

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Dita Čížková; Dana Mandíková

Prekoncepce studentů MFF UK o síle a pohybu - výsledky testu FCI

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 55 (2010), No. 2, 148–155

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141950>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2010

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

Prekoncepce studentů MFF UK o síle a pohybu – výsledky testu FCI

Dita Čížková, Dana Mandíková, Praha

1. Úvod

U studentů na všech typech škol se stále setkáváme s pevně zakořeněnými představami, které si vytvářejí od raného dětství na základě bezprostředního vnímání a pozorování okolního světa, na základě manipulace s objekty tvořícími tento svět a na základě intuitivního zobecňování svých zkušeností. Tyto představy jsou označovány jako prekoncepce. Prekoncepce bývají velmi často v rozporu s vědeckými poznatky a znesnadňují jejich správné pochopení. Takové chybné prekoncepce se označují jako miskoncepce (blíže o této problematice např. v [1]–[9]). Miskoncepce bývají velmi odolné a snahy učitelů o správné pochopení fyzikálních zákonitostí často nezanechají na studentech žádné následky. Je proto velmi důležité, aby se učitelé nespokojili s tím, že se studenti naučí danou látku nazpaměť bez hlubšího pochopení. Pro nahrazení miskoncepcí správnými poznatky je nutné, aby studenti chápali podstatu pojmů a zákonů a viděli souvislosti mezi nimi.

Ke zjištění toho, nakolik studenti dané látky rozumí, lze využít tzv. konceptuální testy. Konceptuální testy se vyznačují tím, že se zaměřují na porozumění dané problematice a ne pouze na její mechanické naučení. Výhodou těchto testů mimo jiné je, že se dají poměrně snadno a rychle vyhodnotit. Není tedy problém testovat i větší počet studentů. Testy nebývají ani časově náročné a často se dají použít na všech typech škol (ZŠ, SŠ, VŠ). Konceptuální testy bývají podloženy vědeckými výzkumy a vyvíjely se obvykle řadu let, patří tedy k jedněm z nejspolehlivějších testů. V posledních deseti letech zaznamenaly konceptuální testy intenzivní rozmach. V dnešní době již existuje celá řada konceptuálních testů z různých oblastí fyziky (např. testy MBT, FCI z mechaniky, test WDT z oblasti vln a kmitů, testy CSEM, ECCE z elektřiny a magnetismu, postojové testy MPEX, VASS, atd.). Konkrétně u nás je to však zatím poměrně nová a neznámá věc. V české verzi najdeme pouze test FCI (Force Concept Inventory).

Právě FCI testu jsme využili ke zjištění toho, s jakým porozuměním některým fyzikálním pojmům z oblasti newtonovské mechaniky přicházejí studenti, kteří chtějí studovat fyziku na MFF UK, a jak jejich představy a znalosti ovlivní výuka na MFF UK. V následujícím článku se dočtete blíže o FCI testu, o podmínkách a průběhu průzkumu provedeného na MFF UK, jeho výsledcích a nejčastějších miskoncepcích, které byly u studentů pomocí testu FCI odhaleny.

Mgr. DITA ČÍŽKOVÁ, e-mail: dit-ciza@post.cz, RNDr. DANA MANDÍKOVÁ, CSc., Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8, e-mail: dana.mandikova@mff.cuni.cz

