

INNOVATION OF PHYSICAL EDUCATION AT TECHNICAL UNIVERSITY IN ZVOLEN

Euboš KRIŠŤÁK - Miroslav NĚMEC

Abstract: The article deals with innovative methods of physics education in physical subjects. There is described and evaluated educational experiment at the Faculty of Wood Sciences and Technology in Technical University in Zvolen, where we measured the impact of innovative methods for learning outcomes of students in physics. The conclusion summarizes the results of this experiment.

Key words: Technical University, physics, teaching, ICT.

INOVÁCIA FYZIKÁLNEHO VZDELÁVANIA NA TECHNICKEJ UNIVERZITE VO ZVOLENE

Resumé: Článok sa zaoberá inovatívnymi metódami vzdelávania vo fyzikálnych predmetoch a pedagogickým výskumom, ktorý sme uskutočnili na Drevárskej fakulte Technickej univerzity vo Zvolene, kde sme zisťovali vplyv inovatívnych didaktických metód na výsledky študentov v predmete Fyzika. V závere sumarizujeme výsledky tohto výskumu.

Kľúčové slová: Technická univerzita, technické vzdelávanie, fyzika, vyučovanie, IKT.

1 Úvod

V nedávnej minulosti prebehla reforma vysokého školstva, pričom jedným z jej výsledkov bol prechod na trojstupňový systém vysokoškolského vzdelávania. Zo zavedených zmien vyplynuli určité systémové zmeny, ktoré bolo nutné vykonať v rámci jednotlivých študijných programov. V rámci týchto zmien došlo k redukcii časovej dotácie niektorých predmetov, pričom to neobišlo ani fyzikálne predmety bakalárskeho štúdia. Na technických univerzitách patria fyzikálne predmety k základným predmetom, na ktoré následne nadväzujú ďalšie technické disciplíny. Práve tieto fyzikálne predmety sú akýmsi základným nástrojom pre pochopenie väčšiny technických predmetov.

Slovensko v tomto období zároveň prechádza reformou regionálneho školstva, ktorej základom je prechod na tvorivo-humánne školstvo s orientáciou na študenta [1]. V novej koncepcii sú prírodovedné a technické predmety potláčané do úzadia [2, 3, 4]. Najviac sa redukcia hodín dotkla práve fyziky, čo bude mať negatívny dosah najmä na vysokých školách prírodovedných a technických zameraní. Tento stav je čiastočne výsledkom nedostatočnej komunikácie medzi strednými a vysokými školami a najmä potrebami praxe. Okrem toho v súčasnosti je trendom, aby sa zvyšoval počet vysokoškolsky vzdelaných ľudí. Z toho vyplýva, že sa na vysoké školy hlásia študenti z takmer

všetkých typov stredných škôl, pričom ich úroveň vedomostí po príchode na vysokú školu je na rôznej úrovni. Až na niekoľko výnimiek, väčšinou z gymnázií, sú vedomosti študentov z fyziky a matematiky po príchode na vysokú školu z roka na rok slabšie [5]. Predpokladáme, že na základe novej reformy regionálneho školstva bude tento trend pokračovať, pričom je nutné hľadať riešenia tejto situácie. Vzhľadom k zhoršujúcej sa úrovni vedomostí študentov z prírodovedných predmetov po príchode na vysokú školu a vzhľadom k redukcii počtu hodín fyzikálnych predmetov na vysokých školách je potreba hľadať špecifické riešenia.

Výučba fyzikálne zameraných predmetov na Technickej univerzite vo Zvolene má celý rad špecifik, ktoré vychádzajú z požiadaviek jednotlivých študijných zameraní jej jednotlivých fakúlt. Jedno však majú spoločné všetky fakulty a odbory a to je výrazná redukcia počtu hodín fyzikálnych predmetov po prechode na trojstupňový systém vzdelávania. V bakalárskom stupni štúdia je väčšinou na troch fakultách na Technickej univerzite vo Zvolene, na ktorých sa fyzika v prvom ročníku bakalárskeho stupňa štúdia vyučuje, pre základný kurz fyziky vyhradený len jeden semester s rozsahom dve hodiny prednášok a dve hodiny cvičení týždenne, aj to v prvom semestri, keď študenti nemajú absolvovaný kurz vyššej matematiky [6]. Vzniká tým potreba

