

**ROZUMEJÚ ALEBO MEMORUJÚ VAŠI ŽIACI FYZIKU, KTORÚ UČÍTE?
ŠTANDARDIZOVANÉ KONCEPTUÁLNE A POSTOJOVÉ TESTY AKO
NÁSTROJE HODNOTENIA VÝUČBY**

HANČ JOZEF, DEGRO JÁN, JEŠKOVÁ ZUZANA, KIREŠ MARIÁN, ONDEROVÁ LUDMILA,
ČUKANOVÁ EVA, KONKOLOVÁ MÁRIA

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

We give a basic systematic summary and several examples from diagnostic tests like FCI, MMCE, DIRECT, MPEX or VASS known in physics education research as conceptual and attitudinal surveys. One of main objectives of our KEGA project is to produce Slovak versions of these tests which (especially when given both pre- and post-instruction) can give teachers a good idea as to whether their students have learned the critical concepts and improved their attitudes towards science and learning physics.

1 Význam kvalitatívnych úloh a otázok

Jeden zo zásadných výsledkov, pre mnohých dosť zarážajúci, ku ktorému dospela teória vyučovania fyziky na základe dlhodobého a systematického výskumu za posledných 25 rokov, hovorí, že [1]: *Zručnosť v riešení štandardných kvantitatívnych problémov nie je adekvátnym kritériom úrovne konceptuálneho pochopenia.*

Ukázalo sa totiž, že veľa študentov a aj výborní študenti, akými sú napr. úspešní riešitelia FO, má problémy s porozumením pojmov, lenže vďaka dobrej pamäti a schopnosti kombinovať vzorce zvládajú bez problémov štandardné kvantitatívne úlohy a testy bez toho, aby v skutočnosti rozumeli fyzike, ktorú sa naučili.

Hoci skúsení učitelia vedia, že existuje určitá medzera medzi tým, čo učia a tým, čo sa naučí študent, väčšina si neuvedomuje, aká obrovská je daná medzera. Preto zvyčajne dochádza k prekvapeniu, keď z výsledkov didaktického výskumu, napr. pri odpovedi na jednoduchú kvalitatívnu otázku vyplynie, že študenti síce správne riešili kvantitatívnu úlohu, ale na základe úplne nesprávnej predstavy.

Uvedené myšlienky ilustrujeme na príklade takejto otázky. V tomto semestri na UPJŠ sme zadali vzorke prvákov (N = 12), budúcim vedcom v odbore fyzika, dve úlohy. 1. úloha: *Akou silou pôsobí magnetické pole s indukciou 0,4 T na elektrón, ktorý sa pohybuje rýchlosťou 104 m.s⁻¹ v smere kolmom na indukčné čiary?* 2. úloha je na obr. 1.

Viac ako 80% študentov (N = 10) vyriešilo 1. úlohu správne, pričom preukázalo deklaratívnu znalosť vzorca pre veľkosť magnetickej (Lorentzovej) sily $F_m = QvB \sin \alpha$. Lenže v prípade 2. úlohy správnu odpoveď e), triviálne plynúcu z predchádzajúceho vzorca, zvolilo len 25% študentov, odpoveď b) 50 % a d) 25 %, pričom sme zistili na základe diskusie, že študenti buď nerozlišovali elektrické náboje od magnetických pólov, resp. zamieňali magnetickú indukciu pola B so silou F_m pôsobiacou na daný náboj.

Kladne nabitá častica (+q) je v pokoji medzi dvoma upevnenými magnetmi, ako je to na obrázku. Ľavý magnet je trojnásobne silnejší, než magnet umiestnený vpravo. Ktorá z nasledujúcich možností najlepšie vystihuje výslednicu magnetických síl pôsobiacich na nabitú časticu?

a) b) c) d) e) na časticu nepôsobí žiadna sila.

Obr. 1. Ukážka kvalitatívnej úlohy z magnetizmu.

Veľkosť skupiny samozrejme v žiadnom prípade nedovoľuje robiť všeobecné závery o chápaní Lorentzovej sily, lenže výskumná skupina L. McDermottovej v USA (pozri [1]) preukázala, že pred výučbou o magnetizme viac než 80% veľkej vzorky študentov odpovedalo v tomto istom type úlohy obdobne nesprávne, napr. študenti odpovedali, že severný pól magnetu a kladný náboj sa odpudzujú. Ani po absolvovaní tradičného kurzu elektriny a magnetizmu percento chybných odpovedí výrazne nekleslo a zostalo nad 50%, čo svedčí o nedostatočnom porozumení daného pojmu.