2. Test FCI

FCI test patří mezi základní a první konceptuální testy. Vznikal od 80. let dvacátého století. Na jeho vytvoření se podíleli především Ibrahim Halloun a David Hestenes. První verze tohoto testu byla publikována roku 1992 [10]. FCI test zkoumá porozumění základním pojmům newtonovské mechaniky. Je tvořen třiceti kvalitativními otázkami, odpovědi studenti vybírají z pěti možností A)–E). Otázky jsou vybrány z šesti oblastí mechaniky (kinematika, 1. Newtonův zákon, 2. Newtonův zákon, 3. Newtonův zákon, princip superpozice, druhy sil). Nesprávné odpovědi, které jsou v testu uvedeny jako tzv. distraktory, představují nejčastější miskoncepce studentů. Tyto miskoncepce získali autoři FCI testu na základě rozsáhlého vlastního výzkumu s několika tisícovkami studentů. Testové otázky zadali jako otevřené a studenti tedy museli formulovat vlastní odpovědi. Na základě těchto odpovědí pak autoři vytvořili distraktory u jednotlivých otázek. FCI testem můžeme tedy také zjistit, které miskoncepce v daném vzorku studentů převažují a v jakém rozsahu se vyskytují. Test FCI je (či byl) využíván k hodnocení výuky na mnohých univerzitách i středních školách ve světě (např. Harvard, Arizonská státní univerzita, Minnesotská univerzita, Státní univerzita v Novém Mexiku, UPJS Košice, střední školy v Arizoně, Kuopion Lyseo Upper Secondary School ve Finsku). Test je používán i na dvou pražských gymnáziích.

3. Podmínky a průběh průzkumu na MFF UK

Průzkum byl prováděn pomocí FCI testu a na jeho vyplnění měli studenti 30 minut. Test byl zadán studentům 1. ročníku programu fyzika na MFF UK v Praze (tedy studentům oboru obecná fyzika a studentům oboru fyzika zaměřená na vzdělávání). Poprvé byl průzkum prováděn na podzimním soustředění studentů prvních ročníků na Albeři v roce 2008, ještě před začátkem jejich studia na MFF UK. Výsledky, kterých studenti dosáhli při vyplňování těchto testů, jsou dále označovány jako výsledky v pre-testu. Aby bylo možno porovnat, zda se představy studentů po absolvování výuky mechaniky na MFF UK zlepšily (popř. zhoršily), bylo potřeba testy zadat stejným studentům znovu. Druhé zadávání testů proběhlo v průběhu ledna 2009. Výsledky, kterých studenti dosáhli, jsou dále označovány jako výsledky v post-testu. Na zadávání testů nebyli studenti předem upozorněni. Po prvním zadání se test se studenty nerozebíral a nedozvěděli se správné odpovědi.

Při zpracování výsledků byl vyhodnocen zvlášť průzkum prováděný na podzim 2008 a průzkum z ledna 2009. Na podzim se průzkumu zúčastnilo 97 studentů, v lednu to bylo celkem 101 studentů.¹⁾

¹⁾ Zvlášť byla vyhodnocena skupina studentů, kteří studují obor fyzika zaměřená na vzdělání a jsou zapsáni v kombinovaném studiu. Tito studenti většinou již učí a chtějí si doplnit vzdělání. Je tedy zajímavé se podívat, jak oni sami dopadli v tomto průzkumu. Na začátku jejich studia se testu zúčastnilo 12 studentů, při opakování tohoto průzkumu bylo přítomno 8 studentů. Výsledky této skupiny studentů v tomto článku neuvádíme, lze je nalézt v [12].

4. Výsledky průzkumu

Průměrná úspěšnost studentů v pre-testu byla 76,0 %. Autoři testu považují 60% úspěšnost za jistou vstupní hranici do newtonovské fyziky ([10], [11]). Upozorňují, že u začínajících studentů, kteří nedosáhli této hranice, je třeba zvláště dávat pozor na jejich možné miskoncepce. V pre-testu bylo pod hranicí 60% úspěšnosti celkem 20 studentů z 97 testovaných, tedy více než pětina studentů, kteří se chtějí věnovat fyzice. V nejvyšším intervalu úspěšnosti, nad 80 %, bylo v pre-testu 52 studentů. Autoři testu uvádějí [11], že za „mistrovskou“ hranici, kdy studenti mají pevně zakotvené newtonovské uvažování, lze považovat skóre nad 85 % ²⁾. Této hranice dosáhlo v pre-testu 42 studentů.

