**Využitie videoanalýzy reálnych dejov vo výučbe fyziky**

**Peter Hockicko**

Katedra fyziky, Elektrotechnická fakulta, Žilinská Univerzita

***Abstrakt****: Videoanalýza fyzikálnych dejov pomáha vyučujúcim prezentovať aj tie deje, ktoré v rámci edukačného procesu nie je vždy možné priamo demonštrovať. Na druhej strane napomáha študentom rozvíjať ich predstavivosť a zručnosti. V príspevku sú prezentované deje a videoanalýzy, ktoré je možné vo výuke použiť pre lepšie a názornejšie vysvetlenie fyzikálnych zákonov. Testy kontroly vedomostí u experimentálnej a kontrolnej skupiny ukázali štatisticky významný nárast vedomostí pri skupine, ktorá využívala videoanalýzu vo vyučovacom procese v porovnaní s kontrolnou skupinou, ktorá využívala štandardné metódy riešenia fyzikálnych úloh.*

**Kľúčové slová**: videoanalýza, rozvoj kľúčových kompetencií, IKT, program Tracker

**Úvod**

Jedna z možností, ako možno motivovať a aktivizovať študentov na technických vysokých školách k štúdiu fyziky a aplikovaniu poznatkov získaných pri štúdiu je využitie videoklipu a jeho následná analýza v programe napr. Coach, prípadne Tracker. Určovaním kvantitatívnych údajov o prebiehajúcom deji využitím matematickej analýzy je možné dopracovať sa k hľadaným fyzikálnym parametrom. Využitím videoanalýzy vo vyučovacom procese možno riešiť problémové úlohy s dobre definovaným problémom (DDP) na vyšších úrovniach podľa Bloomovej taxonómie poznávacích cieľov – na úrovni analýza, syntéza alebo hodnotenie [1]. Využívaním multimédií vo výučbe možno docieliť lepšie pochopenie, zapamätanie si, špecifický transfer a aktivitu žiakov už v primárnom vzdelávaní [2].

**Videoanalýza v programe Tracker**

Program Tracker [3] je voľne prístupný pre všetkých, okrem toho, že ho môžu využívať pedagógovia v škole, môžu ho využívať aj študenti v domácej príprave. Jeho ovládanie je nenáročné, zo skúseností možno povedať, že po krátkej hodinovej inštruktáži zvládnu študenti základné operácie a sú schopní urobiť jednoduché analýzy. Program ponúka analýzu časových závislosti polohy, rýchlosti, zrýchlenia, hybnosti a ďalších veličín (program má ich preddefinovaných 22) pričom je taktiež možné zadefinovať aj iné parametre (ako napr. silu, potenciálnu energiu a pod.) [4]. Pomocou funkcií *slope* a *area* je možné študentom ukázať grafický význam pojmov derivácia a integrál a vzájomné súvislosti niektorých fyzikálnych veličín, program taktiež ponúka možnosť modelovať priebeh daného deja za pomoci analytického modelu (zadanie rovníc pre výchylku v smere osi *x* a *y*) a dynamického modelu (zadanie rovníc pre silu *Fx*, *Fy*) [5].

