Zaujímavý a cenný výsledok výskumnej práce prináša však podkapitola 3.2 týkajúca sa analýzy „dešifrovania“ log fiálov, ktorá umožňuje sledovať aktivity jednotlivých experimentátorov. Tu by bolo zaujímavé sa oboznámiť s časovou návštevnosťou vybudovaných 4 experimentov od ich vzniku až do súčasnosti, napríklad po rokoch. Takúto štatistiku sme E-Lab projekte mali sledovanú. Ak je možné, prosím prezentovať pri obhajobe.

Autor sa zameril na dešifrovania práve failov študentov- respondentov, ktorí mali unikátne heslo. Navrhol spôsob ako čiastočne automatizovať analýzu (Tab. 3.3 -3.5) a tak identifikovať vzorce ich chovania. Jeho výskum potvrdil viaceré skutočnosti (str. 100), z ktorých známa skutočnosť zistená pre vysokoškolákov, platí i pre stredoškolákov - meranie najčastejšie v noci medzi 21 – 23 h, (graf na obr. 3.1), pričom neváhajú siahnuť i po cudzích meraniach a dôverujú ich dátam. Autor prostredníctvom analýza logů aktivít experimentátora ukázal, ako môžu slúžiť k získaniu užitočných nových zdrojov poznatkov o chovaní sa e-experimentátora. Na základe nich je možné zdokonaľiť e-experiment.

Taktiež dôležitou časťou výskumu autora sú výsledky získaného formou interview – neformálnym rozhovorom s užívateľmi e-experimentov. Osobitne spracoval získané poznatky z rozhovoru s 10 učiteľmi a 20 študentmi, ktorí vzdialené merania absolvovali (časti 3.3.1 a 3.3.2). Tu získané poznatky a postoje učiteľov k online experimentom mohol autor vyjadriť i graficky nielen verbálne.

Neformálny rozhovor s učiteľmi potvrdil aktuálne otázky a problémy pri výučbe fyziky a aj z tohto pohľadu je práca cenná. Realizovaný výskum potvrdzuje skutočnosť - nedostatok časového priestoru pre výučbu fyziky a teda i experimentovanie, takže na nové možnosti experimentovania pristúpia len tí učitelia, ktorí sú zdatnejší v IKT a majú víziu. Uvedomujú si význam možnosti použiť online experiment, ak škola nie je vybavená dostatočne, resp. pri časovej úspornosti ako demonštračný experiment na hodine. A tiež ich môžu využívať na motiváciu štúdia fyziky a na domáce aktivity rozširujúce poznatky študentov.

Tieto názory vyjadrili i tí šikovnejší študenti so záujmom o hlbšie štúdium fyziky. Cenia si možnosť získať experimentálne zručnosti a skúsenosti so zložitejšími fyzikálnymi javmi z modernej fyziky. Ocenili možnosť naučiť sa zvládnuť spracovanie dát, najmä v grafickej podobe, a i.

6. Analýza a interpretácia výsledkov, formulácia záverov

Ako bolo vyššie už uvedené, doktorand navrhol pilotný výskum efektivity ním navrhnutých a skonštruovaných štyroch vzdialených reálnych laboratórií, konkrétne na dvoch experimentoch *Studium vonkajšieho fotoelektrického jevu* a *Studium spektier* na dostupnom výbere respondentov. Malý počet respondentov odráža neochotu učiteľov v daných spoločenských podmienkach svojho ocenenia, spolupracovať nad rámec svojich základných povinností a ako som už uviedla, nízku organizátorskú ochotu autora. Výsledky výskumu by boli preukázateľnejšie pri vyššom počte respondentov a značne lepšej organizácii výskumu. Z tohto hľadiska treba pokračovať vo výskume, napriek nie moc vydarenému prezentovanému pilotnému výskumu, ktorý autor diskutuje v časti 4.1.

Hodnotnou časťou práce je návrh spôsobu dešifrovania a analýzy log fiálov a prostredníctvom nich pozorovanie správania sa experimentátora na www stránke e-experimentu. Taktiež zhrnutie výsledkov interview s učiteľmi a študentmi je prezentované v časti 3.3.3. Učitelia sa dožadujú metodických listov k experimentom, čo je vhodný námet na pokračovanie v práci. Autor taktiež diskutuje a podáva námety na vylepšenie nielen existujúcej situácie, ale i do budúca v Kapitole 4.

7. Využitelnosť výsledkov v praxi

Nové interaktívne formy vzdelávania orientované bádateľským experimentovaním v línii integrovaného e-learningu, či blended learning, sú trendy prírodovedného vzdelávania v zahraničí a je nevyhnutné prechádzať častejšie na ich využívanie. Patria medzi ne i vzdialené experimenty, ktoré sú nielen pre stredoškóľakov, ale i pre žiakov základných škôl prístupné. Potvrdili to napríklad výskumy doc. Ž. Gerhátovej, či Mgr. Kostelníkovej. Má opodstatnenie teda sa tejto problematike venovať a pripraviť vhodné didaktické pomôcky pre žiakov, študentov, či pre učiteľov na všetkých stupňoch vzdelávania. Dokonca experimentálne dáta zo vzdialených experimentov možno úspešne použiť ako v matematike pri tvorbe grafov a ich čítaní s porozumením, v informatike pri práci s reálnymi dátami, pri tvorbe ako grafov, tabuliek, či spracovaní balíkov s objemnými dátami. Určite prispievajú pri rozšírení možnosti experimentovať tak zo strany učiteľa i žiaka/študenta a pri spestrení výučby.

8. Formálna jazyková a logická štruktúra.

Práca je písaná so snahou o precízny výsledok, ktorý je prezentovaný. Napriek tomu sa v nej vyskytuje niekoľko malých nedôsledností ako:

- na grafoch, napr. na str. chýba popis osi závislej premennej obr. 2.14 (četnosť čoho?);
- nie celom úplné citácie literatúry napr. [21], [23] [25] [35] [113];
- obrázky autor nezvyčajne obširne popisuje. Napríklad obr. 2.15 (preklep) a obr. 2.16 na str. 54 a 55. Text „*Nezbytné príkazy a práce s programem gnuplot jsou podrobněji popsány v příloze A ...*“ mali byť uvedené v texte a neopakovať,
- Ako už bolo spomenuté nebol jasne stanovený cieľ práce, ale dá sa vydedukovať z logicky štruktúrovaných piatich častí práce;

Záverom môjho posudku možno formulovať dve odporúčania. Prvé - pokračovať vo výskume týkajúcej sa realizácii interaktívnej výučby prostredníctvom vzdialených reálnych ale i virtuálnych e-experimentov v línii stratégie integrovaného e-learningu.

Práca prezentuje štyri nové, autorom navrhnuté a realizované e-experimenty s komplexnou vypracovanou dokumentáciou zverejnenej na internete, ako i námety ako vybudované e-experimenty využiť konkrétne na strednej škole pri výučbe fyziky. Taktiež nové poznatky z realizovaného výskumu súvisiacim so vzdialenými laboratóriami odzrkadľujú autorovu schopnosť samostatne tvorivo pracovať.

Na základe uvedených skutočností

**odporúčam prácu v predloženej podobe prijať k obhajobe
v obore 4f-12Didaktika fyziky a obecné otázky fyziky.**

Biely Kostol, 28. 08. 2018

doc. RNDr. Miroslava Ožvoldová, CSc.