Obdobné kvalitatívne úlohy z elektriny a magnetizmu, ktoré boli vyvinuté na základe systematického didaktického výskumu, tvoria svetovo uznávaný štandardizovaný test CSME (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism), ktorého úlohou je zistiť úroveň porozumenia základných pojmov elektriny a magnetizmu. Úloha na obr. 1 je práve jednou z nich.

Existuje celý rad diagnostických nástrojov, tzv. konceptuálnych testov, ktoré poskytujú veľmi cenné hodnotenie výučby a zvládnutia pojmov študentmi a to vo všetkých oblastiach všeobecnej fyziky. Základný systematický prehľad týchto testov uvádza tabuľka 1. Obdobné testy však nájdeme aj v ďalších prírodných a technických vedách.

Tabuľka. 1 Prehľad základných konceptuálnych a postojových testov

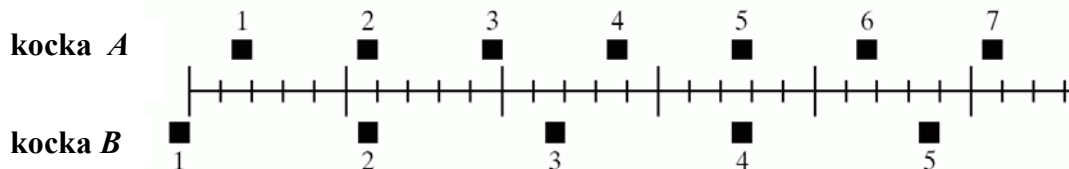
Test	oblasť	Počet otázok
Mathematical Modeling Conceptual Evaluation (MMCE)	Základné matematické pojmy, zručnosti a kompetencie potrebné pre fyziku	37
Test of Understanding Graphs -- Kinematics (TUG-K)		21
Vector Evaluation Test (VET).		31
Force Concept Inventory (FCI)	Mechanika	30
Force-Motion Concept Evaluation (FMCE)		47
Mechanics Baseline Test (MBT)		26
Energy Concepts Survey (ECS)		25
Heat and Temperature Concept Evaluation (HTCE)	Teplo, Teplota a Termodynamika	28
Wave Diagnostic Test (WDT)	Vlny a kmity	10
Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)	Elektrina a magnetizmus	32
Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concept Test (DIRECT)		29
Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE)		45
Physics Measurement Questionnaire (PMQ)	Laboratórne zručnosti, merania a pojmy	10
Measurement Uncertainty Quiz (MUQ)		10
Maryland Physics Expectations Survey (MPEX)	Postojové testy (dotazníky)	34
Views about Science Survey (VASS)		31
Epistemological Beliefs Assessment for Physics Science Survey (EBAPS)		30

2 Ukážky a metodika konceptuálnych testov

V roku 1992 vytvoril D. Hestenes a jeho spolupracovníci z Arizona State University konceptuálny test s názvom FCI – *Force Concept Inventory* (Inventúra pojmu sila), ktorý v súčasnosti patrí k najviac vedecky preskúmaným a používaným testom na svete.

Tento test s 30 kvalitatívnymi otázkami s výberom odpovedí (pozri príklady v obr. 2) sa zameriava na ťažkosti študentov a konceptuálne pochopenie Newtonovej mechaniky, predovšetkým dynamiky a pojmu sila. Doba jeho vypracovania je 15-30 min.

Na nižšie uvedenom obrázku sú pomocou očíslovaných štvorcov znázornené polohy dvoch kociek v 0,2 sekundových, po sebe idúcich časových intervaloch. Tieto kocky sa pohybujú smerom doprava.



Zrýchlenia kociek sú v nasledujúcom vzťahu:

1. Zrýchlenie kocky A je väčšie ako zrýchlenie kocky B.
2. Zrýchlenie kocky A sa rovná zrýchleniu kocky B. Obe zrýchlenia sú väčšie ako nula.
3. Zrýchlenia kocky B je väčšie ako zrýchlenie kocky A.
4. Zrýchlenie kocky A sa rovná zrýchleniu kocky B. Obe zrýchlenia sú nulové.
5. Na zodpovedanie otázky nemáme dostatok informácií.

Predstavte si, ženu, ktorá tlačí veľkú škatuľu konštantnou silou vo vodorovnom smere. V dôsledku toho sa škatuľa pohybuje po vodorovnej podlahe konštantnou rýchlosťou v .

