

AKTÍVNE POZNÁVANIE ŠTUDENTOV POMOCOU METÓDY PEER INSTRUCTION

JOZEF HANČ

Oddelenie didaktiky fyziky, Ústav fyzikálnych vied, UPJŠ v Košiciach, SR

Kvalita porozumenia základných pojmov a princípov vo fyzike študentmi je v súčasnej dobe veľmi aktuálna téma a jej nedostačujúca miera zapríčinila vznik nových metód vo výučbe. Tento príspevok pojednáva o základných poznatkoch týkajúcich sa nielen vzniku, ale aj podstaty a významu novej interaktívnej vyučovacej metódy Peer Instruction v rozvoji aktívneho poznávania na hodinách fyziky. Uvedená metóda je efektívna predovšetkým pri využití IKT (elektronické hlasovacie zariadenia pre okamžitú spätnú väzbu, MBL, fyzlety). V príspevku sú uvedené aj prvé výsledky pilotného výskumu týkajúceho sa použitia danej metódy v našich podmienkach a jej porovnania s tradičnými metódami.

1 Úvod

V polovici 80. rokov minulého storočia obleteli svet výsledky Davida Hestenesa a Ibrahima Hallouna z Arizona State University, publikované v časopise American Journal of Physics, o didaktickom výskume týkajúcom sa predstáv študentov a nesprávnych pochopení pojmov v Newtonovej dynamike, tzv. miskoncepcií [1], [2].

Ukázalo sa totiž, že tradičná výučba Newtonovej mechaniky len veľmi málo odstraňuje nesprávne študentské predstavy o príčinách ich pohybu, a ani dobrí študenti nedosahujú skutočné porozumenie základných pojmov mechaniky, pričom ich dobré známky sú výsledkom memorovania schém a postupov.

Ďalej sa ukázalo, že práve nakopenie miskoncepcií má u študenta za následok neschopnosť napredovať v štúdiu fyziky, následnú frustráciu, rezignáciu a odmietnutie tohto predmetu. Okrem identifikácie prekonceptií a miskoncepcií žiakov Hestenesa a jeho kolegovia zostavili aj jeden z najviac používaných diagnostických nástrojov, tzv. Force Concept Inventory (FCI) na ich odhalenie [3], [4]. (Slovenská verzia testu je v Hanč et al [5].)

Harvardský profesor fyziky a vedec Eric Mazur [6,7] po prečítaní článkov Hestenesa a Hallouna bol značne skeptický k výsledkom akejkoľvek didaktiky a bol na základe výsledkov svojich študentov na skúškach ubezpečený, že študenti Harvardu, ktorá je jednou z najlepších univerzít v USA, FCI test bez problémov zvládnu. Avšak študenti pohoreli na mnohých, podľa Mazurovej predstavy, triviálnych otázkach.

Týmto spôsobom Eric Mazur zistil, že tradičné prednášky alebo klasické cvičenia u mnohých vynikajúcich študentov vedú len k deklaratívnym vedomostiam a algoritmickým zručnostiam riešenia problémov, ale neznamenajú aj konceptuálne porozumenie preberanej látky, o ktorom predpokladal, že sa dostaví pri riešení veľkého množstva kvantitatívnych úloh a pri logicky jasných prednáškach.

Preto sa začiatkom 90. rokov začal výskumne zaujímať o problém, čoho výsledkom bola metóda Peer Instruction (Crouch [8], Fagen [9], Mazur [6]), ktorá je mnohými významnými didaktikmi označovaná za revolučnú zmenu prednáškovej, resp. výkladovej výučby fyziky na školách (Redish [7]). Po aplikácii tejto metódy mnoho učiteľov zaznamenalo výrazné zlepšenie študentov v porozumení fyziky (napr. oveľa lepšie výsledky v teste FCI), ale posun nastal tiež v ich postoji, resp. pohľade na predmet fyzika a to v pozitívnom smere.