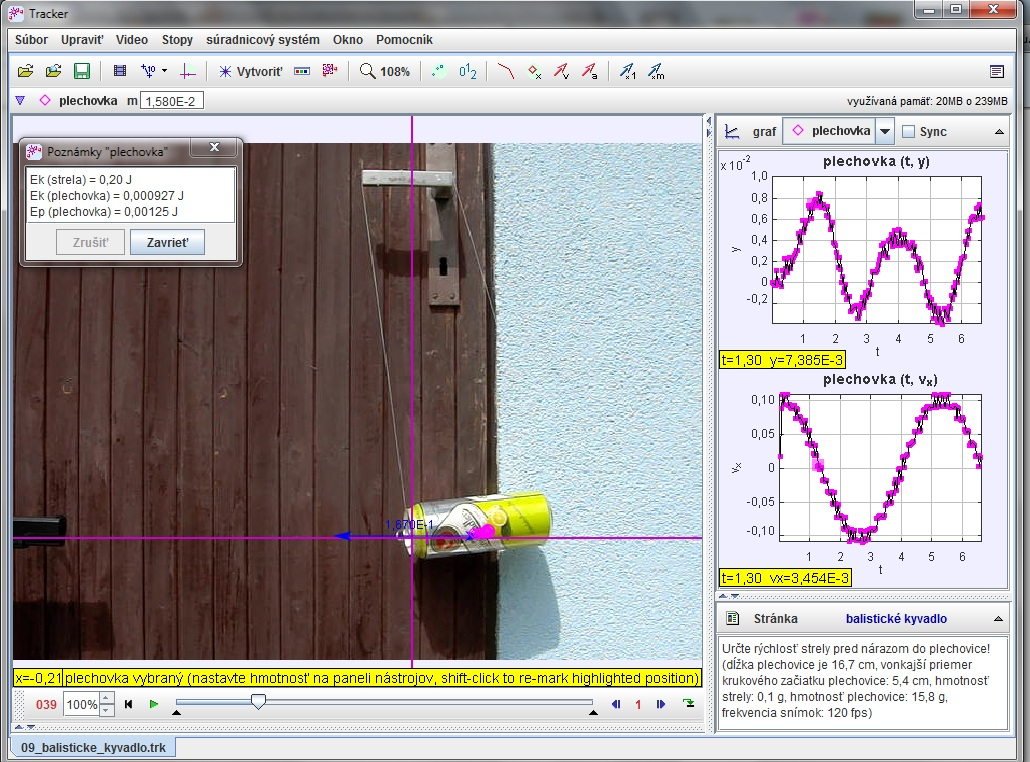
Videoanalýzou v programe Tracker možno u študentov rozvíjať ich kompetencie, naučiť ich pracovať s grafmi, analyzovať grafy, určovať hľadané fyzikálne parametre, aplikovať vzťahy medzi fyzikálnymi veličinami, porozumieť a osvojiť si pojmy derivácia a integrál, popisovať ľubovoľné deje pomocou matematických funkcií.

**Videoanalýza vo vyučovacom procese**

V rámci riešenia projektu KEGA č. 075-008ŽU-4/2010 sme vytvorili interaktívne DVD a webovú stránku [6], ktorá ponúka sadu videí vhodných pre fyzikálne analýzy. Jednou z úloh, ktorá robí študentom problémy, je úloha „balistické kyvadlo“: Do akej výšky sa vychýli balistické kyvadlo hmotnosti 10 kg, keď v ňom uviazne strela hmotnosti 100 g letiaca rýchlosťou 200 m/s? [7] (Ešte zaujímavejšie je príklad riešiť tak, že zadáme, do akej výšky sa kyvadlo vychýli (napr. 0,2m) a pýtame sa na počiatočnú rýchlosť, akou strela letí.)

Pri riešení daného príkladu je možné využiť didaktickú metódu riešenia úloh, a to metódu pokus-omyl. (Zvyčajne pri riešení takto zadaného príkladu, kedy sa pýtam na rýchlosť strely a je zadaná výška, do akej sa kyvadlo vychýli, sú prvé odpovede študentov: v = 2 m/s, 20 m/s, prípadne 0,2m/s.)

Pre lepšie pochopenie a analýzu daného deja je možné použiť video, ktoré je k dispozícii na webe [6].

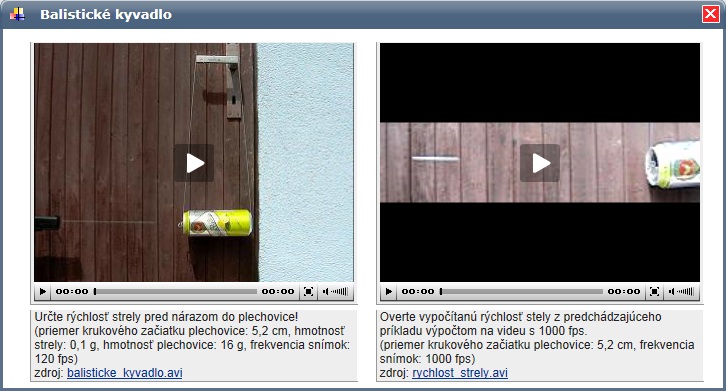


Obr. 1: Analýza pohybu plechovice po náraze strely vystrelenej z guľôčkovej pištole

