

USPJESI I TEŠKOĆE JEDNE IMPLEMENTACIJE PARADIGME »AKTIVNOGA UČENJA« U SVEUČILIŠNOJ FIZICI

Josip Sliško i Rebeca Medina Hernández

Departamento de Matemáticas y Física,
ITESO, Tlaquepaque, México

Primljeno, 5. prosinca 2005.

Postaviti studente u centar edukativnog procesa i iskoristiti rezultate edukativnih istraživanja bazične su karakteristike važnog pokreta čiji je cilj poboljšati učenje u mnogim sveučilišnim kursovima. Za kursove mehanike postoji eksperimentalna evidencija da didaktika s »aktivnim studentima« daje bolje rezultate nego didaktika s »aktivnim profesorom i pasivnim studentima«. U ovome se radu prezentiraju prvi rezultati implementiranja didaktike koja potiče aktivno učenje na jezuitskom sveučilištu u Guadalahari (ITESO).

Odlučili smo se za format implementacije u kojem nema profesorskog predavanja i u kojem se naglašavaju kognitivni i metakognitivni aspekti učenja. Znanja prijeko potrebna za rad u učionici studenti su dužni stjecati uz pomoć zadaća čitanja. Razumijevanje čitanog teksta potiče se sugestijom da je važno identificirati nerazumljive dijelove, elaboracijom nedovoljno razrađenih dijelova (self-explication) i konstrukcijom konceptualnih mapa. Kvaliteta produkata čitanja s razumijevanjem i rezultatima kratkih testova za provjeru naučenog daju studentima priliku da čitanjem ostvare 20% od moguće maksimalne ocjene.

U učionici studenti razmatraju konceptualna pitanja (u verbalnom formatu, bez video ilustracije ili s njom) i rješavaju probleme uz pomoć ekspertne strategije (vizualizacija problemske situacije, pojmovna analiza, matematičko modeliranje, verbalno planiranje puta do rješenja, matematička realizacija plana, analiza rješenja i zaključci u vezi s ulogom koju riješeni problem ima u postignutom znanju).

Dizajn laboratorijskih vježbi bazira se na sekvenci POE (Predict – Observe – Explain), u kojoj studenti prvo »lansiraju« predviđanja s obrazloženjima, opažaju realizaciju fenomena i poslije objašnjavaju eventualne razlike između predviđenog i opaženog.

Glavni problemi implementacije ove didaktike jesu otpor koji studenti pokazuju prema čitanju s razumijevanjem i njihovo (pogrešno) vjerovanje da je profesorovo predavanje nužan uvjet za njihovo učenje.

Ključne riječi: *aktivno učenje, grupno učenje, učenje putem čitanja, rješavanje problema, konceptualne mape, video kao sredstvo učenja, sekvenca predvidjeti – opažati – objasniti, tradicionalna nastava*

1. Paradigma »aktivnoga učenja« i aktualne edukacijske promjene

Kopernikanski obrat u nastavi, na svim obrazovnim razinama, sastoji se u tome da se premjesti profesor i postavi student u centar edukativnog univerzuma. Taj obrat, koji studentu daje priliku da od *pasivnog objekta nastave* postane *aktivni subjekt učenja*, zajedno sa širokim korištenjem rezultata edukativnih istraživanja o učenju u školskim ambijentima, jest glavna karakteristika važnog pokreta čiji je cilj poboljšati učenje u mnogim sveučilišnim kursovima. U slučaju fizike moguće se konzultirati s impresivnom bibliografijom radova i knjiga, kako o konceptualnim teškoćama s kojima se susreću studenti kada uče fizikalne pojmove i pojave, tako i o različitim strategijama nastave koje su primjerene tim teškoćama (McDermott i Redish, 1999; Thacker, 2003).

Za kurseve mehanike postoji eksperimentalna evidencija, bazirana na rezultatima 62 kursa s preko 6.000 studenata, da didaktika s aktivnim studentima postiže veći konceptualni napredak nego didaktika s aktivnim profesorom i pasivnim studentima, što karakterizira tradicionalnu praksu nastave (Hake, 1998).

Implementacija »kopernikanskog obrata« u praksi je izazvala više važnih promjena. Najveća je promjena bez sumnje ta da praktično više nema »profesorskog monologa« koji konzumira sve raspoloživo vrijeme u učionici. Kako je dobro poznato, »dobronamjerni« cilj predavanja jest što bolje izložiti sadržaj kursa, tj. detaljno prezentirati studentima »informaciju i ilustraciju«, kako o pojmovima, zakonima i teorijama fizike, tako i o njihovoj primjeni u rješavanju problema.

U slučajevima kada se potpuno eliminiraju profesorova predavanja, u učionici se studenti »bave fizikom« slijedeći priručnik s aktivnostima. (Laws, 1991; Laws, 1996; Jackson, Laws i Franklin, 2003). U nekim od tih aktivnosti koriste se računala sa senzorima za dobivanje, vizualizaciju i analizu podataka o realnim procesima, a u nekima studenti raspravljaju o konceptualnim pitanjima. U »blažim« verzijama, profesor razmatra samo one dijelove sadržaja koje studenti nisu u stanju naučiti čitanjem u kući ili diskusijom s drugim studentima (Meltzer i Manivannan, 1996; Mazur, 1997; Meltzer i Manivannan, 2002).

Najambiciozniji projekt, koji povezuje svijet tradicionalne nastave, kodificiran u legendarnom udžbeniku »*Temelji fizike*« (Halliday, Resnick i Walker, 2000), sa svijetom alternativnih metodologija koje imaju uspjeha u učionicama, jest impresivna kolekcija nastavnih materijala koji promoviraju aktivno učenje fizike. Oni su integrirani u jednu instruktivsku

cjelinu priručnikom u kojem se, uz dobro izabrane i predstavljene elemente suvremene kognitivne teorije učenja, daje niz sugestija kako bolje predavati fiziku oslanjajući se na te materijale (*Redish, 2003*). Važno je istaknuti da je bilo nužno napraviti niz promjena u udžbeniku Hallidaya, Resnicka i Walkera kako bi bio kompatibilan s pedagoškom vizijom i praksom aktivnog učenja. Rezultat je »novi« udžbenik koji se zove »*Razumijevajući fiziku*« (*Cummings et al., 2004*). Lako je primijetiti da, dok »stari« naziv naglašava sadržaj kursa, »novi« naslov udžbenika naglašava njegovo učenje i razumijevanje. Ta promjena naglaska u naslovu nije tek puki pokušaj traženja bolje marketinške fraze, nego izražava fundamentalnu promjenu u viziji poželjnog rezultata pedagoške prakse.

Reduciranja i eliminiranja profesorova diskursa (koji *aktivno* izlaže informaciju *pasivnim* studentima), s ciljem da se stvore mogućnosti za višestruke aktivnosti studenata u učionici, kojima pomažu profesor i/ili njegovi pomoćnici ili inteligentni tutor *on-line*, važan je element generalne strategije podizanja kvalitete i sniženja troškova u nizu visokoškolskih institucija u SAD-u (*Twigg, 2003*). Kako je stvaranje i poticanje edukativnih ambijenata za aktivno učenje daleko od toga da bude trivijalna zadaća, ne začuđuje da već postoje priručnici za zainteresirane nastavnike, od srednje škole do sveučilišta (*Marzano, Pollack i Pickering, 2001; Marzano, Norford, Paynter, Pickering i Gaddy, 2001; Michael i Modell, 2003*).