vytvorenia nových učebných materiálov, ktorých obsah bude v súlade so študijnými programami a budú zároveň modernou a pútavou formou prezentovať poznatky v danej oblasti. Naším cieľom bolo preto vytvorenie kompletných študijných materiálov, ktoré sú v súlade so študijnými programami Technickej univerzity vo Zvolene, a okrem toho na Univerzite Mateja Bela v Banskej Bystrici, ako aj Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, kde je v rámci bakalárskeho stupňa štúdia možné študovať obsahovo podobné študijné odbory. Okrem vytvorenia nových materiálov bolo našim cieľom pomocou pedagogického výskumu ukázať, že využívanie problémových úloh a častejšie uplatnenie experimentálnych aktivít na cvičeniach pomôže k lepším vedomostiam študentov z fyziky. Experimentmi a ich didaktickými aspektmi v rôznych fyzikálne zameraných predmetoch na TU vo Zvolene sa zaoberajú práce: [7, 8, 9, 10].

2 Výskum

Cieľom výskumu bola komparácia vzdelávacích výsledkov dosiahnutých vo vyučovacom procese, v ktorom bol kladený zvýšený dôraz na využívanie kvalitatívnych úloh a výraznejšie využívanie experimentálnych aktivít v porovnaní s vyučovacím procesom, kde sa vyučovalo klasickým, doteraz zaužívaným spôsobom. Porovnávala sa vedomostná úroveň z preberaného učiva, t.j. študenti pred a po absolvovaní výučby fyziky v prvom semestri absolvovali didaktické testy.

Pedagogický experiment bol realizovaný na Technickej univerzite počas študijného roka 2009/2010 na drevárskej fakulte (DF). Išlo o fyzikálny predmet v prvom ročníku bakalárskeho stupňa štúdia s dotáciou v semestri dve hodiny prednášok a dve hodiny cvičení. Podstatná časť obsahovej stránky fyziky v prvom ročníku na našej univerzite je zameraná na opakovanie a prehĺbovanie gymnaziálneho učiva, ktoré je primerane rozšírené o vyššiu fyziku, ktorú by mali študenti prvého ročníka vysokej školy zvládať. Primárnym cieľom predmetu fyziky v prvom ročníku na Technickej univerzite vo Zvolene je zmazať rozdiely vo vedomostnej úrovni študentov spôsobené rôznym stupňom fyzikálneho vzdelania získaného na stredných školách. Z trinástich cvičení počas semestra je sedem teoretických, to znamená venovaných riešeniu fyzikálnych úloh a šesť je praktických, na ktorých študenti vykonávajú laboratórne merania.

V letnom semestri sa na DF výskumu zúčastnili štyri kontrolné a štyri experimentálne skupiny. V prípade kontrolných tried prebiehala výučba klasickým, u nás zaužívaným spôsobom. Klasickým spôsobom máme v tomto prípade na mysli v rámci jedného semestra trinásť prednášok a trinásť cvičení, z ktorých sedem je teoretických a v tomto prípade zameraných na počítanie príkladov z jednotlivých fyzikálnych oblastí preberaných na prednáškach a šesť praktických cvičení (laboratórnych meraní), kde sú študenti rozdelení do skupín po cca 5 študentov, pričom každá zo skupín počas jedného praktického cvičenia absolvuje jedno laboratórne meranie. Všetkých šesť laboratórnych meraní, ktoré študenti počas semestra vykonali je klasických, t.j. bez podpory informačných a komunikačných technológií.

V experimentálnych triedach absolvovali študenti takisto trinásť prednášok a trinásť cvičení, pričom došlo k niekoľkým výrazným zmenám v organizácii vyučovania. **V prípade praktických cvičení** došlo k podstatnej zmene tým, že niektoré klasické laboratórne merania boli nahradené počítačom podporovanými laboratórnymi meraniami. Používaním dostupným počítačom podporovaných metód (napr. matematické modelovanie, Fourierova analýza, atď.) sa podstatne zmenil aj spôsob spracovania nameraných údajov [11, 12]. Zvyšnú časť vytvoreného časového priestoru sme na každom laboratórnom meraní so študentmi venovali videoexperimentom, ktoré obsahovali rôzne fyzikálne javy súvisiace s odprednášanou tematikou v danom období. **V prípade teoretických cvičení** došlo k zmene po obsahovej stránke. Kým v kontrolných triedach boli počítané kvantitatívne príklady z fyziky, v experimentálnych triedach sme sa zamerali popri kvantitatívnych úlohách najmä na kvalitatívne úlohy. Pri každej kvalitatívnej úlohe bol vykonaný rozbor, pričom pri úlohách bola snaha zamerať sa najmä na fyzikálnu podstatu veci. Pri náročnejších kvalitatívnych úlohách sme opäť využili videoexperimenty k jednotlivým kvantitatívnym úlohám, čo študentom výrazne pomáhalo pri riešení fyzikálnych problémov. Zároveň boli na týchto cvičeniach vykonávané demonštračné a študentské experimenty. Pri všetkých experimentoch, ktoré boli realizované v experimentálnych triedach, dostali študenti k dispozícii študentské pracovné listy a pedagógovia mali k dispozícii metodické listy pre pedagógov. Prednášky mali kontrolné