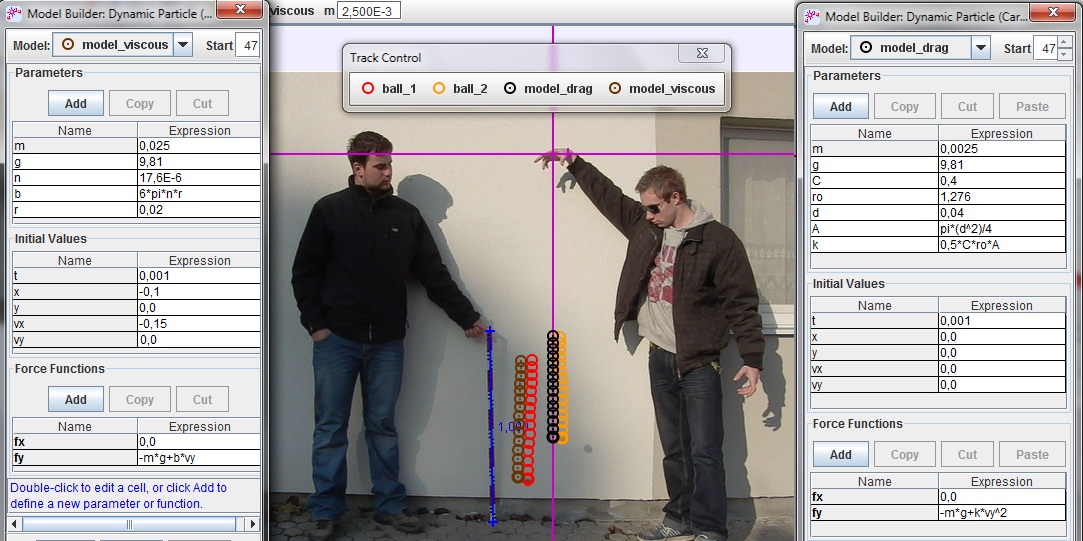
Vzhľadom k tomu, že daný dej je natoľko rýchly, že nie je možné zaznamenať polohu vystrelenej strely (video má 120 fps a vystrelenú guľôčku je možné zaznamenať len počas jedného záberu), je potrebné určovať rýchlosť strely z analýzy pohybu plechovice po náraze. Zvolením vhodných časových závislosti je možné určiť maximálnu výšku, do ktorej sa plechovica dostane a rýchlosť plechovice tesne po zrážke. Využitím vzťahov pre zákon zachovania mechanickej (ZZME) a celkovej energie sa študenti dopracujú k počiatočnej rýchlosti strely. Či však ZZME aplikovali správne, o tom sa môžu presvedčiť analýzou ďalšieho videa (obrázku), ktoré bolo zosnímané rýchlosťou 1000 fps (obr. 2).

Vzhľadom k tomu, že daný záber trval *t = 1/1000 s*, z odhadu prejdenej dráhy guľôčky (biely pás) je možné vypočítať rýchlosť strely pred zrážkou a overiť tak, či predchádzajúci výsledok a analýza boli správne.

V prípade, že sa vypočítané rýchlosti líšia o jeden až dva rády, je potrebné so študentami prediskutovať, kedy je možné použiť ZZME a kedy ho zase použiť nemôžeme, premenu mechanickej energie na iné formy energie, problém trecích a odporových síl. Následnými korekciami úvah sa dá dopracovať k dobrej zhode výsledkov z oboch videí (obr. 2).