Trend istraživanja mogućnosti aktivnog učenja izražen je, također, i u edukaciji inženjera (*Prince, 2004; Smith, Sheppard, Johnson i Johnson, 2005*).

Nije na odmet istaknuti da Prince (2004) smatra da je »aktivno učenje« još polemična tema koja često polarizira profesorsku zajednicu. Zastupnici i praktikanti »aktivnog učenja« vide ga kao dovoljno provjerenu alternativu tradicionalnim metodama koji ne promoviraju profesionalna znanja i sposobnosti, nužne za uspješan rad u svijetu koji se sve brže mijenja. Međutim, skeptici vide »aktivno učenje« kao još jedan mogući broj na dugoj listi »promašenih investicija« u edukacijskom univerzumu.

Prince (2004) smatra da se do »aktivnog učenja« može doći uz bilo koju metodu instrukcije koja aktivno uključuje studente u proces učenja. Naravno, ako se učenje smatra procesom koji nadilazi memoriranje i ponavljanje onoga što je profesor rekao ili napravio, onda didaktički dizajn koji nastoji promicati aktivno učenje mora tražiti da studenti realiziraju aktivnosti autentičnog učenja u kojem je od fundamentalne važnosti da pažljivo misle o onome što vide, čuju i čine, bilo rukama ili »glavom«.

U skladu s tom idejom, bit aktivnog učenja jest stvarna posvećenost i stalno intelektualno sudjelovanje studenata u procesu učenja. Za uspo-

redbu važno je naglasiti da u tradicionalnoj nastavi, baziranoj u velikoj mjeri na predavanju profesora, studenti primaju informaciju na pasivan način i često je jedina vidljiva aktivnost užurbano prepisivanje onoga što je profesor napisao na ploči.

Prince (2004) ističe da sve forme aktivnog učenja, koje se prakticiraju i ocjenjuju u edukaciji inženjera (kooperativno učenje, kolaboracijsko učenje i učenje bazirano na rješavanju problema), imaju eksperimentalnu potvrdu svoje efikasnosti, iako impresivnost te potvrde varira od slučaja do slučaja.

Jedan od očekivanih rezultata konstrukcije jedinstvenoga europskog visokoškolskog prostora jest suštinska promjena prakse, koja, u što bližoj budućnosti, treba biti manje profesorsko izlaganje sadržaja, a više studentsko aktivno stjecanje znanja i sposobnosti prijeko potrebnih za uspješan nastavak studija ili profesionalni rad u »ekonomiji znanja« koja se brzo mijenja. O tome rječitro govore »Dublinski deskriptori« (www.jointquality.org). Po njima se kvaliteta nastave u prvom sveučilišnom ciklusu mjeri razinom koju dosežu studenti u sljedećim evaluacijskim rubrikama: (a) znanje i razumijevanje; (b) sposobnost primjene znanja i razumijevanja u profesionalnom kontekstu; (c) sposobnost identificiranja i korištenja podataka za formuliranje odgovora na dobro definirane konkretne i apstraktne probleme; (d) moć komuniciranja o vlastitom razumijevanju, sposobnostima i aktivnostima s kolegama, supervizorima i klijentima i (e) sposobnosti učenja koje osiguravaju samostalno nastavljanje studija. Nema sumnje da su paradigma »aktivnog učenja« i njoj primjeren didaktički dizajn odgovarajuća osnova da bi deskriptori kvalitete postali edukativnom stvarnošću.

U ovom radu prezentiramo glavne karakteristike nastavnog dizajna koji promovira aktivno učenje i početna iskustva stečena tijekom njegova implementiranja u prvih 10 tjedana. Dizajn i iskustva implementiranja odnose se na kurs »Mehanika« koji se predaje na jezuitskom sveučilištu u Guadalahari – ITESO (akronim od Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Zapadni Institut za Tehnologiju i Više Studije). U kurs je bilo uključeno preko 100 studenata, podijeljenih u 4 skupine. Osim autora, u kursu su kao profesori sudjelovali i Ramón Barajas Baraza i Ismael Hernández Marín. Ovaj kurs organizira se u sklopu Odsjeka za Matematiku i Fiziku i namijenjen je studentima 6 inženjerskih smjerala (elektronika, računalski sustavi, mreže i komunikacije, industrija, okoliš i građevinarstvo).

2. Ocjena kognitivne razine i kritičkog mišljenja studenata

Prije početka aktivnosti u kursu bilo je važno utvrditi:

- (1) Kognitivnu razinu studenata
- (2) Sposobnosti za kritičko mišljenje.

S tim ciljem, u prvoj sesiji kursa, studenti su trebali odgovoriti na pitanja iz »Učioničkog testa znanstvenog rezoniranja« (Lawson, 1995), (poznat je, također, i kao »Lawsonov test«) i »Test kritičkog mišljenja« koji je baziran na nekoliko pitanja iz knjige »Zagonetke kritičkog mišljenja« (DiSpezio, 1996).

Spomenuti testovi omogućuju znanja (1) o poziciji svakog studenta na skali kognitivnog razvoja (konkretni ili empirijsko-induktivni mislitelj, mislitelj u tranziciji, formalni ili hipotetičko-deduktivni mislitelj) i (2) o formama njihova mišljenja i kognitivnim resursima kojima se koriste u rješavanju problema (vizualizacija problemske situacije, intuicija, empirijsko znanje i iskustva, analogije itd.). Ova su nam znanja bila prijeko potrebna za fino planiranje metodologije i aktivnosti u kursu, kao i za formiranje skupina za kolektivno učenje.

2.1. Razina znanstvenog rezoniranja

Razina znanstvenog rezoniranja u dobroj mjeri korespondira s razinom kognitivnog razvoja. Iako je mnogima to bio već 15. kurs, rezultati za naše studente nisu se mnogo razlikovali od rezultata koje imaju tek upisani studenti. Prikazani su u **Tabeli 1**.

Tabela 1. Razine kognitivnog razvoja koje su dosegli studenti

Razina znanstvenog rezoniranja	Skupina 1 (broj studenata)	Skupina 2 (broj studenata)	Skupina 3 (broj studenata)	Skupina 4 (broj studenata)	Ukupan broj po razini rezoniranja
Empirijsko – induktivni (EI)	1	5	7	1	14 (13%)
Tranzicija između EI i HD	18	18	19	10	65 (70%)
Hipotetičko – deduktivni (HD)	8	6	5	10	29 (27%)

Prema Aronsu i Karplusu (Arons i Karplus, 1976), u populaciji sveučilišnih bruoša u SAD-u, distribucija po razinama kognitivnog razvoja

otprilike je sljedeća: jedna trećina (33%) su konkretni mislitelji, jedna je trećina u procesu tranzicije i samo jedna trećina formalni su mislitelji. Važno je naglasiti da su samo ovi potonji kognitivno spremni za kurseve što koriste apstraktnom rezoniranju, kakvi su obično kursevi sveučilišne fizike i matematike.

U takvoj perspektivi, pretpostavljajući da je distribucija kognitivnih razina bila uniformna (jedna trećina konkretni mislitelji, jedna trećina u tranziciji i jedna trećina formalni mislitelji), moglo bi se zaključiti da je nastupila migracija konkretnih mislitelja u zonu tranzicije, ali da oni studenti koji su bili u zoni tranzicije nisu uspjeli postati formalni mislitelji. Ako ovaj scenarij odgovara stvarnosti, tada je boravak na sveučilištu bio povoljan za konkretne mislitelje, ali ne i za one iz zone tranzicije. Ne treba posebno isticati da je ovo samo jedno od mogućih viđenja rezultata. Problem utjecaja sveučilišnih kursova na kognitivni razvoj studenata zahtijeva više istraživanja. Posebno je važno poznavati početnu razinu znanstvenog rezoniranja koja bi služila kao referentna točka za kasnije usporedbe.