2 Podstata, priebeh a výsledky metódy Peer instruction vo výučbe

V krátkosti charakterizujeme podstatné myšlienky, črty a výsledky danej metódy. Metóda obsahuje tri zložky: zahrievacie otázky (úlohy) pred prednáškou, ktorých úlohou je pripraviť študenta na výučbu a zistiť jeho prípadné problémy a neporozumenia a dať učiteľovu spätnú väzbu o tom; konceptesty počas výučby, pri ktorých si študenti overia, alebo poopravia porozumenie základných preberaných pojmov a princípov; a nakoniec konceptuálne skúškové otázky, ktoré majú za cieľ vonkajšie motivovať študenta počas výučby, t.j. študent musí vidieť, že konceptesty preberané počas prednášok budú zakomponované do skúšky, takže sa oplatí byť aktívny počas výučby.

Organizačná forma:	Prednáška
Prítomní:	1 prednášateľ, 20-300 študentov
Počítače:	Žiadne; vhodný je počítač pre učiteľa napojený na systém hlasovania študentov a permanentne zobrazujúci výsledky
Iné pomôcky:	Systém pre hlasovanie študentov (rovnako dobré sú kartičky, či hightech bezdrôtové zariadenie pre každého študenta schopné komunikovať s počítačom učiteľa)
Špeciálne materiály:	Zbierka konceptestov

Obr.1 Základné parametre metódy

Priebeh a implementácia metódy je nasledovná, pričom základné parametre metódy, ktorá modifikuje tradičnú prednáškovú formu výučby popisuje obr. 1.

(1) *Modul:* Prednáška sa rozdelí podľa zahrievacích otázok na niekoľko modulov a počas jedného modulu sa zhrnie časť učiva zo študijného materiálu, ktorí si študenti mali prečítať a ktoré sa týka zvyčajne jedného základného pojmu. Táto etapa sa zvyčajne trvá 7 až 10 minút.

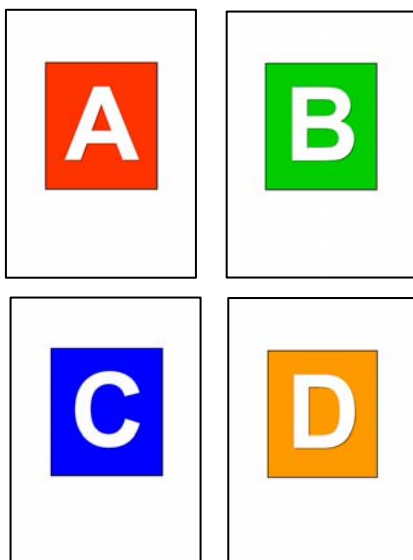
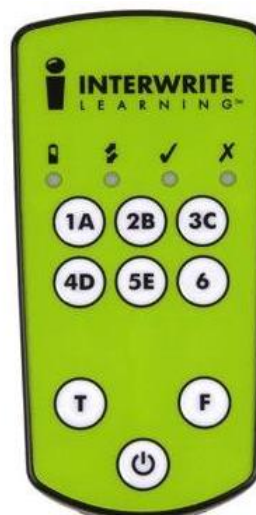
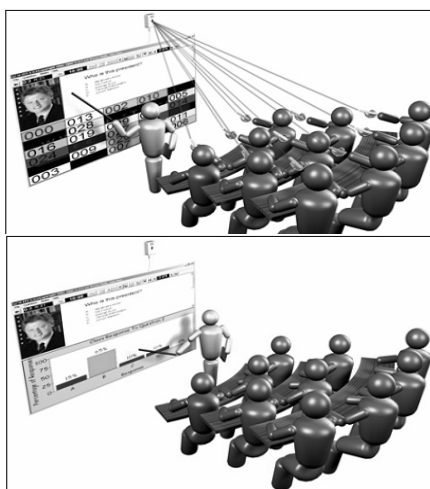
(2) *Konceptest:* Počas prednášky sa výklad po tejto dobe zastaví, nasleduje prezentácia jednoduchej konceptuálnej otázky s výberom odpovedí, ktorá trvá približne 1 minútu. Táto otázka sa týka práve preberaného pojmu, je to tzv. konceptest (konkrétny príklad bude uvedený nižšie). Konceptest je orientovaný hlavne na miskoncepce študentov pri danom pojme. Študenti majú približne 1-2 minúty na rozmyslenie.

(3) *Prvé individuálne hlasovanie:* Potom študenti odpovedajú individuálne na konceptest, pričom ostávajú na svojich miestach v laviciach a hlasujú pomocou špeciálneho elektronického hlasovacieho zariadenia alebo pomocou kartičiek (obr.2), takže učiteľ takto získava okamžitú spätnú väzbu, pretože odpovede vidí priamo na kartičkách, alebo sa vyhodnotia pomocou počítača a vysvietia na plátne.