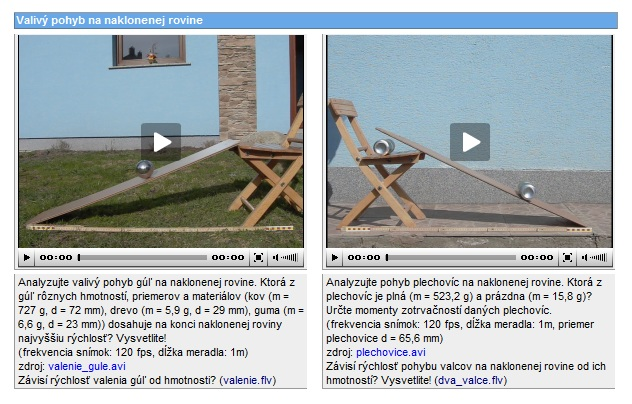
Obr. 2: Zadania úloh k videoanalýze dejov [6]

Ďalším zaujímavým problémom, ktorý možno podrobiť videoanalýze je pád voľne pustených loptičiek. Budú približne rovnako veľké loptičky padať vždy rovnako? Odpoveď na túto otázku dá analýza jedného z videí.

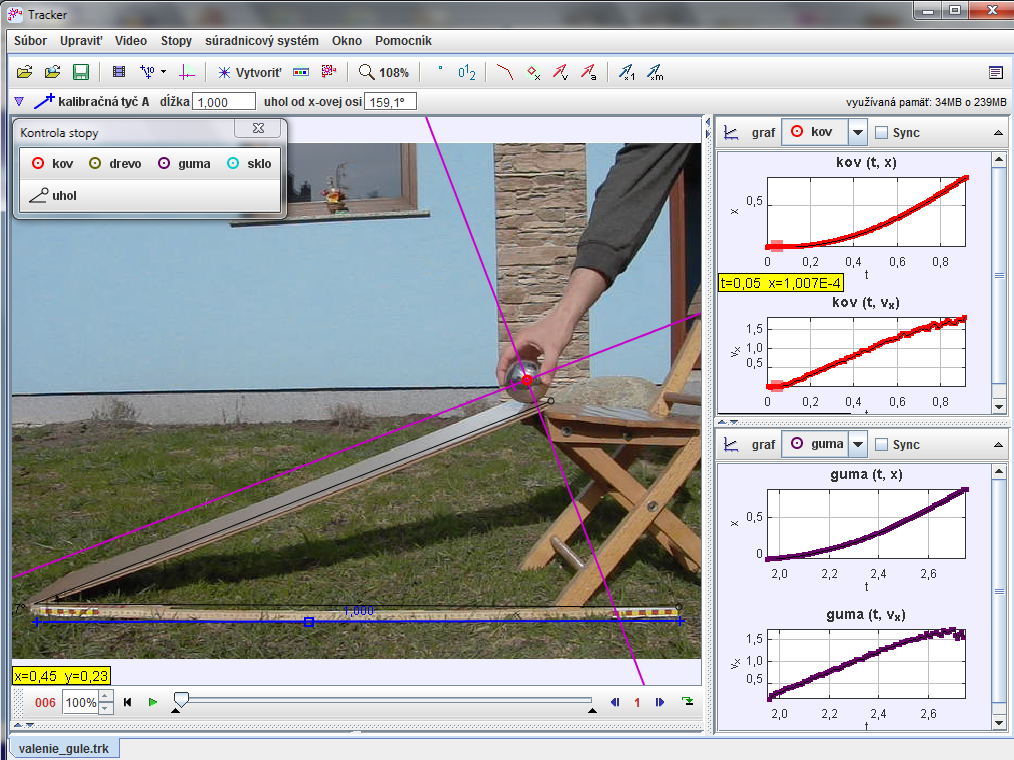


Obr. 3: Analýza pádu približne rovnako veľkých guľôčok avšak nerovnakých hmotností

Na obr. 3 je znázornený voľný pád súčasne pustených loptičiek (gumená (ball\_1) a pingpongová (ball\_2)), záznam ich polohy (posledných 15 polôh) a modelovanie polôh loptičiek využitím dynamického modelu s rôzne zadefinovanými odporovými silami (viskózny model s využitím *Stokesovho vzorca* pre modelovanie pohybu gumenej loptičky a odporový (drag) model využívajúci odporovú *aerodynamickú silu* pre modelovanie pohybu pingpongovej loptičky). (Počiatočné parametre *x* a *vx* pri viskóznom modeli sú nastavené pre lepšie znázornenie a porovnanie s pohybom gumenej guľôčky.) Zmenou parametrov vo vzťahoch pre odporové sily je možné skúmať, ako jednotlivé parametre vplývajú na výsledný pohyb guľôčok.