2.2. Sposobnosti kritičkog mišljenja

Test sposobnosti kritičkog mišljenja imao je sedam pitanja. Dva se pitanja prezentiraju kao primjeri u **Tabeli 2**.

Tabela 2. Dva pitanja iz testa kritičkog mišljenja

Natjecanje fanova računalstva: U natjecanju fanova računalstva traži se tko je najbrži u aktiviranju miša 40 puta. Karakteristike natjecatelja bile su: Josip je napravio 10 otkućaja za 10 sekundi, Marija 20 otkućaja za 20 sekundi i Ana 5 otkućaja za 5 sekundi. Vrijeme se mjeri od trenutka u kojem je napravljen prvi otkućaj: Tko je bio pobjednik natjecanja? Kakvo je bilo vrijeme svakog od natjecatelja?

Broj vlakova između Centra i Pokrajine: U jednoj zemlji gradove Centar i Pokrajinu povezuju dvije paralelne pravocrtne pruge. Svakog punog sata iz Centra polazi vlak za Pokrajinu i iz Pokrajine za Centar. Putovanje u oba smjera traje točno 3 sata. Zamisli da si u vlaku koji polazi iz Centra. Brojeći i vlak iz Pokrajine koji ulazi u kolodvor u trenu tvojega polaska, koliko ćeš vlakova vidjeti do završetka putovanja u Pokrajini?

Rezultati testa kritičkog mišljenja bili su znatno ispod očekivanja. Prikazani su u **Tabeli 3**.

Tabela 3. Rezultati testa kritičkog mišljenja

Broj točnih odgovora	Skupina 1 (broj studenata)	Skupina 2 (broj studenata)	Skupina 3 (broj studenata)	Skupina 4 (broj studenata)	Ukupan broj studenata s postignutim brojem točnih odgovora
0	0	4	4	1	9 (8%)
1	9	10	11	1	31 (29%)
2	9	10	10	3	32 (30%)
3	7	3	5	8	23 (22%)
4	2	3	1	5	11 (10%)
5	0	0	0	1	1 (1%)

Lako je vidjeti da je 7 od 10 studenata imalo najviše dva točna odgovora. Samo jedan od više od 100 studenata uspio je imati 5 točnih odgovora, dok nije bilo studenata sa 6 i 7 točnih odgovora.

Ovdje je važno istaknuti da su sposobnosti za rješavanje problema bitnih za kvalitetnu edukaciju inženjera mnogo sofisticiranije i nadmašuju i kognitivni razvoj i sposobnost kritičkog mišljenja. Zapravo, razina kognitivnog razvoja i sposobnost kritičkog mišljenja samo su nužan uvjet za mnogo zahtjevniji intelektualni napredak.

Svakog dana raste svijest o tome da jedan od najvažnijih rezultata studiranja inženjerstva treba biti adekvatna promjena u uvjerenjima koja imaju studenti u svezi s prirodom nastave, učenja i znanja (*Felder i Brent, 2004a*). Nastava koja promovira fundamentalne promjene (na primjer, znanje nije apsolutno, nego zavisi od konteksta) nužno mora postaviti studenta u centar edukativnog procesa i učiniti ga odgovornim za vlastiti intelektualni rast (*Felder i Brent, 2004b*).

3. Dokaz prednosti skupnog učenja i ekspertnih savjeta

Imajući većinom studente svjesne ograničenosti svojih sposobnosti, odlučili smo dati im priliku da upoznaju ono što će se promovirati u kursu i da sami zaključe o sposobnostima koje mogu doseći ako se potrudu i posvete učenju nužno vrijeme. Zapravo, ITESO od studenata »zahtijeva« da za svaki sat proveden s profesorom u učionici »odrade« jedan sat u svojem slobodnom vremenu. Ideje koje smo željeli naglasiti konkretnim primjerima sljedeće su:

- prednosti skupnog učenja (kao kontrast individualnom učenju);

- važnost ekspertnih savjeta u svezi s rješavanjem problema (kao kontrast osobnim, zdravorazumskim ili površnim osobnim strategijama koje ne uključuju kritičko mišljenje).

3.1. Planiranje aktivnosti

Studenti su zamoljeni da formiraju tročlane skupine kako bi pristupili rješavanju triju problema iz testa kritičkog mišljenja u kojima su imali malo ili nimalo uspjeha. Dva od tri problema prezentirana su u Tabeli 2. Rečeno im je da je zadaća ove aktivnosti pružiti im jasan dokaz kako se može napredovati učeći u skupini i uz stručne savjete.

1. Rečeno im je da je za napredak u problemu »**Broj vlakova između Centra i Pokrajine**« veoma važno pokušati stvoriti vizualnu reprezentaciju problemske situacije. Nije naodmet reći da se velika većina nije koristila ovim resursom u individualnim pokušajima.
2. Za napredak u problemu »**Natjecanje fanova računalstva**« sugerirana im je važnost kritičkog čitanja teksta. Također su upozoreni da moraju biti veoma kritični prema »čudnim rješenjima« koja ne odgovaraju onomu što se zbiva ili bi se moglo zbiti u stvarnom svijetu. Naime, većina studenata je kao svoj »točan odgovor« ponudila jednu od ovih dviju »mogućnosti«:
 - (a) Nije bilo pobjednika jer su svi trebali 40 sekundi za 40 otkucaja.
 - (b) Nijedan sudionik nije završio natjecanje.

U prvom »rješenju« ključnu je ulogu imalo nekritičko čitanje teksta. Velika većina previdjela je detalj da vrijeme počinje »teći« od prvog otkucaja. Onaj tko kritički čita tekst lako zaključuje da je Josip napravio 9 otkucaja za 10 sekundi, Marija 19 za 20 sekundi, a Ana 4 za 5 sekundi. Pri takvom čitanju, jasno je da je Marija pobjednica.

Uzrok drugog »rješenja« pogrešno je shvaćanje danog »prolaznog vremena« kao »kompletnog vremena«. Radi se o »čudnom rješenju« ako se zna koliki je broj otkucaja koji može napraviti svaka normalna osoba.

3.2. Rezultati aktivnosti

Rezultati skupne aktivnosti iznenadili su i same studente. Svi problemi iz testa kritičkog mišljenja koji su im prije izgledali nerješivi ili su ih »riješili« na pogrešan način, bili su riješeni. U slučaju problema s vlakovima neka skupna rješenja bila su veoma originalna. Za takav je ohrabrujući (i za mnoge intelektualno uzbudljiv!) zaokret bilo dovoljno izmjenji-

vati ideje rješavanja u skupini i uzeti u obzir sugestije u svezi s korištenjem svih mentalnih resursa i s aspektima koji se moraju razmotriti.

Iako se to nije tražilo, studenti su bili u stanju otkriti svoje propuste u rješavanju testa kritičkog mišljenja i došli do sljedećih zaključaka:

- (a) Nastojati uvijek imati vizualnu reprezentaciju problema.
- (b) Čitati pažljivo svaku riječ i rečenicu.
- (c) Koristiti se intuicijom, ali i biti u stanju analizirati je na kritički način.
- (d) Pitati profesora za pojašnjenje ako postoje sumnje u adekvatno razumijevanje problemske situacije.