(4) *Diskusia Peer Instruction:* Potom nasleduje najefektívnejšia časť, keď študenti v skupinkách argumentujú svoje výsledky, presvedčajú ostatných o správnosti odpovede (výklad medzi vrstovníkmi – Peer Instruction).

(5) *Druhé skupinové hlasovanie:* Po 2-3 minútach diskusie sú študenti vyzvaní hlasovanie zopakovať. Zvyčajne v druhom hlasovaní produkujú výrazné zlepšenie v počte správnych odpovedí. Ak to nenastane, celý cyklus sa opakuje.

(6) *Zhrnutie:* Ak však zlepšenie nastalo (viac ako 70% správnych odpovedí), tak nasleduje približne 2 minútové zhrnutie a vyjadrenie k odpovedi študentov. Celý konceptest trvá zhruba len 5 minút. Prednáška takto pozostáva z 10 až 15 minútových blokov - modulov.



Obr. 2. Hlasovacím zariadením alebo hlasovacími kartičkami študenti dávajú učiteľovi okamžitú spätnú väzbu. Hlasovacie zariadenie používané na UPJŠ sa zapína/vypína tlačidlom dole v strede. Používa sa buď na výber odpovede z viacerých možností, to sú tlačidlá s číslami od 1 do 6 alebo s písmenami od A po E, resp. v prípade otázok s výberom odpovedí z dvoch možností tlačidlami T a F, teda True/False (pravda/nepravda). Obsahuje ešte 4 diódy, ktoré signalizujú: 1. úroveň batérie, 2. stav pripojenia, 3. prijatý, 4. neprijatý signál.

Z uvedeného vidíme, že primeraným slovenským ekvivalentom pre názov Peer Instruction by bolo napríklad metóda učenia sa navzájom. Najdôležitejšou zložkou Mazurovej metódy sú konceptesty. Mazur upozorňuje že nie každá otázka s výberom odpovedí môže byť konceptestom, ale mala by spĺňať aspoň nasledujúce požiadavky:

- koncentrovať sa na jeden pojem, jednu myšlienku, ktorá často súvisí s miskoncepciou
- byť kvalitatívnou otázkou, ktorá zvyčajne nie je riešiteľná jednoduchým dosadením do rovníc
- nezodpovedateľnosť na základe memorovania
- mať adekvátny výber možností
- mať overenú vhodnosť výučbou, aby neboli príliš ťažké ani ľahké.

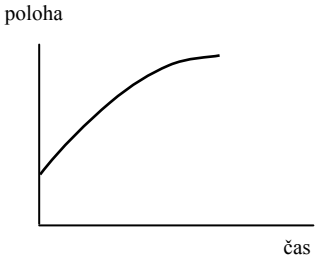
Príkladom otázky, ktorá vyhovuje, resp. nevyhovuje uvedeným kritériám je na obr.3 (viac príkladov vid' v Mazur [6], Hanč [10]). Efektívny konceptest teda musí byť starostlivo formulovaný, aby odstránil miskoncepce študentov.

Konceptest: Medzi Prešovom a Košicami na priamočiarom úseku trati sa pohybuje vlak, pričom na obrázku sme zaznamenali svetočiaru vlaku. Svetočiara nám hovorí, že vlak: (Vyberte jednu z odpovedí)

1. zrýchľuje v celom časovom intervale vyznačenom na grafe
2. spomaľuje v tomto časovom intervale
3. istý čas zrýchľuje a potom spomaľuje
4. istý čas spomaľuje a potom zrýchľuje
5. pohybuje sa rovnomerne
6. Ani jedna z možností

Nekonceptuálna otázka: Aký je tvar Ohmovho zákona

a) $R = U \cdot I$ b) $I = U \cdot R$ c) $U = R \cdot I$ d) $U = I/R$ e) $I = R/U$



Obr.3 Príklad a kontrapríklad konceptestu

Popri vyššie spomenutom hlasovacom IKT systéme¹ pre zisťovanie odpovedí sa dnes v metóde Peer Instruction využívajú tieto IKT technológie:

- *počítačom podporovaný experiment (PPE)*, pričom konceptest využívajúci PPE sa týka študentovej predpovede pre daný reálny dej. Keďže PPE okamžite a interaktívne zachycuje a vyhodnocuje v tabuľkovej alebo grafickej podobe priebeh reálneho deja, študent okamžite vidí výsledok a prepojenie reálneho deja, zavedeného pojmu a jeho symbolickej alebo grafickej reprezentácie.
- *počítačové modelovanie* (interaktívna simulácia), v rámci ktorého veľmi obľúbenou sa stáva technológia Exceletov (špeciálne interaktívne grafy a tabuľky v Exceli) a technológia Java appletov (vytvorené napr. v známom prostredí Easy Java Simulations), resp. fyzletov [11]. Takže obdobne ako pri PPE konceptest využíva pri prezentovaní Excelet alebo Java applet.
- *videozáznam reálneho deja*, ktorý má analogickú funkciu, ako má PPE, pričom sa pri štúdiu a skúmaní vlastností pojmov využíva technológia videoanalýzy (napr. voľne dostupný softvér Tracker [12, 13] alebo u nás známejší, ale komerčný IP Coach)
- *e-learningová technológia*. Aby bolo možné venovať sa počas výučby čo najviac konceptestom a aby študenti podali lepší výkon, požaduje sa od študentov prečítanie zodpovedajúceho textu v učebnici a to pred výučbou. K zvýšeniu motivácie čítať učebnicu vedú tzv. zahrievacie otázky. Tieto úlohy, za ktoré možno získať plusové hodnotenie, vypracujú študenti dobrovoľne prostredníctvom Internetu v rámci vhodnej e-learningovej platformy (napr. MOODLE alebo NICKELS) tiež pred výučbou. Zvyčajne ide o dve otázky týkajúce sa danej problematiky a tretia otázka vždy znie: Čo bolo pre vás ťažké, čomu ste v učebnici nerozumeli? Ak ste nemali problémy, čo bolo pre vás zaujímavé?

¹ V štandardnej podobe predstavuje hlasovací IKT systém sadu pomôcok obsahujúcich: (1) notebook pre učiteľa, (2) dataprojektor, (3) špeciálny rádiový prijímač, (4) hlasovacie zariadenie pre každého študenta komunikujúce prostredníctvom rádiových vln s prijímačom, (5) špeciálny softvér spracúvajúci a vyhodnocujúci výsledky hlasovania. Systém kvantitatívne presne a okamžite zistí a zobrazí odpovede všetkých študentov naraz, t.j. poskytuje okamžitú spätnú väzbu.

Veľmi podobnou metódou k Peer Instruction je metóda Interaktívnych prednáškových demonštrácií (ILD), ktorá sa líši od Peer Instruction len v tom, že študent si nevyberá odpovede zo zoznamu ponúknutých v koncepteste, ale píše odpoveď voľne ako v otvorenej otázke. Takto volený postup často pomáha pri zisťovaní najčastejších odpovedí študentov a dáva podklady na vytvorenie konceptestu. Podrobnejšie informácie k metóde ILD možno nájsť v [14, 15, 16].

Za posledných 15 rokov existencie oboch metód ILD aj PI sa na gigantických vzorkách jasne preukázalo [7, 8, 9, 14, 17], že metódy výrazne zlepšuje pochopenie základných pojmov a princípov daného predmetu, ktoré si počas Peer instruction študenti vysvetlia vlastným jazykom a vidia ich aj v iných módov myslenia ako je myslenia učiteľa. Ďalej výrazne rozvíjajú grafickú gramotnosť a prepojenie medzi reálnym dejom a jeho symbolickou reprezentáciou.

Použitie hlasovacieho zariadenia vedie [17] k zdieľaniu zodpovednosti za vyučovací proces (zodpovedným sa cíti aj študent; učiteľ sa dostáva do role poradcu), vyššej návštevnosti nepovinných foriem výučby, vyššej úspešnosti na testoch a skúškach, vedie k zlepšeniu pozornosti študentov, aktivizácii ich myslenia, rozvoju spolupráce v skupinách, vedie k okamžitému ohodnoteniu tempa, príťažlivosti a motivácii výučby daného predmetu.