Obr. 4: Videopríklady zamerané na analýzu valivého pohybu na naklonenej rovine [8]



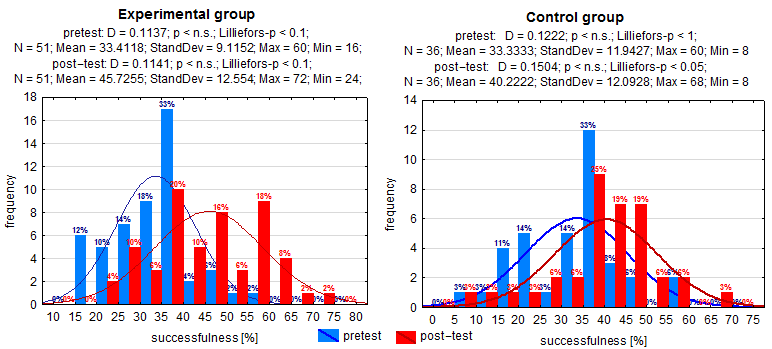
Obr. 5: Analýza valivého pohybu pre kovovú a gumenú loptu

Využitím videoanalýz možno formovať predstavy študentov, ktoré nie vždy sú správne. V úvode riešenia úloh znázornených na obr. 4 študenti odhadovali, ktorá z plných gúľ rôznych hmotností a polomerov bude mať na konci naklonenej roviny najvyššiu rýchlosť (prípadne, ktorá z gúľ sa bude pohybovať maximálnym zrýchlením). Z 34 študentov študujúcich na Stavebnej fakulte ŽU boli odhady nasledovné: 20 študentov (59%) odhadovalo, že najrýchlejšie sa bude pohybovať kovová guľa, 2 študenti (6%) predpokladali drevenú guľu, 1 študent (3%) uvažoval o gumenej guli, 8 študentov (24%) považovalo sklenú guľu za najrýchlejšiu, 3 študenti (8%) predpokladali, že všetky gule sa budú na konci naklonenej roviny pohybovať rovnako. Na tú istú otázku mali možnosť odpovedať aj študenti gymnázia (11), 8 (73%) predpokladalo, že najrýchlejšie zíde naklonenou rovinou drevená guľa, 3 (27%) predpokladali, že to bude gumená guľa.

Následná analýza v programe Tracker poukázala na to, že počiatočné odhady väčšiny študentov neboli správne a rýchlosti plných gúľ na konci naklonenej roviny budú takmer rovnaké, pričom zrýchlenia nezávisia od hmotností a polomerov daných gúľ [9].

**Analýza pretestov a post-testov**

Je možné využitím videoanalýzy dosiahnuť štatisticky významné zlepšenie v zručnostiach a vedomostiach študentov? Pre zodpovedanie tejto otázky bol použitý štandardizovaný vstupný a výstupný test [10], z ktorého bolo pre účely testovania vybraných 26 otázok týkajúcich sa obsahu preberaného učiva v rámci predmetu Fyzika na Stavebnej fakulte ŽU. Testovania sa zúčastnilo dohromady 5 skupín (3 skupiny tvorili experimentálnu skupinu (51 študentov) pracujúcich s využívaním videoanalýz, 2 skupiny (36 študentov), ktorí riešili úlohy štandardným spôsobom, tvorili kontrolnú skupinu.) Získané výsledky pretestov a post-testov pre experimentálnu a kontrolnú skupinu sú znázornené na obr. 6.