aj experimentálne skupiny rovnaké v rámci jednotlivých fakúlt.

2.1 Vyhodnotenie vstupných testov

Na zisťovanie vedomostí žiakov experimentálnych a kontrolných tried pred začatím experimentovania sme použili pretest, konkrétne **neštandardizovaný didaktický test** (rovnaký vo všetkých skupinách), ktorým bola testovaná úroveň zapamätania, pochopenia daného učiva a schopnosť riešiť príklady zo stredoškolskej fyziky [13, 14]. Didaktický test bol vytvorený pre dve skupiny A a B, testy boli obsahovo rovnaké, líšili sa len poradím úloh. Test žiaci vykonali v prvom týždni semestra, pričom test obsahoval 30 úloh a časová dĺžka vypracovania testu bola 35 minút.

Čo sa týka **validity** testu, náš test bol neštandardizovaný a na posúdenie jeho obsahovej validity sme použili **index obtiažnosti (p_i)**. Spôľahlivosť didaktického testu okrem validity posudzujeme aj na základe jeho **reliability (r)**. V našej práci sme na výpočet reliability r použili tzv. **Cronbachovu metódu**. Okrem toho sme určili **veľkosť smerodajnej chyby merania s_e** a **smerodajnú chybu priemeru s_x** . Charakteristiky jednotlivých skupín uvádzame v Tab. 1. Za každú úlohu v teste bol jeden bod, celkové dosiahnuteľné bodové hodnotenie bolo teda 30 bodov. **Charakteristiky pretestu pre jednotlivé skupiny uvádzame v tabuľke 1.**

Tab. 1: Charakteristiky jednotlivých vstupných didaktických testov

	DFLE	DFLK
Počet študentov riešiacich test	74	74
Priemerné skóre (\bar{x})	6,26	6,52
Smerodajná odchýlka (s)	3,02	3,77
Index obtiažnosti (p_i)	0,21	0,20
Koeficient reliability (r)	0,51	0,70
Smerodajná chyba merania (s_e)	1,48	2,06
Smerodajná chyba priemeru (s_x)	0,35	0,44

Použili sme **zložené skórovanie**, a to najmä pri úlohách zameraných na nešpecifický transfer. Namiesto priemerného skóre sme určovali **vážené skóre testu**. Pri kategorizácii jednotlivých úloh sme vychádzali z taxonómie B. Niemierka: **zapamätanie, porozumenie, špecifický transfer a nešpecifický transfer** [13]. Na základe tejto klasifikácie sme jednotlivým úlohám pridelili váhu významu. Nakoľko sme použili zložené skórovanie, bolo nevyhnutné tento rôzny počet bodov dostať na jednu úroveň – zrovnocniť ich, čo sme urobili tak, že pre každú úlohu DT sme vypočítali **relatívnu percentuálnu úspešnosť riešenia**

$$p_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{x_{\max,j}} 100\%$$

kde

$p_{i,j}$ je percentuálna (relatívna úspešnosť) riešenia j – tej úlohy DT i – tým študentom

$x_{i,j}$ je počet bodov, ktoré získal i – ty študent za j – tú úlohu

$x_{\max,j}$ je maximálne dosiahnuteľný počet bodov za j – tu úlohu DT.

Vážené skóre testu i - teho študenta sme vypočítali:

$$p_i^v = \frac{\sum x_{i,j} \cdot v_j}{\sum v_j},$$

kde v_j predstavuje váhu významu j - tej úlohy didaktického testu. Okrem toho sme v prípade každej skupiny určili základné štatistické charakteristiky – **smerodajnú odchýlku, variačné rozpätie a variačný koeficient**.

Na DF sa v letnom semestri študijného roka 2009/2010 výskumu zúčastnili dve kontrolné skupiny (spolu 74 študentov) a dve experimentálne skupiny (spolu 74 študentov). Na zisťovanie vedomostí študentov experimentálnych a kontrolných tried sme pred začiatkom experimentovania opäť použili vstupný didaktický test. Charakteristiky didaktického testu DFZ 2009/2010 sú uvedené v Tab. 2.