Većina studenata bila je iznenađena prednostima skupnog učenja. Jedan je student to iskazao sljedećim riječima: »Važno je čuti druga mišljenja i na taj način spoznati je li moj način mišljenja dobar ili loš«.

4. Generalni aspekti didaktičkog dizajna kursa

Kao okosnicu implementacije kursa izabrali smo sljedeće didaktičke ideje:

- (1) Eliminirati potpuno predavanje profesora;
- (2) Naglasiti i prakticirati kognitivne i metakognitivne aspekte učenja;
- (3) Obrazložiti i prakticirati ekspertnu strategiju u rješavanju problema;
- (4) Koristiti se sekvencom Predviđanje – Opažanje – Objašnjenje, kako s video kapsulama, tako i u laboratorijskim aktivnostima.

Prva ideja ima za posljedicu da osnovna znanja, nužna za skupno učenje u učionici, studenti moraju steći domaćim zadaćama čitanja. Cilj je bio osloboditi sve vrijeme boravka u učionici da bi se studenti mogli »baviti fizikom«, bilo da odgovaraju na konceptualna pitanja (s video ilustracijom ili bez nje), diskutiraju o svojim idejama i koncepcijama ili skupno rješavaju probleme slijedeći korake ekspertne strategije. Nakon prvih tjedana u te su aktivnosti uključeni diskusija o individualnima i crtanje skupnih konceptualnih mapa.

4.1. Elementi sistema evaluacije

Realizirajući spomenute aktivnosti, student stalno uči i ocjenjuje napredak svog znanja uz pomoć (a) opažanja pojava (bilo realiziranih u učionici, bilo prikazanih na videu), (b) diskusije vlastitih i tuđih ideja u

skupini i (c) objašnjenjima profesora u slučajevima kada je neka sumnja ili pojmovna teškoća generalna. Jasno je da ovaj tip permanentnog monitoringa i ocjenjivanja vlastitih ideja zahtijeva da student učini mentalni napor nužan za aktiviranje i formuliranje vlastitih ideja i da bude spreman te ideje izložiti kritici članova skupine ili procesu uspoređivanja sa stvarnošću.

U prethodnoj implementaciji kursa »Mehanika« ustanovilo se da 70% završne ocjene odgovara zadaćama i parcijalnim ispitima (u kojima se ocjenjuje »teorijski« dio kursa), dok preostalih 30% zavisi od uspjeha studenta u laboratorijskim aktivnostima. U ovoj implementaciji elementi sistema evaluacije bili su:

- Kratki dijagnostički ispiti čitanja (10%);
- Produkti čitanja (na primjer, obrazložene sumnje) (10%);
- Domaće zadaće (10%);
- Parcijalni ispiti (40%).

Lako je vidjeti da sustav evaluacije daje posebnu važnost aktivnosti čitanja. Razvijajući dobro praksu čitanja s razumijevanjem, student može »zaraditi« do 20% maksimalne ocjene.

Struktura parcijalnih ispita zrcali aktivnosti vezane s konceptualnim pitanjima i ocjenjuje individualne efekte skupnog rada na rješavanju problema. Čine ih dva konceptualna pitanja, čiji odgovori moraju biti široko obrazloženi, i tri problema u kojima student mora slijediti format rješavanja koji se prakticira u učionici.

Dio maksimalne ocjene od 30%, koji odgovara laboratorijskim vježbama, dalje se dijeli na sljedeći način:

- Individualni rad u sekvenci Predvidjeti – Opažati– Objasniti (15%);
- Skupni izvještaj o vježbi realiziranoj u laboratoriju (15%).

4.2. Ocjenjivanje čitanja izvan učionice: dijagnostički ispit i »obrazložene sumnje«

Kako je aktivnost čitanja važan faktor u implementaciji ideje, morali smo se – kao što se često radi u međunarodnoj politici – koristiti taktikom »mrkve i batine«. Taktika »mrkva« bila je promoviranje kulture čitanja s razumijevanjem preko dijela ocjene koji nagrađuje rezultate traženja sumnjivih ili nerazumljivih mjesta u tekstu, bilo da se radi o pojmovima, pojavama ili riješenim problemima. Taktika »batine« sastojala se u povremenim dijagnostičkim ispitima u kojima se ocjenjivao rezultat čitanja.

Početni sadržaj tih kratkih ispita činile su dvije jednostavne definicije pojmova i jedan riješeni ilustrativni problem iz udžbenika. Studenti su na raspolaganju imali 15 minuta.

Ovaj format dijagnostičkog ispita studentima se činio previše zahtjevan, posebno dio u kojem su trebali pokazati da su u stanju sami riješiti problem koji je već riješen u udžbeniku. Zbog toga smo, na neki način, »omekšali« dijagnostički ispit tražeći detaljno obrazložene odgovore na dva konceptualna pitanja. Ova je promjena također uzrokovana činjenicom da studenti imaju znatne teškoće u konceptualnom dijelu kursa.

Da bi »obrazložene sumnje« bile nagrađene, treba ih poslati elektroničkom poštom ili predati u pisanoj formi. U ovisnosti o tipu i kvaliteti sumnja, akcije profesora mogu biti sljedeće: (a) ako se radi o veoma osobnoj sumnji ili teškoći, student dobiva »osobni tretman«, elektronička poruka ili pisani komentar na istom papiru; (b) ako sumnja ili teškoća mogu biti važne za sve studente (sumnje i teškoće poznate iz istraživačke literature), onda se u učionici ili prezentira odgovarajući profesorov komentar ili se traži od studenata da skupno razmotre konceptualnu teškoću i pokušaju sami naći rješenje.

Priroda do sada prezentiranih »obrazloženih sumnja« veoma je raznolika i proteže se od identificiranih tiskarskih pogrešaka koje studenti nalaze u tekstu (pogreške u numeraciji jednadžbi, simbolima za varijable, crtežima i dijagramima) do nerazumljivih dijelova u definicijama pojmova ili opisu pojava.

Kvaliteta pojedinih »obrazloženih sumnja« daje nam zadovoljstvo koje je teško ili čak nemoguće imati u jednom kursu koji se realizira na tradicionalni način (profesor govori – student sluša). Naime, ako se u svijesti studenta i javi neka sumnja, nema vremena ni za promišljanje i formuliranje ni mogućnosti za njezino nagrađivanje kroz ocjenu. U kontrastu s tim, u ovakvom tipu kursova, kroz »obrazložene sumnje« profesor dobiva dokumentirani uvid u fine detalje razumijevanja koje muče studente i također može saznati kako je student pokušao sam razriješiti sumnju i kojim se mentalnim resursima u tome koristio.

4.3. Što se zbiva kada nema sumnja i teškoća?

Broj studenata koji nas upoznaju sa svojim »obrazloženim sumnjama« ili teškoćama u razumijevanju nije velik. Ostali studenti koji se nisu koristili tom mogućnošću pokušali su joj osporiti smisao. Rekli su da nas ne upoznaju sa sumnjama i teškoćama jer ih, jednostavno, nemaju i da ne pristaju da im se na taj način »krade« 10% od maksimalne ocjene. Neki su čak inzistirali da je krajnje nepravedno »kažnjavati« ih zbog toga što

razumiju ono što čitaju. Suočeni s ovom »optužbom«, koja je tim studentima izgledala neoboriva, predložili smo da nas upoznaju sa svojim »obrazloženim sigurnostima« i da će, uz »obrazložene sumnje«, elaboracija bilo kakvog produkta čitanja biti nagrađena sa 10% maksimalne ocjene.