V neposlednom rade rozvíja kritické myslenie², ktoré podmieňuje vedeckú gramotnosť a kľúčové kompetencie študentov potrebných pre prax (napr. kognitívne kompetencie – študovať s porozumením, vedieť učiť sa a riešiť problémy; občianske kompetencie – zodpovednosť, angažovanosť; personálne kompetencie – sebapoznanie, sebareflexia; sociálne kompetencie – spolupráca, schopnosť diskutovať, prijať názor).

V posledných piatich rokoch došlo k masovému rozšíreniu týchto metód vo svete, najmä v USA, kde v súčasnosti prakticky neexistuje univerzita, alebo vysoká škola, ktorá by prinajmenšom na jednom predmete nevyužívala hlasovací systém. Tieto metódy sú v súčasnosti aplikované nielen vo fyzike, ale aj vo výučbe chémie, biológie, matematiky (napr. analýza, štatistika), environmentalistike, geografii, či meteorológii. Takisto ich možno nájsť vo výučbe geológie, astronómie, filozofie, logiky, etiky, geografie, trestného práva, medicíny, či ekonómie.

Výsledky týchto metód hovoria, že kým úspešnosť tradičných metód vedie k pochopeniu a k schopnosti aplikovať získané poznatky v priemere na 15-25%, v prípade interaktívnych metód je to 50-80%. Napr. pri ILD v tradičnej forme výučby alebo u elektronických prednášok v oblasti e-learningu, porozumenie základných pojmov a princípov narástlo z priemerných 20% na 80-90%. Alebo v prípade PI sa efektívnosť zvýšila dvojnásobne až trojnásobne. Súčasne došlo aj k výraznému posilneniu motivácie pre štúdium, zlepšeniu tvorivosti, schopnosti čítať a kresliť grafy. Ohodnotenie a úspešnosť na gigantických vzorkách študentov dobrých aj priemerných univerzít overili v USA projekty, akým je napr. SPIN-UP “Strategic Programs for Innovations in Undergraduate Physics“ (1995 - súčasnosť) uvedený na www.aapt.org

² Pod kritické myslenie patria ([18]) myšlienkové procesy ako napr. (1) chápať, že vedecký pojem obsahuje predovšetkým myšlienku až tak názov, a že porozumenie nespočíva v odborných termínoch samotných; (2) rozlišovať medzi pozorovaním a myšlienkovou dedukciou v hocijakom uvažovanom kontexte; (3) poznať, kedy sa vychádza z finálnych a neoverovaných výsledkov, modelov či záverov a vedieť vyvodiť ich základ a pôvod; t. j. rozoznať, kedy sa dávajú a zodpovedajú otázky typu „Odkiaľ vieme ...?“, „Prečo veríme ...?“, „Čo svedčí pre ...?“ a kedy sa berie niečo ako fakt; (4) vedieť klásť si takéto otázky; (5) chápať aspoň na základe konkrétnych príkladov, ako sa vedecké teórie formulujú, testujú, potvrdzujú a dočasne prijímajú; vedieť o medziach vedeckej metódy a poznať typy otázok, ktoré nemá zmysel ani klásť, ani na ne hľadať odpoveď.

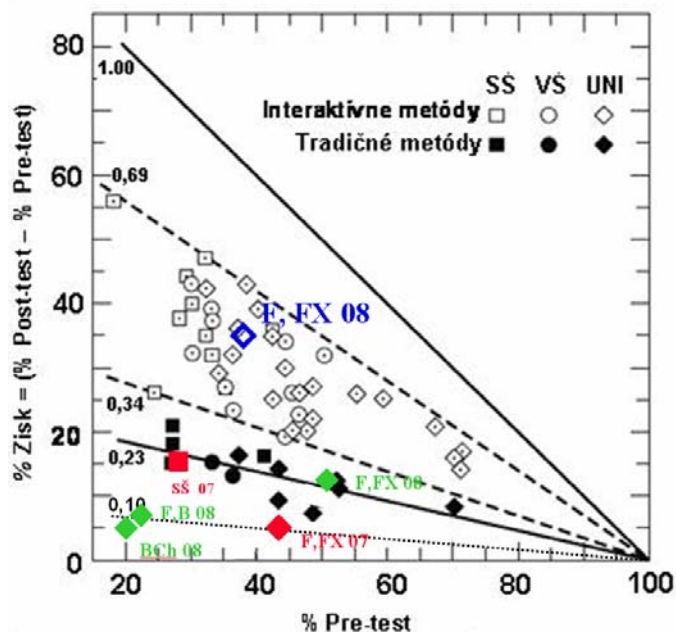
3 Projekt KEGA na oddelení didaktiky fyziky PF UPJŠ