Průměrná úspěšnost v post-testu (test studenti řešili po absolvování přednášky z mechaniky a molekulové fyziky na konci 1. semestru) byla 80,8 %. V post-testu nedosáhlo 60% hranice úspěšnosti 13 studentů z celkového počtu 101 studentů. Této 60% hranice by měli dosáhnout již všichni studenti, kteří se věnují fyzice. U 13 studentů, kteří této hranice nedosáhli, bychom se mohli obávat, že budou mít v dalším studiu problémy. Šest z těchto studentů opravdu nesložilo zkoušku z mechaniky, další dva nemají splněny povinnosti v dalším semestru prvního ročníku. Naopak hranici úspěšnosti 80 % a více dosáhlo celkem 65 studentů. Nad hranicí 85 % bylo 55 studentů.

Otázkou je, zda zlepšení, kterého studenti dosáhli při řešení post-testu, tedy po absolvování mechaniky v 1. semestru, můžeme považovat za významné. Pro určení významnosti zlepšení studentů používáme tzv. normalizovaný zisk. Pro výpočet normalizovaného průměrného zisku (označujeme ho g) se využívá Hakeův vztah (viz níže), kdy rozdíl celkové procentuální úspěšnosti studentů v post-testu a pre-testu dělíme rozdílem 100 % a procentuální úspěšnosti studentů v pre-testu.

$$g = \frac{(\% \text{ post-test}) - (\% \text{ pre-test})}{100 \% - (\% \text{ pre-test})}.$$

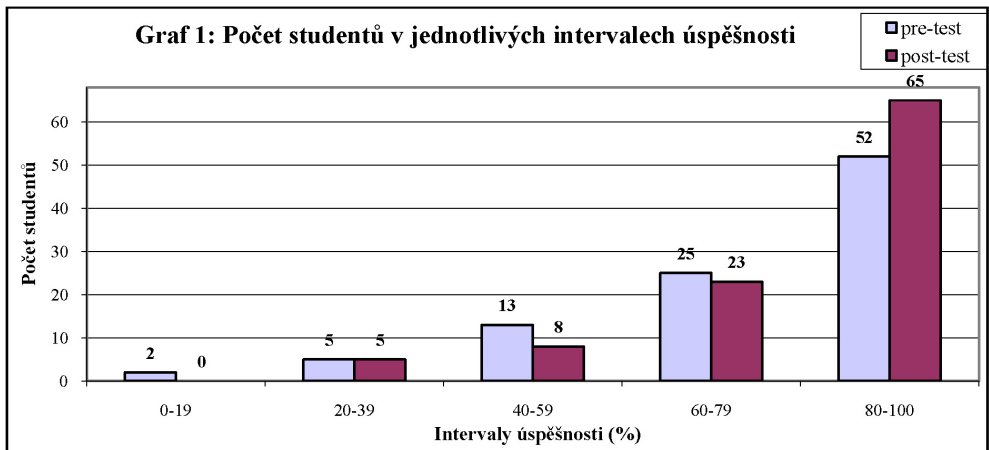
Můžeme říci, že normalizovaný zisk nám poskytuje informaci o efektivnosti výuky. Pokud bude $g < 0,3$, je výuka považována za méně efektivní, zlepšení studentů není příliš významné. Jestliže $0,3 < g < 0,7$, hovoří se již o středně efektivní výuce a pokud $g > 0,7$, studenti dosáhli velkého zlepšení, je výuka považována za vysoce efektivní [14].

V našem případě je hodnota normalizovaného zisku 0,2, což znamená, že studenti se sice zlepšili, ale toto zlepšení nebylo příliš významné, výuku hodnotíme z hlediska zlepšení konceptuálního pochopení jako málo efektivní ($g < 0,3$).