Kao moguće produkte čitanja naveli smo:

- a) Autoeksplikacije pojmova, pojava, dijagrama, crteža i formula, ako autoeksplikacije dopunjuju ono što postoji u udžbeniku;
- b) Zaključke koji se mogu izvući iz teksta, ali ih autor ne navodi;
- c) Nove primjere za bolje razumijevanje teksta.

Kao što je poznato iz istraživačke literature (*Chi et al., 1994*), aktivnosti autoeksplikacije, kao i sve ostale metakognitivne aktivnosti, znatno poboljšavaju kvalitetu učenja i razumijevanja. Iako smo se potrudili detaljno objasniti važnost »produkata čitanja« i dati primjere kako ih je moguće elaborirati, veoma malen broj studenata koristi se ovom mogućnošću da povisi svoju ocjenu. Stvarna je dobit u nekom smislu činjenica da nas studenti više ne optužuju da ih »kažnjavamo« zbog nedostatka sumnji. Ovdje se, dakako, radilo o pokušaju studenata da uklone negativne posljedice svoje čitalačke neaktivnosti korištenjem argumenata iz domene »pravednosti ocjenjivanja«.

4.4. Konceptualne mape

I rezultati s redizajniranim dijagnostičkim ispitom znanja stečenog čitanjem još ne zadovoljavaju. Zbog toga smo u praksu uveli dodatnu aktivnost koja stimulira kognitivne i metakognitivne procese tijekom čitanja. Radi se o elaboraciji konceptualnih mapa. Prema veoma brojnim rezultatima edukacijskih istraživanja, aktivnost konstrukcije i revizije konceptualnih mapa, ako se realizira na sustavan i ozbiljan način, stimulira organizaciju stečenog znanja i znatno podiže kvalitetu učenja (*Novak y Gowin, 1984; Novak, 1990; Novak, 1991; Novak, 1998*)

Za studente dviju skupina, prvi je autor prezentirao ideju i važnost konceptualnih mapa i ključne korake u njihovoj konstrukciji. Ta polusatna konferencija snimljena je video kamerom i kao video je prezentirana studentima ostalih dviju skupina. Nakon projekcije videa, profesori odgovarajućih skupina dopunili su konferenciju dodatnim komentarima.

Budući da čine dio domaće zadaće čitanja, konceptualne se mape najprije elaboriraju kroz osobnu aktivnost. U učionici, kroz skupnu aktivnost, studenti uspoređuju svoje osobne mape i nastoje elaborirati skupnu konceptualnu mapu. U toj aktivnosti studenti imaju priliku za refleksiju o tome što je u njihovim osobnim mapama bilo dobro, a što nije.

Pojedini studenti nastoje uložiti minimalno vrijeme u crtanje konceptualnih mapa i stoga elaboriraju strategije pojednostavnjenog procesa crtanja. To rezultira, s jedne strane, u konceptualnim konektorima koji su veoma dugački, a s druge strane, mapa poprima lančanu strukturu koja slijedi naraciju autora. Međutim, u ne malom broju slučajeva vidi se da aktivnost vizualizacije i organiziranja znanja poboljšava proces čitanja.

Uz druge inovacijske momente, o kojima će poslije biti više govora, u sljedećoj verziji kursa planiramo iskoristiti komercijalni software *Inspiration* za skupnu konstrukciju konceptualnih mapa. U kasnijim verzijama kursa želimo obogatiti i proširiti ovu aktivnost u pravcu »mapa znanja«, koje nastoje integrirati konceptualna, proceduralna i kontekstualna znanja (Lee, Baylor y Nelson, 2005). Za konstrukciju tih mapa, koje su mnogo ambicioznije i složenije od konceptualnih mapa, nužno je poštovati 5 principa koji karakteriziraju uspješnu praksu i znatno pomažu u rješavanju problema:

- (1) Konceptualna i proceduralna znanja moraju se razvijati zajedno;
- (2) Uvijek treba dodavati znanja o kontekstu problema;
- (3) Prostor za mape znanja mora biti fleksibilan;
- (4) Mora se ocjenjivati stupanj asocijacije između koncepata i procesa; i
- (5) »Alatke« za konstrukciju mapa znanja moraju imati mogućnost za višestruke reprezentacije.

5. Aktivnosti u učionici

5.1. Aktivnosti skupnog učenja

Zahvaljujući rezultatima testova za kognitivni razvoj i kritičko mišljenje, moglo se identificirati koji bi studenti mogli biti lideri, koji studenti čine »zlatnu sredinu« i koji studenti nemaju najbolje predispozicije za uspješan rad u kursu. Uzimajući u obzir ta znanja, formirane su skupine od 3 ili 4 studenta. Formirale su se prema principu da među studentima bude jedan mogući lider, jedan student iz »zlatne sredine« i jedan student iz rizične skupine. Posebno je istaknuto da uloga lidera nije da bude osoba koja nameće ideje, naređuje ili predstavlja skupinu, nego osoba čija je osnovna misija da pomaže da ostali članovi skupine napreduju u znanju i sposobnostima.

Velika većina studenata zdušno je prihvatila ovaj format učenja i tokom svake sesije pojavio se niz primjera dobrog skupnog rada. Veoma je veliko zadovoljstvo biti svjedokom spontanog iskazivanja sumnja ili po-

jmovnih teškoća, nepoznatih u istraživačkoj literaturi, i njihova neposrednog razrješavanja, u kojem se studenti ležerno koriste efektivnim primjerima i argumentima kojima bi se ponosio svaki profesor. Posebno su važni primjeri dijaloga u kojima student, koji je na početku bio u rizičnoj skupini, pokaže viši stupanj razumijevanja od aktualnog lidera i dobije za to izvrsno postignuće eksplicitno priznanje od profesora. Samo taj detalj, kojim se potiče intelektualni ponos i motivacija studenta, bio bi više nego dovoljan razlog za implementaciju aktivnog učenja.

Direktne intervencije profesora nastupale su samo kada znanja i sposobnosti članova skupine nisu bili dovoljni da bi se napredovalo u učenju. Međutim, i te intervencije nisu bile davanje točnog odgovora ili jasnih instrukcija kako doći do njega, nego su se sastojale od pitanja koja omogućuju da studenti kritički razmotre svoja stajališta i uklone konceptualne zapreke koje su onemogućavale napredak.

5.2. Konceptualna pitanja

Studentima se, u formi radnog lista, uručuje konceptualno pitanje u vezi s temom koja se razmatra. Studenti prvo individualno odgovaraju na pitanje i dužni su odgovor što detaljnije obrazložiti.

Kada svi studenti u skupini imaju svoje individualne odgovore i obrazložjenja, počinje skupna analiza svakog odgovora i obrazložjenja. Nastoji se postići jednoglasje oko najboljeg odgovora i obrazložjenja. Međutim, profesori stalno naglašavaju da jednoglasje ne može biti nametnuto brojanom nadmoći jednog odgovora među članovima skupine, nego mora biti postignuto jasno formuliranim pojmovnim i logičkim argumentima. Student koji nije uvjeren da mu je mišljenje većine prihvatljivo nema ga obvezu prihvatiti i ohrabruje ga se da zadrži svoj prvobitni odgovor i obrazložjenje.

5.3. Konceptualna pitanja prezentirana uz pomoć videa

U ovom tipu aktivnosti koristi se jedna varijanta sekvence Predvidjeti – Opažati – Objasniti (Predict – Observe – Explain, POE), koju su predložili White i Gunstone (*White y Gunstone, 1992*).