Tab. 2: Štatistické charakteristiky vstupného didaktického testu

	DFLE	DFLK
Počet žiakov riešiacich test	74	74
Relatívne skóre (p^v priemer)	18,75	19,72
Medián (p)	17,65	16,18
Smerodajná odchýlka (s)	10,36	12,93
Variačné rozpätie	63,91	58,82
Variačný koeficient	55,26	65,60

2.2 Vyhodnotenie výstupných testov

Charakteristiky jednotlivých skupín výstupného didaktického testu uvádzame v Tab. 3. Vo všetkých skupinách žiaci absolvovali ten istý didaktický test, ktorý obsahoval 30 úloh. Maximálny počet bodov bol 30.

Tab. 3: Charakteristiky jednotlivých výstupných didaktických testov pre kontrolné a experimentálne skupiny

	DFLE	DFLK
Počet študentov riešiacich test	74	74
Priemerné skóre (\bar{x})	19,09	15,7
Smerodajná odchýlka (s)	7,14	5,71
Index obtiažnosti (p_i)	0,63	0,48
Koeficient reliability (r)	0,90	0,81
Smerodajná chyba merania (s_e)	2,26	2,49
Smerodajná chyba priemeru (s_x)	0,84	0,67

Jednotlivé štatistické charakteristiky didaktického testu sme použili rovnaké ako pri vstupnom teste. V úvode testu vo všetkých skupinách bola stanovená **nulová hypotéza**

$H_0: \bar{p}_1(KT) = \bar{p}_2(ET)$, pričom hladinu významnosti sme zvolili $\alpha = 0,05$. V prípade zamietnutia nulovej hypotézy bola prijatá **alternatívna hypotéza**

$H_1: \bar{p}_1(KT) \neq \bar{p}_2(ET)$, resp. $H_1: \bar{p}_1(KT) < \bar{p}_2(ET)$. Keďže sme predpokladali, že v experimentálnych triedach

dosiahnu študenti vyššiu vedomostnú úroveň z fyziky, formulovali sme otázku ako jednostranný test. Pri tomto predpoklade sme vychádzali z pilotného prieskumu, ktorý sme uskutočnili v roku 2008/2009, rovnako aj po konzultáciách s vyučujúcimi na jednotlivých fakultách.

Na overenie vyslovených hypotéz sme zvolili **test rozdielu aritmetických priemerov**. Vychádzali sme z t -rozdelenia, kde t vypočítame podľa vzťahu

$$t = \frac{\bar{p}_1 - \bar{p}_2}{s_v} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

Vypočítanú hodnotu t porovnáваме s kritickou hodnotou $t_{\alpha, f}$. Vo vzťahu pre testovaciu veličinu t vystupuje s_v , čo je **vážený priemer oboch smerodajných odchýliek** (s_1 pre experimentálnu skupinu a s_2 pre kontrolnú skupinu) a vypočítame ho zo vzťahu:

$$s_v = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

kde n_1 a n_2 sú počty študentov v experimentálnej a v kontrolnej skupine a v menovateli je výraz, ktorý označujeme ako f a nazývame **stupeň voľnosti** $f = n_1 + n_2 - 2$.

Charakteristiky didaktického testu sú uvedené v Tab.4.

Tab. 4: Štatistické charakteristiky výstupného didaktického testu

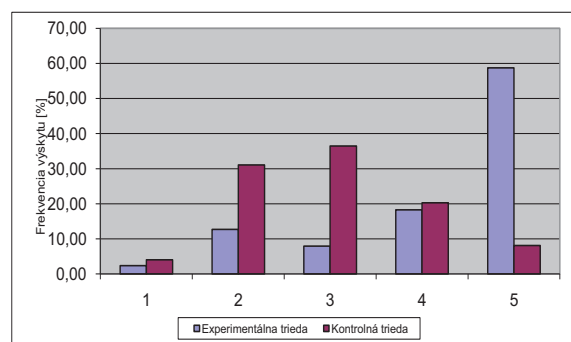
	DFLE	DFLK
Počet študentov riešiacich test	74	74
Relatívne skóre (p^v priemer)	61,86%	49,88%
Medián (p)	66,44%	47,26%
Smerodajná odchýlka (s)	23,33%	19,11%
Variačné rozpätie	84,93%	83,56%
Variačný koeficient	37,71%	38,32%
Vážený priemer smer. odchýliek (s_v)	21,32	
Testovacia veličina (t)	3,42	
Kritická hodnota ($t_{0,05,146}$)	1,97	