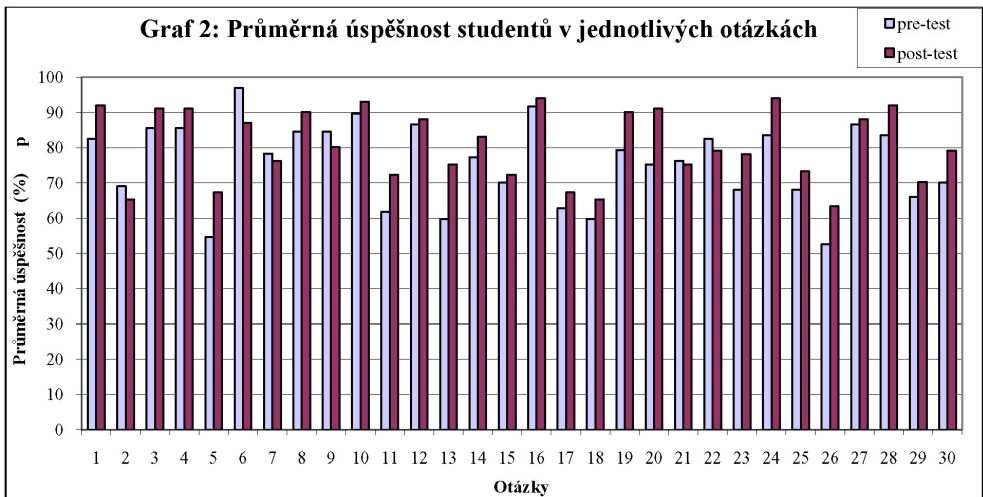
Počet studentů, kteří se nacházejí v jednotlivých intervalech úspěšnosti, je dobře vidět z následujícího grafu 1.

Z údajů v grafu 1 vidíme, že v post-testu už nikdo ze studentů nedosáhl nižší úspěšnosti v řešení FCI testu než 20 %. Naopak se ukazuje, že počet studentů, kteří byli v rozmezí úspěšnosti 80 %–100 %, vzrostl.

²⁾ Nicméně ani tento výsledek v FCI testu nezaručí, že si studenti bez problému poradí s jinými typy otevřených úloh z mechaniky (viz [13]).



V následujícím grafu 2 můžeme vidět, jaké úspěšnosti studenti dosahovali v jednotlivých otázkách³⁾, ve kterých otázkách se zlepšili a naopak, ve kterých se zhoršili. Z grafu je také patrné, které otázky dělaly studentům největší problémy, tedy ve kterých byla úspěšnost studentů nejnižší.



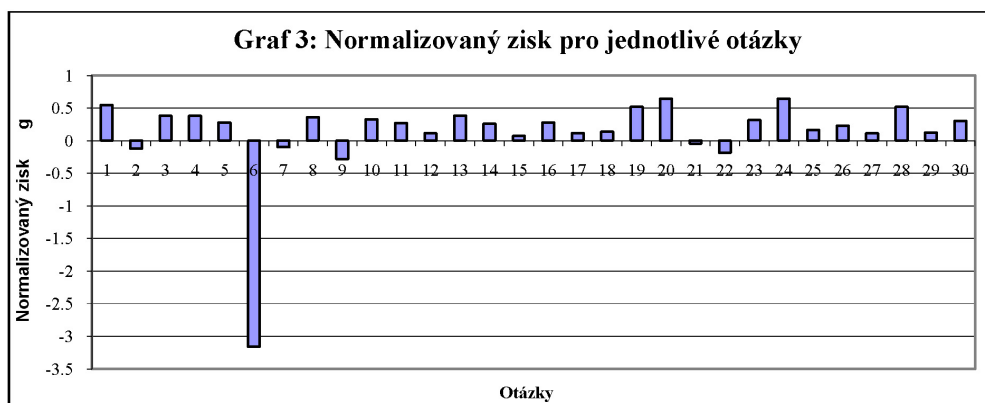
Z grafu 2 lze vyčíst, že úspěšnost studentů se ve většině otázek při řešení post-testu zvýšila, výjimku tvořilo šest otázek, kde došlo k poklesu úspěšnosti studentů. Studentům dělala v pre-testu problémy nejvíce úloha číslo 26, při řešení této úlohy bylo úspěšných pouze 52,6 % studentů. Tato úloha byla pro studenty nejobtížnější i v post-testu, úspěšnost se však zvýšila na 63,4 %. Úloha se týkala situace, kdy tlačíme

³⁾ Znění testu lze po zažádání o přístupové heslo stáhnout na adrese: <http://modeling.1a.asu.edu/R&E/Research.html> [cit. 1. 9. 2010].

po podlaze bednu určitou silou a ta se pohybuje s konstantní rychlostí. Úkolem bylo vybrat správné tvrzení o tom, co se bude dít s rychlostí bedny, jestliže zdvojnásobíme působící sílu při zachování ostatních podmínek.