Metódy PI a ILD sú známe na Slovensku zatiaľ len okrajovo a pomaly sa dostávajú do povedomia našich učiteľov a pedagógov. Hoci tieto metódy vychádzajú zo všeobecne známych didaktických zásad a pripomínajú množstvo doteraz vypracovaných postupov pre zlepšenie kvality prednášky, na rozdiel od nich výrazne zvýšili mieru pochopenia kľúčových pojmov danej prírodovednej disciplíny, trvácnosť a operatívnosť tohto pochopenia.

Preto vysvetlenie základných východísk, myšlienok a postupu metódy Peer Instruction sa stalo témou projektu KEGA č. 3/4320/06 MŠ Slovenskej republiky s názvom: *Interaktívne prednáškové demonštrácie a Peer Instruction - nové interaktívne metódy zvyšujúce efektívnosť prednáškovej formy vzdelávania*, ktorého výsledky možno nájsť v rozsiahlejšej forme na webovej stránke <http://physedu.science.upjs.sk>, kde sa nachádzajú v elektronickej forme všetky v tomto článku citované slovenské publikácie.

Základným cieľom projektu bolo získanie bázy poznatkov, teoretických východísk a základných skúseností pre aplikáciu týchto nových interaktívnych metód v prírodovedných predmetoch, ktoré výrazným spôsobom zvyšujú efektívnosť prednášky, najrozšírenejšej vzdelávacej formy v podmienkach slovenských VŠ. Postup dosiahnutia cieľov bol realizovaný (1) podrobnou analýzou oboch metód na základe spolupráce s ich tvorcami; (2) transformáciou a prípravou metodických pokynov a učebných prostriedkov metód na naše podmienky; (3) realizáciou pilotného pedagogického experimentu na modelovom príklade (vo fyzike); (4) prezentáciou a publikovaním získaných skúseností, poznatkov a vytvorených materiálov na konferenciách, v odbornej literatúre, resp. voľne v elektronickej forme na webe.

Výsledky pilotného experimentu potvrdili všeobecne závery získané na gigantických vzorkách ako to ilustruje obr.4. Podrobnejšie budú tieto výsledky uvedené v pripravovaných didaktických článkoch v slovenských a českých odborných časopisoch, pričom ich elektronicke verzie sa objavujú na vyššie uvedenej stránke projektu.



Obr.4 Na obrázku je porovnanie výsledkov interaktívnych metód na SŠ, VŠ, resp. univerzitách. Farebné značky predstavujú výsledky získané v rámci projektu. Pri klasickej výučbe fyziky boli dosiahnuté výsledky v rokoch 2007 a 2008 v rôznych skupinách „posunuli“ svoje porozumenie o 5 až 15 %, pri pilotnom experimente to bolo viac ako 35%. Podrobnejšie vysvetlenie uvedeného grafu možno nájsť v Hake [29] alebo Hanč [5].

4 Záver

Súčasným trendom vo vzdelávaní prírodných vied a matematiky, opodstatneným na základe širokého didaktického výskumu ([7, 17, 18, 19, 20, 21]), je rozvoj kľúčových zručností študenta a jeho konceptuálneho porozumenia základných pojmov a princípov danej vednej disciplíny. Výskum a prax ukázali, že najdôležitejším kľúčom k dosiahnutiu tohto cieľa sa javí aktívne poznávanie študenta.

Za týmto účelom bol vyvinutý rad vyučovacích metód a postupov zabezpečujúcich, na rozdiel od tradičných, vysokú mieru aktívneho poznávania študentov. Medzi tieto spôsoby výučby patrí napr. projektové vyučovanie, skupinové vyučovanie, či výučba prostredníctvom workshopov. Je však známe, že podobne ako u tradičných metód spomenuté metódy výučby predstavujú určité ťažkosti pre učiteľa, pretože je veľmi náročné, resp. často nemožné z časových, priestorových alebo i organizačných dôvodov priebežne hodnotiť a sledovať progres každého študenta, či skupiny študentov. Znamená to napr. že niektoré skupiny dokážu napredovať správnym smerom veľmi rýchlo, kým druhé tápajú v neproduktívnej aktivite.