Na základe kritéria $|t| > t_{0,05;113}$ môžeme nulovú hypotézu H_0 zamietnuť a prijať alternatívnu hypotézu H_1 : **Priemerné skóre študentov experimentálnej skupiny DFLE je vyššie ako priemerné skóre študentov kontrolnej skupiny DFLK.**

Na lepšie zobrazenie rozloženia dosiahnutých výsledkov u študentov použijeme frekvenčnú tabuľku Tab. 5. a na základe tejto tabuľky zostrojený Graf 1. Čo sa týka hraničných hodnôt vo frekvenčnej tabuľke, opäť sme ako minimálnu hodnotu použili najnižšie dosiahnuté skóre v oboch skupinách (DFLE, DFLK), najvyššia hodnota vo frekvenčnej tabuľke bolo najvyššie dosiahnuté skóre v teste v oboch skupinách.

Tab. 5: Frekvenčná tabuľka pre výstupný didaktický test – DFL

	Skóre [%]	DFLE [%]	DFLK [%]
1.	0,0-20,0	2,38	4,05
2.	20,1-40,0	12,70	31,08
3.	40,1-60,0	7,94	36,49
4.	60,1-80,0	18,25	20,27
5.	80,1-100,0	58,73	8,11



Graf 1: Výsledky výstupného didaktického testu v kontrolnej a experimentálnej triede (Příklad: skóre 80 -100% dosiahlo 58,73 % študentov experimentálnej skupiny a 8,11% študentov kontrolnej skupiny).

Na základe frekvenčnej tabuľky a k nej zodpovedajúcemu grafu môžeme konštatovať, že relatívne vážené skóre v experimentálnej skupine (DFLE) je vyššie ako v kontrolnej skupine (DFLK). Posun krivky, ktorá charakterizuje rozloženie výkonu študentov v experimentálnych skupinách v porovnaní s krivkou, ktorá charakterizuje rozloženie výkonu v kontrolných skupinách nastal k vyšším hodnotám dosiahnutého skóre, čím sa potvrdzuje

alternatívna hypotéza. Z toho môžeme konštatovať, že dôraz kladený na experimentálnu činnosť študentov a kvalitatívne úlohy vo vyučovacom procese z fyziky mal pozitívny vplyv na vedomostnú úroveň u študentov experimentálnych tried. Vplyv rozdielnej vedomostnej úrovne z fyziky u študentov kontrolných a experimentálnych tried pred testovaním bol minimálny, čo sme ukázali v predchádzajúcej kapitole.

3 Záver

Pokúsime sa zhrnúť výsledky získané počas pedagogického experimentu (pri vyhodnocovaní didaktických testov i dotazníkov) do niekoľkých bodov:

1. Ukázalo sa, že použitie nových študijných materiálov spolu s väčším dôrazom kladeným na využívanie problémových úloh a experimentálnych aktivít pomohlo k zvýšeniu vedomostnej úrovne študentov z fyziky. Týmto sa potvrdila hypotéza H_1 . Toto tvrdenie opierame o výsledky pedagogického experimentu. Po absolvovaní predmetu Fyzika boli študenti experimentálnych i kontrolných tried podrobení neštandardizovanému didaktickému testu. Z výsledkov tohto testu vyplýva, že priemerné výsledky študentov v experimentálnych skupinách boli výrazne lepšie ako u žiakov v kontrolných skupinách.
2. Implementácia kvalitatívnych úloh vo vyučovaní fyziky prispieva k uplatňovaniu základných didaktických zásad, napr. zvyšuje sa názornosť prebraného učiva (zásada názornosti), žiaci sú nútení aktívnejšie sa podieľať na vyučovacom procese (zásada aktivity). Návyky, skúsenosti a zručnosti získané pri riešení kvalitatívnych úloh budú môcť študenti (aj tí, ktorí sa nebudú fyzikou bližšie zaoberať) využiť aj v ďalšom štúdiu na vysokej škole.
3. Z pozorovania vyplýva, že študenti sú pri kvalitatívnych úlohách, najmä tých, ktoré sú úzko spojené s praxou a každodenným životom, pozornejší a aktívnejší. Do ich riešenia sa zapájajú aj študenti, ktorí nemajú o fyziku veľký záujem a majú z nej horšie výsledky.
4. Využitie experimentov vo vyučovaní zvyšuje názornosť prebraného učiva, zvyšuje pozornosť študentov, núti ich samostatne pracovať a myslieť a pomáha poukazovať na prepojenie fyzikálnej

teórie s každodenným životom v prírode technike i spoločnosti.