Pokud se zaměříme na to, která úloha dělala studentům naopak nejmenší potíže, zjistíme, že v pre-testu jí byla úloha číslo 6 (tuto úlohu řešilo správně 96,9%). V této úloze bylo třeba vybrat trajektorii, po které se bude pohybovat kulička poté, co opustí kruhový žlábek ležící na stole. V post-testu byli studenti nejúspěšnější v úlohách číslo 16 a 24 (obě úlohy řešilo úspěšně 94,1 % studentů). Úloha 16 se týkala vzájemného silového působení těles a úloha 24 se ptala na to, co se bude dít s rychlostí pohybujícího se objektu, jestliže na něj přestane působit vnější síla.

Pro zajímavost zde uvádíme graf 3, kde je zachycen normalizovaný zisk pro jednotlivé otázky.



U otázek, jejichž normalizovaný zisk nabývá záporných hodnot, došlo při řešení post-testu k poklesu úspěšnosti studentů. Takových otázek bylo celkem 6. Nejvíce se studenti zhoršili (o 9,7 %) při řešení již zmiňované úlohy číslo 6, ve které byli v pre-testu nejúspěšnější. K mírnému zhoršení došlo i u podobné otázky 7. V obou případech vzrostl počet studentů, kteří volili odpověď vyjadřující představu, že kulička, která se pohybovala po kružnici, si bude tento pohyb „pamatovat“ a bude se pohybovat po zakřivené trajektorii i poté, co přestane působit vazbová síla. Druhý nejvyšší pokles byl u otázky 9, ve které šlo o skládání rychlostí. Zde vzrostl počet studentů (o 8,5 %), kteří neskládali rychlosti vektorově, ale sečetli jejich velikosti. U otázek, u nichž má normalizovaný zisk nejvyšší kladné hodnoty, studenti dosáhli největšího zlepšení. Můžeme pozorovat, že u žádné otázky nedošlo k tak výraznému zlepšení, jako došlo ke zhoršení u otázky 6. Nejvyšší normalizovaný zisk přísluší otázkám číslo 20 a 24. U otázky 24 poklesl počet studentů (o 11,4 %), kteří se domnívali, že poté, co přestane na objekt působit vnější síla, se bude velikost jeho rychlosti zmenšovat. V otázce 20 se jednalo o porovnání velikosti zrychlení dvou kostek, jejichž polohy v pravidelných, po sobě následujících intervalech, jsou zachyceny na obrázku. Zde poklesl počet studentů (o 10,4 %), kteří zaměňovali rychlost a zrychlení.

5. Nejčastější miskoncepce

Pomocí FCI testu jsme u studentů odhalili řadu miskoncepce, které studenti při řešení jednotlivých úloh využívali, a to jak v pre-testu tak v post-testu. Mezi nejčastější miskoncepce v pre-testu patřila představa o nezbytnosti síly působící ve směru každého pohybu. U některých otázek volila odpověď vyjadřující tuto představu až třetina studentů. Řada studentů měla také představu, že při uvádění do pohybu těleso získá jistou vtištěnou sílu (impetus), která pak postupně ubývá (např. při vyhození tělesa směrem nahoru, studenti uváděli, že během pohybu působí na těleso kromě gravitační síly také zmenšující se síla působící směrem nahoru – tuto odpověď volilo v pre-testu 33,0 % studentů, v post testu pak stále ještě 20,8 % studentů).