1. Konštantná vodorovná sila, ktorou tlačí žena škatuľu:
2. má rovnakú veľkosť ako tiaž škatule.
3. je väčšia než tiaž škatule.
4. má rovnakú veľkosť ako výsledná sila brzdiaca pohyb škatule.
5. je väčšia ako výsledná sila brzdiaca pohyb škatule.
6. je väčšia aj ako tiaž škatule aj ako výsledná sila brzdiaca pohyb škatule.

Obr. 2. Príklad kinematickej a dynamickej otázky z FCI

Autori vytvorili uvedený test na základe zoznamu najznámejších miskoncepcií (nesprávnych chápaní a predstáv) študentov z rozsiahleho existujúceho a vlastného výskumu v rámci gigantických vzoriek študentov. Inými slovami odpovede A) až E) v otázkach na obr. 2 reprezentujú najčastejšie sa vyskytujúce odpovede študentov, ak by uvedené otázky boli otvorenými. Výsledky viac než 10 ročného testovania v USA ukázali [1], že typické skóre študentov vstupujúcich do základných kurzov je 40-50%.

V súčasnosti uvedený test využívajú na hodnotenie výučby mnohé stredné školy a univerzity takmer na celom svete, napr. známe sú výsledky zo škôl v Švédsku, Fínsku, Španielsku, Rusku, Nemecku, Indonézii, Južnej Kórey či Japonsku. Zaujímavosťou je, že ho využívajú aj špičkové univerzity ako Harvardská univerzita, či MIT.

Metodika a výskum pri FCI teste sa stal v teórii vyučovania vzorom pri vytváraní ďalších konceptuálnych testov (takisto aj v prípade CSME testu spomenutého na začiatku), ale aj postojových testov, ktoré podávajú informáciu o postojoch a názoroch študentov na fyziku a jej spôsob výučby.

Ako ďalší ilustratívny príklad uvádzame v obr. 3 otázku z MMCE testu overujúceho základné matematické kompetencie študentov potrebné pri štúdiu fyziky, akými sú grafická gramotnosť, resp. symbolická reprezentácia.

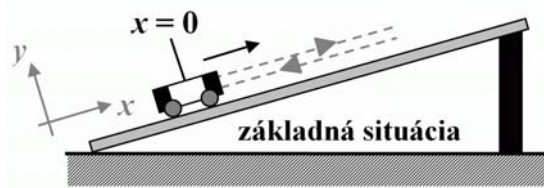
Podrobnejšie informácie k testom možno nájsť vo vynikajúcej prehľadovej publikácii teórie vyučovania fyziky E. Redisha [1], ktorá efektívne zhrňuje výsledky didaktiky fyziky za posledných 20 rokov. Sú v nej originálne verzie testov, didaktický komentár k testom, správne odpovede a referencie na výskumné publikácie týkajúce sa vývoja a výsledkov daných testov. Základné informácie však možno nájsť aj na internete, napr. [2].

3 Príprava slovenských verzií najznámejších testov

V rámci KEGA projektu, týkajúceho sa nových interaktívnych metód zvyšujúcich efektívnosť výkladu, resp. prednášky, rozbehol kolektív autorov prácu na lokalizácii a preklade testov uvedených v tab. 1 do slovenského jazyka spolu s vytvorením metodických pokynov pre ich správne používanie.

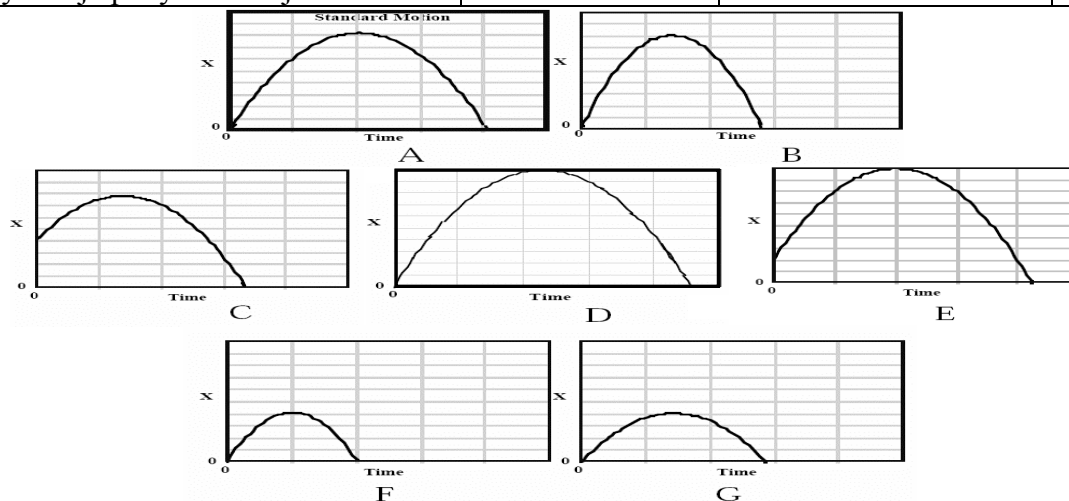
Spomenuté testy, vo forme pretestov a posttestov, budú slúžiť na meranie kvality a efektívnosti zaužívaných a nových metód výučby na UPJŠ resp. ich vzájomného porovnania.