Obr.6: Porovnanie výsledkov pretestov a post-testov pre experimentálnu a kontrolnú skupinu

Sú dané výsledky štatisticky významné? Pre zodpovedanie danej otázky sme si stanovili počiatočnú hypotézu: H0: priemerná úspešnosť experimentálnej a kontrolnej skupiny je rovnaká: H0: μ1 = μ2 (verzus H1:μ1 ≠ μ2) (pričom rozdiel stredných hodnôt μ1 - μ2 dvoch normálnych rozdelení N(μ1, σ12) a N(μ2, σ22) post-testov pre experimentálnu a kontrolnú skupinu považujeme za rovnaký).

Na overenie vyslovených hypotéz bol použitý *test rozdielu aritmetických priemerov,*pričomsme testovali na hladine významnosti α = 5% a predpokladali sme, že rozdiel stredných hodnôt μ1 - μ2 dvoch normálnych rozdelení N(μ1, σ12) a N(μ2, σ22) padne do 100⋅(1−α) % obojstranného intervalu spoľahlivosti.

Na začiatku testovania bola zisťovaná zhoda medzi testovaným výberom a teoretickým rozdelením s predpokladom normálneho (Gauss) rozdelenia využitím jednovýberového neparametrického Kolmogorov-Smirnovho (K-S) testu, ktorá potvrdila normálnosť oboch rozdelení (kritické hodnoty pre K-S test normality na hladine významnosti α = 5% sú: Dmax,α(n1 = 51) = 0.187, Dmax,α (n2 = 36) = 0.221, hodnoty určené pre obe rozdelenia využitím programu Statistica [11] boli menšie D < Dmax,α (obr. 6). Skôr, ako bolo možné začať testovanie hypotézy H0: μ1 = μ2, bolo potrebné použiť *F-test* (*Fisher-Snedecor test*) rovnosti rozptylov dvoch normálnych populácií (H0: σ12 = σ22 verzus H1: σ12 ≠ σ22). Po stanovení rovnosti (prípadne nerovnosti) rozptylov bol pre testovanie hypotézy H0:μ1 = μ2 použitý dvojparametrický *Studentov t-test* pre nerovnaké veľkosti skupín s rovnakými (prípadne rôznymi) rozptylmi [12]. Nasledujúca tabuľka získaná programom Excel ponúkla výsledné hodnoty:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Variable 1* | *Variable 2* |
| *Mean* | *45.7254902* | *40.22222222* |
| *Variance* | *157.6031373* | *146.2349206* |
| *Observations* | *51* | *36* |
| *df* | *50* | *35* |
| *F* | *1.077739411* | |
| *F Critical two-tail (F < F1-α/2(50,35)* or *Fα/2(50,35) < F)* | *(0.547429569, 1.890229034)* | |
| *Pooled Variance* | *152.9221069* | |
| *Hypothesized Mean Difference* | *0.05* | |
| *df* | *85* | |
| *t Stat* | *2.025808622* | |
| *P(T<=t) one-tail* | *0.022960445* | |
| *t Critical one-tail (t* *> t1-α(85))* | *1.6629785* | |
| *P(T<=t) two-tail* | *0.045920889* | |
| *t Critical two-tail (*|*t* | *> t1-α/2(85))* | *1.988267907* | |

Tab.1: *F-Test*: dvojparametrický pre rozptyly a *t-Test*: dvojparametrický   
s predpokladom rovností rozptylov

Keďže vypočítaný parameter *F* spĺňa podmienku: *Fcritical1-α/2* < *F < Fcriticalα/2*, predpokladaná hypotéza rovnosti rozptylov H0: σ12 = σ22 bola potvrdená.

Keďže vypočítaný parameter *t > tcritical(two-tail)* pre obojstranný interval spoľahlivosti, hypotéza H0: μ1 = μ2 bola zamietnutá a bola teda potvrdená hypotéza H1:μ1 ≠ μ2.

Na základe toho sme zvolili novú hypotézu: H0:μ1 > μ2 (pre 100⋅(1-α) % ľavostranný interval spoľahlivosti pre rozdiel μ1 - μ2. Keďže *t ∈ < tcritical(one-tail)*,∞ ), hypotéza H0:μ1 > μ2 bola potvrdená. Štatistické testovanie využitím *t-testu* potvrdilo štatisticky významný rozdiel vo vedomostiach experimentálnej a kontrolnej skupiny.