Objevovala se představa, že rychlost je úměrná působící síle (např. v již výše zmiňované úloze, kdy tlačíme po podlaze bednu určitou silou a její rychlost je konstantní, odpovědělo na otázku, co se stane s rychlostí bedny, pokud sílu zdvojnásobíme, v pre-testu 10,3 % studentů, že rychlost bedny bude konstantní a dvojnásobná než původní, v post-testu to bylo stále 10,9 % studentů, odpověď, že rychlost bude konstantní a větší než původní, ale ne nutně dvojnásobná, pak uvedlo v pre-testu 21,6 %, v post-testu počet klesl na 9,9 %; v jiné z otázek se studenti domnívali, že v situaci, kdy raketa ve vesmíru zapne motory, které ji začnou tlačit konstantní silou, bude rychlost rakety také konstantní, v pre-testu volilo tuto odpověď 8,2 % studentů, v post-testu se počet výrazně nezměnil, odpovědělo tak 8,9 % studentů, obdobné to bylo u těch, kteří uvedli, že rychlost chvíli roste a pak je konstantní, v pre-testu tak odpovědělo 7,2 %, v post-testu 7,9 % studentů).

V chybných odpovědích se vyskytovala také představa, že síla zapříčiňuje zrychlení vedoucí k mezní konečné rychlosti (např. odpověď, že kámen puštěný z několikametrové výšky dosáhne maximální rychlosti krátce po začátku pohybu a pak padá konstantní rychlostí, v pre-testu takto odpovědělo 7,2 % studentů, v post-testu pak 5,0 % studentů; v jiné z otázek odpovídalo v duchu této představy kolem 11 % studentů v pre i post-testu).

Objevily se také představy, že pohyb je určený největší působící silou, nebo že pohyb je výsledkem kompromisu mezi silami, či že je určený silou, která začne působit jako poslední.

V případech vzájemného působení těles někteří studenti uváděli, že těleso o větší hmotnosti působí větší silou (např. při čelní srážce osobního a nákladního automobilu působí nákladní automobil na osobní větší silou, než osobní automobil působí na nákladní – tuto odpověď volilo v pre-testu 13,4 % studentů, v post testu pak 7,9 % studentů).

Mnozí studenti (až kolem 15 %) také využívali představu, že těžší tělesa padají vždy rychleji.

Někteří studenti se domnívali, že když se dvě tělesa míjejí, mají stejnou rychlost. Objevily se také odpovědi, kdy studenti nerozlišovali mezi rychlostí a zrychlením (v pre-testu 14,4 %, v post-testu došlo k poklesu na 4,0 %) nebo kdy studenti uplatňovali v řešeních nevektorový součet rychlostí (v pre-testu 9,3 %, v post-testu došlo k nárůstu na 17,8 %).

V post-testu nedošlo ve výskytu miskoncepcí u studentů k velkým změnám. Nejčastější miskoncepce, které se u studentů při řešení post-testu objevovaly, byly obdobné jako v pre-testu.

6. Srovnání s výsledky ze světa

Dále uvádíme některé další dostupné výsledky FCI testu zahraničních škol a univerzit a také výsledky českých středoškoláků.

Na úvod připomínáme, že průměrná úspěšnost studentů 1. ročníku MFF UK oboru fyzika byla v pre-testu 76,0 %, průměrná úspěšnost v post-testu byla 80,8 %.

Studenti slovenské Přírodovědecké fakulty UPJŠ v Košicích dosáhli v roce 2007 úspěšnosti přibližně v rozmezí 40 %–45 % v pre-testu, v post-testu pak kolem 50 % ([15]). V roce 2008 byla úspěšnost v pre-testu v rozmezí 50 %–53 % a v post-testu pak 60 %–65 %.

Výsledky testování v USA ukazují, že studenti (zřejmě různých specializací) vstupující do základních vysokoškolských fyzikálních kurzů mívali většinou skóre asi 40 %–50 % ([15]). Konkrétněji, studenti Univerzity v Arizoně dosáhli úspěšnosti v pre-testu 52 %, v post-testu pak 63 %. Na Minnesotské univerzitě se výsledky studentů v pre-testu v letech 1997–99 pohybovaly kolem 41 % správných odpovědí ([16]).

Z harvardské univerzity máme pouze výsledky post-testu, kde dosáhli studenti výsledku 77 % (vztahuje se k roku 1992). (Podle [10].)

Výborného výsledku dosáhli v pre-testu studenti 1. ročníku fyziky na Cambridgeské univerzitě. Jejich průměr byl 92 %. Počet testovaných studentů byl ale pouze 10. ([13])

Úspěšnost studentů vybraných středních škol v Arizoně byla v pre-testu 41 % a v post-testu 57 %. U studentů chicagských středních škol byla úspěšnost v pre-testu 27 %, v post-testu 42 % (tato data se vztahují k roku 1992).