Niektoré experimenty boli vykonané reálne, niektoré boli použité ako video experimenty. Študenti boli aktívne zapájaní vo všetkých fázach experimentovania a pri video experimentoch učiteľ vhodne zastavoval projekciu, dopĺňal vlastným komentárom, prípadne diskutoval so študentmi.

4 Literatúra

- [1] Konceptia rozvoja výchovy a vzdelávania v Slovenskej republike na najbližších 15 – 20 rokov (projekt „MILÉNIUM“) [online]. Dostupné na internete: <http://www.education.gov.sk>.
- [2] HOLEC, S. Posilnenie experimentálnej bázy výučby prírodovedných predmetov. In: *Vybrané problémy z didaktiky prírodovedných predmetov*. Banská Bystrica: Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Projekt Tempus 09272-95, 1999, s. 5 – 36. ISBN 80-8055-151-0.
- [3] STEBILA, J. New forms of natural sciences education in the context of lower secondary education in the slovak republik. In: Communications. Scientific letters of the university of Zilina. ISSN 1335-4205 (print)
- [4] Hockicko, P. Nontraditonal approach to studying science and technology. In: Communications. Scientific letters of the university of Zilina. ISSN 1335-4205 (print)
- [5] Štátny vzdelávací program pre gymnáziá. Bratislava, 2008. [online]. Dostupné na internete: http://www.statpedu.sk/buxus/generate_page.php?page_id=1221
- [6] DANIHELOVÁ, A. Fyzika a jej miesto v nových študijných programoch na Technickej univerzite vo Zvolene. In *Transformácia starých študijných odborov na nové princípy trojstupňového vysokoškolského vzdelávania: Medzinárodné sympóziu, Starý Smokovec-Tatry*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2006, s. 17 – 21. ISBN 80-228-1675-2
- [7] DANIHELOVÁ, A. Acoustics in Education and Research at the Faculty of Wood Sciences and Technology TU in Zvolen. In.: Proceedings of the 4th International Conference on Physics

- [8] Teaching in Engineering Education PTEE 2005, Brno, 2005, s. 5 – 4, ISBN 80-903063-6-5
- [9] NĚMEC, M. Vplyv kvalitatívnych úloh z akustiky na vedomosti študentov - 1/0841/08. In: *Záujmová činnosť žiakov - stav, problémy, trendy [elektronický zdroj] : medzinárodná vedecko-odborná konferencia : 27.11.-28.11.2008*, Prešov : Katedra fyziky, FHPV PU v Prešove, 2009. s. 4, ISBN 978-80-8068-961-2.
- [10] NĚMEC, M. Modern methods applied in teaching physics. In: Communications. Scientific letters of the university of Zilina. ISSN 1335-4205 (print)
- [11] ČULÍK, M. Pythagorov monochord a štúdium kvality výsledného zvuku. In Material - Acoustics - Place : Proceedings of the 3rd International Symposium Material - Acoustics - Place 2007 [CD Rom]. Zvolen : Technická Univerzita, 2007, p. 7-12. ISBN 978-80-228-1781-3
- [12] HRUŠKA, M. Integrated approach through computer-based experiments in science education. In: Information and communication technology in education. Ostrava, 2009. ISBN 978-80-7368-459-4 (print).
- [13] PFEFFEROVÁ, M. *The Use of Computer based Experiments in Physics Education*. In: Acta Didactica 6, Nitra: FPV, 2003.
- [14] TUREK, I. Didaktické testy. Kapitoly z didaktiky. Bratislava: MC 1995, s. 88. ISBN 80-88796-99-7
- [15] Cieľové požiadavky na vedomosti a zručnosti maturantov z fyziky – úroveň A, [online], Bratislava: ŠPÚ, 2004. Dostupné na internete: http://www.statpedu.sk/buxus/docs/Maturita/Cielove_poziadavky/CP_FYZIKA_A.pdf

PaedDr. Ľuboš Krišťák, PhD.

Mgr. Miroslav Němec, PhD.

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky

Drevárska fakulta, Technická univerzita Zvolen

T.G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Tel: +521455206836

E-mail: kristak@vsl.d.tuzvo.sk

mnemec@acoustics.sk