Individualna i skupna predviđanja

Prije nego što se prezentira video, svakom studentu u skupini uruči se materijal aktivnosti (jedan ili više listova). U materijalu se opiše situacija ili pojava koja će se razmatrati i obavijest da se očekuje osobno predviđanje i njegovo konceptualno obrazložjenje.

Aktivnost počinje video prezentiranjem spomenute situacije. U odgovarajućem trenutku video se sam zaustavlja nakon što je postavljeno pitanje koje zahtijeva predviđanje.

Kada su elaborirana individualna predviđanja i obrazloženja, kao i u slučaju konceptualnih pitanja bez videa, počinje skupno razmatranje tih predviđanja i obrazloženja, s ciljem da se formulira skupno stajalište. I ovdje se naglašava da adekvatnost jednog predviđanja ne zavisi od broja osoba kojima se ono čini »ispravnim«, nego od kvalitete pojmovne baze i postupka rezoniranja. Kao argument navode se historijske epizode u kojima je ideje, koje danas znanost smatra ispravnim, zastupalo samo nekoliko znanstvenika, dok im se velika većina znanstvene zajednice snažno opirala, ne zbog hira ili mentalne retardiranosti, nego zbog toga što su te ideje u pojmovnom svjetonazoru oponenata izgledale pogrešne.

Opažanje i objašnjenje

Kada su završena obrazložena skupna predviđanja, profesor aktivira video i onda slijedi:

- a) Opažanje video prezentacije onoga što se doista zbiva u razmatranoj situaciji
- b) Uspoređivanje onoga što je opaženo s onim što je predviđeno;
- c) Objašnjavanje razlika i
- d) Justificiranje rezoniranja koje bi moglo dovesti do točnog predviđanja.

Ovaj tip aktivnosti stvarao je iznimnu atmosferu u učionici. Razlog nije samo potreba studenata za vizualnim aspektom učenja, nego više njihovo intelektualno i emocionalno uključivanje u proces spoznaje. Student koji nije podlegao mišljenju većine, nego je ostao vjeran svom individualnom predviđanju, radosno bi skočio kad bi video pokazao da je imao pravo. Stvaranje uvjeta u kojem student može biti ushićen vlastitim intelektualnim postignućem treba biti jedan od najuzvišenijih ciljeva nastave. Dok su u tradicionalnoj nastavi takve epizode gotovo nemoguće, u paradigmi »aktivnog učenja« takve epizode ne samo da su moguće, nego i česte, jer se intelektualno i emocionalno sudjelovanje studenta u učenju stalno promovira (*Bonwell i Eison, 1991*).

5.4. Rješavanje problema uz pomoć ekspertne strategije

Iz osobnog iskustva znamo da većina studenata, zahvaljujući nastavi fizike u srednjoj školi, vjeruje da je fizika gotovo sinonim za rješavanje

problema. Usto, u svezi s rješavanjem problema, studenti vjeruju da je to aktivnost koja ima samo tri dijela:

- (1) traženje »prave« formule metodom »pokušaja i pogreške« i
- (2) uvrštavanje brojeva u »pravu« formulu i dobivanje »rezultata«
- (3) profesorovo ocjenjivanje ispravnosti »rezultata«.

Kako je takva vizija fizike i rješavanja opasna za metakognitivnu kontrolu učenja, odlučili smo znatan dio aktivnosti u kursu posvetiti prezentiranju i stalnoj promociji mnogo adekvatnijeg gledanja na rješavanje problema. To adekvatnije gledanje bazira se na znanstvenim znanjima o mentalnim procesima kojima se koriste eksperti u rješavanju problema (*Reif, 1995a*). Ta znanja već cijelo desetljeće čine dio didaktike rješavanja problema u sveučilišnoj mehanici (*Reif, 1995b*). Ekspertni koraci u rješavanju problema čine strategiju koju trebaju promovirati kursovi fizike koji se primjenjuju u edukaciji inženjera (*Van Heuvelen, 2001*).

Da bi upoznali i prakticirali ekspertnu strategiju, od studenata se zahtijeva da u rješavanju svakog problema prvo individualno, a onda i skupno, slijede sljedeće korake.

Vizualne reprezentacije problemske situacije

Cilj je predstavljanje problemske situacije svim raspoloživim vizualnim resursima (realistični crtež, apstraktna shema, dijagram itd.).

Pojmovna analiza

Cilj je na osnovi formulacije problema identificirati (a) tip mehaničkog procesa o kojem se radi; (b) pojmove koji su nužni za njegov opis i razumijevanje.

Matematičko modeliranje

Cilj je odrediti matematičke modele koji kvantitativno opisuju identificirane procese povezane s problemskom situacijom.

Verbalni plan rješavanja

Cilj je što je moguće jasnije riječima i fizikalnim argumentima opisati na koji se način planira doći do rješenja. Kako se ovdje gotovo zabranjuje korištenje formula, ovaj je korak bio jedan od najtežih za implementiranje. Duboko vjerovanje studenata da je rješavanje problema fizike tek puko igranje formulama ovim je korakom eksplicitno izazvano!

Matematička realizacija verbalnog plana rješavanja

Cilj je korištenjem već identificiranih formula i uz nužne matematičke operacije doći do formule i traženog rješenja. Lako je vidjeti da su studenti prisiljeni »odraditi« četiri aktivnosti prije nego što se upuste u »matematičku gimnastiku«, koja je po njihovu prijašnjem vjerovanju bila jedina aktivnost u rješavanju problema.

Analiza rješenja

Cilj je da studenti prestanu pitati profesora je li rješenje točno i da počnu razvijati vlastitu strategiju i taktike analize rješenja. To može biti razmatranje tipa »je li dobivena vrijednost u očekivanom intervalu?« ili pokušaj da se rješenje provjeri računanjem vrijednosti neke veličine koja se ne traži.

Zaključci

Cilj je da studenti razmišljaju o tome što su naučili rješavajući taj problem.

Na samom početku stajalo nas je mnogo napora kako bismo postigli da studenti prihvate ova dva posljednja, veoma važna koraka. To je bilo isto kao tražiti da prihvate dalje igrati igru »rješavanja« kada je ona, po njihovu vjerovanju, dobivanjem rješenja već završena. Trud se, međutim, itekako isplatio jer su mnogi studenti uvidjeli da je rješavanje problema u fizici mnogo više od slijepe manipulacije formulama.

6. Prvi rezultati i ideje za sljedeću implementaciju

Iako u trenutku nastajanja ovog teksta kurs još nije završen, već se može govoriti o nizu rezultata, od kojih su neki dobri, a neki nisu. Na taj je način već moguće u općim crtama preliminarno ocijeniti ono što je dosad postignuto u kursu i formulirati početne ideje za sljedeću implementaciju. Jasno je da će definitivni plan za redizajniranje kursa biti baziran na konačnim rezultatima i iskustvima kursa, kako sa stanovišta uključenih nastavnika, tako i sa stanovišta studenata.

6.1. Što je bilo dobro u implementaciji aktivnog učenja?

Postiglo se to da i studenti i profesor budu aktivni u učionici. Dok u tradicionalnom kursu najveći dio vremena profesor govori, a studenti slušaju, u ovom kursu situacija je dijametralno suprotna: veći dio vremena studenti govore, a profesor sluša.

Studenti su veoma zadovoljni primjenom sekvence Predvidjeti – Opažati – Objasniti u aktivnostima s videom i laboratorijskim vježbama jer uviđaju važnost otkrivanja i korekcije intuitivnih mentalnih modela za napredak u konceptualnom shvaćanju mehanike.