**Záver**

Analýza videosekvencií zobrazujúcich reálne deje napomáha študentom rozvíjať ich manuálne zručnosti a intelektuálne spôsobilosti, schopnosť pozorovať, analyzovať, hodnotiť a v neposlednom rade aj logicky uvažovať. Samostatná aktivita študentov napomáha rozvoju ich kľúčových kompetencií, t.j. prírodovednej, matematickej a informačnej gramotnosti, riešeniu problémov, kritickému a tvorivému mysleniu prostredníctvom moderných informačno-komunikačných technológií (IKT). Bol potvrdený štatisticky významný rozdiel v získaných vedomostiach študentov, ktorí využívali videoanalýzu a tými, ktorí využívali štandardné metódy riešenia príkladov.

**Poďakovanie**

Táto práca bola podporovaná Slovenskou grantovou agentúrou KEGA na základe zmluvy č. 002KU-4/2011 a 035ŽU-4/2012.

**Literatúra**

[1] HOCKICKO, P. 2010. *Nontraditional Approach to Studying Science and Technology*, In: Communications, Volume 12, No. 3, 66-71. ISSN 1335-4205

Dostupné na <<http://www.uniza.sk/komunikacie/archiv/2010/3/3_2010en.pdf>>

[2] STEBILA, J. 2011.*Research and Prediction of the Application of Multimedia Teaching Aid in Teaching Technical Education on the 2nd Level of Primary Schools*, In: *Informatics in Education*, Vol. 10, No. 1, 105 – 122. ISSN 1648-5831, dostupné na: <<http://www.mii.lt/informatics_in_education/pdf/INFE182.pdf>>

[3] program Tracker – dostupný na< <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker>>

[4] HOCKICKO, P. 2011. *Rozvoj manuálnych zručností a intelektuálnych spôsobilostí študentov použitím videoanalýzy pohybov*. Zborník príspevkov z konferencie Tvorivý učiteľ fyziky IV Národný festival fyziky 2011, Kongresové centrum SAV Smolenice, vydala Slovenská fyzikálna spoločnosť, Bratislava, 85-91, ISBN 978-80-970625-3-8

[5] HOCKICKO, P. 2011. *Forming of Physical Knowledge in Engineering Education with the Aim to Make Physics More Attractive*. Proceedings of international conference Physics Teaching in Engineering Education PTEE 2011, Mannheim, Germany, ISBN 978-3-931569-18-1.

[6] HOCKICKO, P. – KÚDELČÍK, J. – JAMNICKÝ, I. 2011. *Základy fyziky – elektronický materiál k videoanalýze fyzikálnych dejov*. Žilina: Žilinská univerzita, ISBN 978-80-554-0431-8

dostupné na: <[http:/fyzika. uniza.sk/sk/zaklady](http://www.mii.lt/informatics_in_education/pdf/INFE182.pdf)>

[7] HAJKO, V. a kol. 1988. *Fyzika v príkladoch*. Bratislava, ALFA 1988, 6. vydanie, 592 s.

[8] videopríklady <<http://hockicko.uniza.sk/Priklady/videopriklady.htm>>

[9] KÚDELČÍK, J. - HOCKICKO, P. 2011. *Základy fyziky.* Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 272 s. ISBN 978-80-554-0341-0

[10] KRIŠŤÁK, Ľ. - NĚMEC, M. 2011. *Inovácia fyzikálneho vzdelávania na technickej univerzite vo Zvolene*, Zvolen: Vydavateľstvo TU, 160 s. ISBN 978-80-228-2218-3

[11] program STATISTICA (trial version), StatSoft, Inc. (2011): <http://www.statsoft.com>

[12] MARKECHOVÁ, D. – STEHLÍKOVÁ, B. – TIRPÁKOVÁ, A. 2011. *Štatistické metódy a ich aplikácie*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 534s. ISBN 987-80-8094-807-8

**Adresa autora**

PaedDr. Peter Hockicko, PhD.

Katedra fyziky, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita

Univerzitná 8215/1

010 26 Žilina

hockicko@fyzika.uniza.sk