Jednými z nových interaktívnych metód zameraných na tento problém sa stali metódy Peer Instruction a veľmi podobná metóda Interaktívnych prednáškových demonštrácií, ktoré zabezpečujú okamžitú spätnú väzbu a ako ukazuje prax v zahraničí, ale aj úvodné testovanie v našich podmienkach na UPJŠ sú v odstraňovaní vyššie spomenutého problému veľmi úspešné.

PodĎakovanie

Projekt, práca a výskum prezentované v tomto článku sú čiastočne finančne podporované z projektov VVGS 25/07-08 a KEGA projektu č. 3/4320/06.

Literatúra

- [1] Halloun, I., Hestenes, D., „The initial knowledge state of college physics students“, Am. J. Phys. 53 (1985), 1043-1055.
- [2] Halloun, I., Hestenes, D., „Common sense concepts about motion“, Am. J. Phys. 53 (1985), 1056-1065
- [3] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G., „Force Concept Inventory“, Phys. Teach. 30 (1992), 141-158
- [4] Hanč, J., Degro J., Ješková Z., Kireš, M., Onderová Ľ., Čukanová E., Konkol'ová M., „Rozumejú alebo memorujú vaši žiaci fyziku, ktorú učíte? Štandardizované konceptuálne a postojové testy ako nástroje hodnotenia výučby“, Zborník príspevkov z XV. medzinárodnej konferencie DIDFYZ 2006, Nitra, 2007
- [5] Hanč, J., Degro, J., Ješková, Z., Kireš, M., Onderová, Ľ., Čukanová, E., Konkol'ová, M., Tóth J., Štandardizované konceptuálne a postojové testy vo fyzikálnom vzdelávaní, elektronický preprint, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach, 2008
- [6] Mazur, E., *Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall, New York, 1997
- [7] Redish, E.F., *Teaching Physics*, John Wiley & Sons, New York, 2003
- [8] Crouch, C.H., Mazur, E., „Peer Instruction: Ten Years of Experience and Results“, Am. J. Phys. 69 (9), 970 -977 (2001)
- [9] Fagen, A.P., Crouch, C.H., Mazur E., „Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms“, Phys. Teach. 40 (4), 206-209 (2002)
- [10] Hanč, J., Vasziová, G., *Metóda peer instruction – metodický materiál*, elektronický preprint, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach, 2008,

- [11] Christian, W., Belloni, M., *Physlet Physics: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics*, Prentice Hall, New Jersey, 2004
- [12] Hanč, J., Degro, J., Onderová, L., „Videoanalýza v spektroskopii“, Zborník z 13. veľtrhu nápadov učiteľov fyziky (v tlači), Plzeň, 2008
- [13] Hanč, J., „Netradičné využitie videoanalýzy vo fyzike“, Zborník zo seminára Tvorivý učiteľ (v tlači), Smolenice, 2008
- [14] Sokoloff, D.R., Thornton, R. K., „Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment“, *Phys. Teach.* 35 (6), 340-347 (1997)
- [15] Sokoloff, D.R., Thornton, R. K., *Interactive Lecture Demonstrations*, John Wiley & Sons, New York, 2004
- [16] Hanč, J., Dutko, M., *Metóda interaktívnych prednáškových demonštrácií – metodický materiál*, elektronický preprint, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach, 2008
- [17] David A. Banks (Editor), *Audience Response Systems in Higher Education: Applications And Cases*, Information Science Publishing, London, 2006
- [18] Arons, A.B., *Teaching Introductory Physics, A guide to Teaching for Learning and Understanding*, John Wiley & Sons, New York, 1997
- [19] Hake, R.R., „Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses“, *Am. J. Phys.* 66 (1), 64 - 74 (1998)
- [20] Crouch, et al, „Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment?“, *Am. J. Phys.* 72 (6), 835-838 (2004)
- [21] McDermott, L.C., „Physics Education Research-the Key to Student Learning“, *Am.J.Phys.* 69 (11), 1127-1137 (2001)