Studenti stječu sposobnosti da se suoče sa složenim konceptualnim situacijama koje nastoje razriješiti sami i uče diskutirati sa svojim kolegama u cilju lakšeg pronalaženja rješenja.

Studenti uče da ne zavise od toga da im profesor kaže koje je znanje potrebno za rješenje nekog problema i na koji ga način steći.

Mnogim su učenicima koristile konceptualne mape kao vodič u čitanju i kao zadaća čija realizacija pomaže u razumijevanju i organizaciji znanja.

U rješavanju problema, aktivnosti koja je zbog spomenutih razloga okupirala mnogo vremena u kursu, postiglo se to da je većina studenata napustila vjerovanje kako je bit rješavanja problema u fizici pronaći PRAVU FORMULU.

U rješavanju problema, kako je vrijeme odmicalo, znatno se popravio učinak studenata u svim koracima, a posebno u »vizualnim reprezentacijama«, »analizi rješenja« i »zaključcima«.

Kod većine studenata nestao je početni strah da ne mogu riješiti bilo koji problem ako nisu vidjeli kako to radi profesor. Kroz rješavanje problema u skupini, uz minimalne intervencije profesora, studenti su počeli vjerovati u sebe i u svoje sposobnosti, što je dobra osnova za kasnije samostalno učenje.

Posebno raduju primjeri studenata koji su se od otvorenih protivnika »aktivnog učenja« pretvorili u njegove zagovornike i promotore.

6.2. *Koje su bile glavne teškoće u implementaciji aktivnog učenja?*

Metodologija »aktivnog učenja« za golemu je većinu studenata bila drastična promjena edukativne prakse, što je na samom početku izazvalo burne negativne reakcije. Nije nevažno napomenuti da se radi o privatnom sveučilištu čiji studenti smatraju da samim činom plaćanja nastave imaju puno pravo očekivati da ona bude po njihovu ukusu i navikama.

Kod studenata je evidentan nedostatak kulture odgovornosti za vlastito učenje i znanje. U tradicionalnoj nastavi ta je odgovornost deklarativnog karaktera jer je tek puki verbalni »ukras« u sveučilišnim dokumentima. Međutim, u nastavi koja promovira aktivno učenje student postaje

ključni subjekt aktivnosti i nikako ne može izbjeći teret te odgovornosti. Nije nikakvo čudo da je osjeća kao nešto nametnuto i prijeteće.

Zbog toga takvi studenti ističu kako je dužnost profesora da drži predavanje, a ne da ih tjera da uče sami. Po njima, u ovom kursu »studenti sve rade sami«, a »profesor ne radi ništa«.

Većina studenata nema najbolje sposobnosti za čitanje s razumijevanjem, posebno kada se radi u udžbeniku fizike koji je zahtjevan. Ne koriste se vlastitim prethodnim znanjima i ne poznaju načine razumijevanja i organiziranja informacija (vladanje semantičkim, sintaktičkim i gramatičkim aspektima jezika; planiranje pitanja i korištenje vlastitih odgovora i tematsku integraciju).

Mnogi studenti nisu pripremljeni za efektivnu pisanu i verbalnu komunikaciju, što znatno otežava mnoge individualne i skupne aktivnosti u aktivnom učenju.

Mnogi studenti uz mehaniku pohađaju i do 6 kursova od kojih su neki veoma zahtjevni (vektorski račun, integralni račun, linearna algebra, mehanika materijala itd.). Neki od njih imaju i radne obveze.

Budući da je mali amfiteatar u kojem se drže dvije dvosatne »teorijske« sesije projektiran da profesor govori, a da ga 60 studenata sluša, prostor je bio potpuno neadekvatan za skupno učenje. Kako bi mogli imati diskusije »licem u lice«, više studentskih skupina jednostavno sjeda na pod.

Vidi se da je nužno napraviti ozbiljnu reviziju sadržaja kursa kako bi se postigla ravnoteža između tematske širine i dubine i mogućih dosega koje studenti realno mogu postići u svojim znanjima. Nužno je naglasiti da se sadržaj kursa ne treba određivati uzimajući za mjeru koliko fizike može ispričati jedan fizičar (posebno ako brzo govori!), nego koliko fizike mogu naučiti studenti (od kojih su neki imali katastrofalno lošu nastavu fizike u srednjoj školi!).

6.3. Prve ideje za sljedeću implementaciju

U sljedećoj verziji kursa (siječanj 2006.) sve ćemo aktivnosti organizirati u laboratoriju u kojem se može smjestiti osam četveročlanih studentskih skupina. Svaki od osam radnih stolova raspolaže osobnim računalom s priključkom na Internet. Na taj će način biti izbrisana tradicionalna podjela na »teoriju« i »laboratorijske vježbe«, pa će ritam i redosljed aktivnosti biti određeni potrebama učenja.

Ova će promjena omogućiti:

- (a) eliminaciju već komentirane nekomotnosti za skupno učenje u amfiteatru;
- (b) integraciju i uzajamnu sinergetičku podršku svih elemenata kursa (interaktivne praktične ilustracije pojava, video kapsule s konceptualnim pitanjima, laboratorijske aktivnosti, rješavanje problema, kompjutorske simulacije,...);
- (c) početnu realizaciju ideje »kursa bez papira« jer će studenti, raspoložujući skupno osobnim računalom, moći voditi »digitalni dnevnik« svojih sesija. Ti dnevnicima mogu biti polazna osnova za ocjenjivanje skupnog rada.

Međutim, teškoća koja nas najviše zabrinjava jest studentsko uvjerenje da je predavanje profesora ključno za uspjeh u učenju. Zahvaljujući tom uvjerenju studenti odbijaju prihvatiti da čitanje udžbenika može zamijeniti profesorsko predavanje. U svojoj intelektualnoj nezrelosti nisu spremni prihvatiti činjenicu da u svojoj profesiji najveći dio svoga budućeg znanja trebaju steći čitanjem priručnika i stručnih članaka, bilo u tiskanoj formi, bilo na ekranu osobnog računala.

Zbog toga ćemo u sljedećoj verziji kursa nastojati svim raspoloživim sredstvima promovirati čitanje kao važnu aktivnost kursa i kao prakticiranje sposobnosti od koje kritično zavisi njihov profesionalni uspjeh. Usto, planiramo se iz časopisa inženjerske edukacije bolje upoznati s tuđim iskustvima u svezi s eliminacijom ili drastičnim smanjenjem profesorskog predavanja.

Zanimljiv je primjer prezentirati profesorsko predavanje na videu, u formatu VOD (video-on-demand), što daje mogućnost studentima da ga »slušaju« u vrijeme koje im najviše odgovara (*Foertesch, Moses, Strikwerda y Litzkow, 2003*). Studenti koji ne razumiju sadržaj udžbenika mogu pogledati video i ukloniti neke od svojih sumnja. Kako se i može očekivati, ovdje se pojavljuje problem relacije onoga što je napisano u udžbeniku i onoga što profesor izlaže u video formi. Taj je problem već poznat i u tradicionalnoj nastavi. Ako profesor kao papagaj ponavlja tekst iz udžbenika, onda se studenti na predavanju »zabavljaju« brojeći ispuštene ili dane riječi. Međutim, ako se profesor previše udaljava od teksta, onda se studenti pitaju zbog čega profesor preporučuje udžbenik kada mu toliko toga iz njega malo vrijedi.