Simultánne pri finalizácii slovenských prekladov jednotlivých testov bolo vykonané už aj prvé pilotné testovanie. V rámci FCI testu na PF UPJŠ bola dosiahnutá priemerná úspešnosť 35-45% pre učiteľské, resp. vedecké smery študentov vstupujúcich na UPJŠ. Približne rovnakú úspešnosť 45% však dosiahli aj študenti učiteľského smeru 5. ročníka, ktorí sa už o rok stanú učiteľmi fyziky a ďalšieho nimi zvoleného predmetu.



Uvažujme pohyb vozíka, ktorému udelíme rýchly úder (počiatočnú rýchlosť), a ktorý sa môže voľne pohybovať po naklonenej rovine. Trenie a odpor vzduchu sú v tomto prípade tak malé, že ich môžeme zanedbať. Nech počiatočná poloha vozíka, t.j. v čase $t = 0$, je $x = 0$. Odpovedajte na nasledujúce otázky v tabuľke, ak viete, že pohyb vo vyššie spomenutej základnej situácii je popísaný grafom A. Ako odpoveď si zvolíte vždy len jeden z grafov B až G, alebo J, ak žiaden graf podľa vás nie je správny.

otázka	1. Zvýšime sklon naklonenej roviny, takže je strmšia.	2. Na strmšej naklonenej rovine udelíme vozíku väčšiu počiatočnú rýchlosť.	...
Ktorý z grafov najlepšie vystihuje pohyb v danej situácii?			



Obr. 3. Ukážka z konceptuálneho testu MMCE

Testovanie vo vyšších ročníkoch preukázalo, že základný kurz fyziky tieto úspešnosti zmení len veľmi málo. Tento výsledok je v súlade so všeobecným záverom didaktického výskumu, že počúvanie výkladu, alebo prednášok, napriek riešeniu kvantitatívnych problémov (a to prakticky bez ohľadu na počet preriešených úloh), sledovaniu demonštračných experimentov a vykonávaníu laboratórnych experimentov má často prekvapujúco malý vplyv na študentovo chápanie fyzikálnych pojmov.

Záver

Zo záverov súčasného výskumu v oblasti teórie vyučovania vyplýva, že otázky a úlohy, ktoré vyžadujú kvalitatívne zdôvodňovanie s verbálnym vysvetľovaním sú hlavnými pri hodnotení zvládnutia učiva študentmi a sú efektívnou stratégiou, ktorá pomáha študentom pri učení.

V súčasnosti je k dispozícii celá kolekcia diagnostických testov hlavne vo forme kvalitatívnych otázok s výberom odpovedí, ktoré ak sú vykonané ako pretesty a postesty, tak diagnostikujú získanú úroveň konceptuálneho porozumenia fyziky a dovoľujú spoľahlivo odlíšiť ho od memorovania poznatkov.

Naplnením jedného z cieľov projektu kolektívu autorov tohto článku získa učiteľ na SŠ a VŠ na Slovensku vysoko kvalitné (validné a reliabilné) nástroje pre hodnotenie kvality svojej výučby a postojov študentov spolu s možnosťou porovnať sa s ostatnými učiteľmi vo svete, keďže uvedené testy sú široko používané v celosvetovom meradle.

Vytvorené materiály budú využívané, ponúknuté a šírené v odbornej časopiseckej literatúre, na webe, resp. v rozsiahlejšom výskume v spolupráci s ďalšími pracoviskami s cieľom poskytnúť komplexnejší obraz stavu výučby fyziky na Slovensku z uvedeného hľadiska.

PodĎakovanie

Projekt, práca a výskum prezentované v tomto článku sú podporované grantovou agentúrou Kega, č. p. 3/4320/06.

Literatúra

- [1] Redish, E.F., Teaching physics with the Physics Suite. New York: Wiley, 2003, ISBN 0471393789
- [2] Beichner, R., J., “Assesment instrument information page”, Physics Education R&D Group, NC state university, USA, 2006, <<http://www.ncsu.edu/per/TestInfo.html>>