Dále uvádíme výsledky finských středoškolských studentů, kteří byli vzdělávání interaktivním přístupem k výuce. Test byl zadán 22 studentům ve věku 16 let. V pre-testu byla úspěšnost těchto studentů 28 % a v post-testu 69 % (tyto výsledky se vztahují k roku 2002) [17].

Test FCI byl zadán i několika třídám českých středoškoláků, a to obvykle v 1. ročníku vyššího gymnázia před výukou mechaniky a po jejím probrání. Výsledky v pre-testu se pohybovaly v rozmezí 21 % – 30 %, výsledky v post-testu pak v rozmezí 31 % – 46 % (údaje jsou z let 2006–2009) [18].

7. Závěr

Význam FCI testu vidíme především v tom, že každý učitel může pomocí testu zjistit, jaká je úroveň porozumění studentů základním pojmům newtonovské mechaniky a jaké nesprávné představy u studentů převládají. Na tyto miskoncepce se pak může zaměřit a pokusit se o jejich odstranění. Pomocí FCI testu můžeme také posoudit

efektivnost výuky a na základě toho se zamyslet nad metodami, které jsou v současné době ve školách využívány, popř. vyzkoušet metody jiné.

L i t e r a t u r a

- [1] CLEMENT, J.: *Students' alternative conceptions in introductory mechanics*. Amer. J. Phys. 50 (1982), 66.
- [2] PETERS, P.C.: *Even honors students have conceptual difficulties with physics*. Amer. J. Phys. 50 (1982), 501.
- [3] HALLOUN, I.A., HESTENES, D.: *Common sense concepts about motion*. Amer. J. Phys. 53 (1985), 1056.
- [4] HALLOUN, I. A., HESTENES, D.: *The initial knowledge state of college physics students*. Amer. J. Phys. 53 (1985), 1043.
- [5] DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHFORD, P., WOOD-ROBINSON, V.: *Making Sense of Secondary Science*. Routledge Falmer, New York, 2003.
- [6] MANDÍKOVÁ, D., ZIELENIECOVÁ, P.: *Intuitivní představy v mechanice*. PMFA 38 (1993), 233.
- [7] MANDÍKOVÁ, D.: *Intuitivní představy o pohybu a síle I a II*. MFI 15 (2006), 539, 598.
- [8] MANDÍKOVÁ, D.: *Intuitivní představy o gravitačním působení*. MFI 16 (2006), 85.
- [9] MANDÍKOVÁ, D., ČÍŽKOVÁ, D.: *Prekoncepce studentů o síle a pohybu*. MFI 19 (2010), č. 7, 406 (1.část), č. 8, 478 (2. část).
- [10] HESTENES, D., WELLS, M., SWACKHAMER, G.: *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher 30 (1992), 141.
- [11] HESTENES, D., HALLOUN, I.: *Interpreting the Force Concept Inventory*. The Physics Teacher 33 (1995), 502.
- [12] ČÍŽKOVÁ, D.: *Prekoncepce studentů o síle a pohybu*. Diplomová práce. Praha, MFF UK 2009.
- [13] MAHAJAN, S.: *Observations on teaching first-year physics*. Dostupné online: http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0512/0512158v1.pdf [cit. 27.10.2009].
- [14] HAKE, R.: *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. Amer. J. Phys. 66 (1998), 64.
- [15] HANČ, J. A KOL.: *Štandardizované konceptuálne a postojové testy ako nástroje hodnotenia výučby*. Zborník príspevkov. Medzinárodná konferencia DIDFYZ 2006. UKF, Nitra 2007.
- [16] HENDERSON, CH.: *Common Concerns about the Force Concept Inventory*. The Physics Teacher 40 (2002), 542.
- [17] SAVINAINEN, A., SCOTT, P.: *Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching*. Physics Education 37 (2002), 53.
- [18] *Interní výsledky z průzkumů*. Nepublikované.