Idealno bi rješenje bilo istraživanjem saznati većinu sumnja i teškoća studenata u svezi s tekstom udžbenika i nastojati im pomoći preciznim video komentarima ili sugestijama o detaljima koji zahtijevaju pažljivo promišljanje.

Drugi upotrebljiv primjer jest zamijeniti predavanje kompjutoriziranim priručnikom. U slučaju jednog uvodnog kursa računovodstva za inženjere, takav priručnik nije po svojoj efikasnosti lošiji od predavanja, ali daje bolje rezultate za studente koji nisu imali nikakvih prethodnih znanja (Merino y Abel, 2003).

Kako se vidi iz dvaju prethodno komentiranih primjera, ideja eliminacije profesorskih predavanja veoma je važan problem u edukaciji inženjera za koji postoje rješenja koja vrijedi razmatrati kao ozbiljne mogućnosti. Međutim, kako pokazuju naša iskustva, implementacija neke nastavne metodologije koja je uspješna u jednoj akademskoj i profesionalnoj kulturi ne mora nužno funkcionirati i dati pozitivne rezultate u drugoj, koja je, u ovom slučaju, akademska i profesionalna kultura u Meksiku.

Čvrsto vjerujemo kako ispravno stajalište nije da se zbog »nepodudarnosti kultura« u principu napusti svaka ideja implementacije uspješne pedagoške prakse iz drugih zemalja, nego da se individualno i institucionalno traže načini identificiranja i promjene onih elemenata aktualne akademske i profesionalne kulture koji ili otežavaju ili potpuno onemogućavaju implementaciju. Promjena kulturne matrice, s jedne strane, nikada nije jednostavna zadaća, ali s druge strane vrijedan je i izazovan profesionalni pothvat u koji smo spremni ugraditi svoj trud i sadašnja i buduća znanja. Budući da i sama institucija (ITESO) smatra važnim taj pothvat, u sljedeće ćemo tri godine imati uzbudljivu priliku da kroz šest verzija kursa istražimo što smo sve u stanju učiniti da paradigma »aktivnog učenja« postane dio rutinske nastavne prakse. Prva iskustva, od kojih je samo malen dio opisan u ovom radu, ulijevaju nam znatnu dozu optimizma.

Reference:

- Arons, A. B. i Karplus, R. (1976). Implications of accumulating data on levels of intellectual development, *American Journal of Physics*, **44**, 396.
- Bonwell, C. C. i Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. Washington, D.C.: George Washington University Press.
- Cummings, K., Laws, P. W., Redish, E. F. i Cooney, P. J. (2004). *Understanding Physics*. New York: John Wiley and Sons.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H. i La Vancher, Ch. (1994). Eliciting Self-Explanations improves understanding. *Cognitive Science*, **18**, 439–477.
- DiSpezio, M. A. (1996). *Critical Thinking Puzzles*. New York: Sterling Publishing.

- Felder, R. M. i Brent, R. (2004a). The intellectual development of science and engineering students. Part 1: Models and challenges. *Journal of Engineering Education*, **93** (4), 269–277.
- Felder, R. M. i Brent, R. (2004b). The intellectual development of science and engineering students. Part 2: Teaching to promote grow. *Journal of Engineering Education*, **93** (4), 279–291.
- Foertsch, J., Moses, G., Strikwerda, J. i Litzkow, M. (2002). Reversing the lecture/homework paradigm using eTEACH web-based streaming video software. *Journal of Engineering Education*, **91** (3), 267–274.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, **66** (1), 64–74.
- Halliday, E., Resnick, R. i Walker, J. (2000). *Fundamentals of Physics*. 6th edition. New York: John Wiley and Sons.
- Jackson, D. P., Priscilla W. Laws, P. W. i Franklin, S. (2003). *Explorations in Physics: An Activity-based Approach to Understanding the World*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- Laws, P. W. (1991). Calculus-based physics without lectures. *Physics Today*, **44** (12) 24–31.
- Laws, P. W. (1996). Workshop Physics Activity Guide Modules 1–4, New York, NY: John Wiley and Sons.
- Laws, P.W. (1997). Millikan Lecture 1996: Promoting active learning based on physics education research in introductory physics courses, «*American Journal of Physics*, **65** (1), 14–21.
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and Development of Thinking*. Belmont, CL: Wadsworth Publishing Company.
- Lee, Y., Baylor, A. L. i Nelson, D. W. (2005). Supporting problem-solving performance through the construction of knowledge maps. *Journal of Interactive Learning Research*, **16** (2), 117–131.
- Marzano, R. J., Pollack, J. F. i Pickering, D. J. (2001). Classroom instruction that works: Research-based strategies for increasing student achievement. Alexandria (USA): Association for Supervision and Curriculum Development.
- Marzano, R. J., Norford, J. S., Paynter, D. E., Pickering, D. J. i Gaddy, B. B. (2001). A handbook for classroom instruction that works. Alexandria (USA): Association for Supervision and Curriculum Development.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- McDermott, L. C. i Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics*, **67** (9), 755–767.
- Meltzer D. E. i Manivannan, K. (1996). Promoting Interactivity in Physics Lecture Classes. *The Physics Teacher* **34**, 72–76.

- Meltzer, D. E. i Manivannan, K. (2002), Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture, *American Journal of Physics*, **70** (6), 639–654.
- Merino, D. N. i Abel, K. D. (2003). Evaluating the effectiveness of computer tutorials versus traditional lecturing in accounting topics. *Journal of Engineering Education*, **92** (2), 189–194.
- Michael, J. A. i Modell, H. I. (2003). *Active learning in secondary and college classroom: A working model for helping the learner to learn*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Novak, J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education. *Instructional Science*, **19**, 29–52.
- Novak, J. D. (1991). Clarify with concept maps. *The Science Teacher*, **58** (7), 45–49.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, Creating, and Using Knowledge. Concept Maps As Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. D. i Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, **93** (3), 223–231.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Reif, F. (1995a). *Understanding Basic Mechanics: A Text and Workbook Set*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- Reif, F. (1995b). Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes. *American Journal of Physics*, **63** (1), 17–32.
- Smith, K. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W. i Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of Engineering Education*, **94** (1), 87–101.
- Thacker, B. A. (2003). *Recent advances in classroom physics. Reports on Progress in Physics*, **66** (10), 1833–1864
- Twigg, A. (2003). Improving Quality and Reducing Cost. Design for Effective Learning. *Change*, **35** (4), 22–29.
- Van Heuvelen, A. (2001). Millikan Lecture 1999: The Workplace, Student Minds, and Physics Learning Systems. *American Journal of Physics*. **69** (11), 1139–1146.
- White, R. i Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London and New York: The Falmer Press.

THE FIRST RESULTS OF AN IMPLEMENTATION OF THE ACTIVE LEARNING PARADIGM IN UNIVERSITY PHYSICS

Josip Sliško i Rebeca Medina Hernández

Putting students in the center of the educational process and using the results of educational research are basic characteristics of an important movement whose objective is learning improvement in many university courses. For mechanics courses there is experimental evidence that pedagogy with »active students« gives better results than pedagogy with »active professor and passive students«. In this article we present the first results of an implementation of a pedagogy which promotes active student learning in one physics course at the Jesuit University of Guadalajara (ITESO).

We decided to use an implementation format in which there are no lectures and in which cognitive and meta-cognitive aspects of learning are stressed. Students gain knowledge necessary for classroom work through reading assignments. Suggestions that it is important to identify difficult to understand passages, to elaborate underdeveloped parts and to construct conceptual maps were used to promote comprehension of the text. The quality of comprehensive reading products and the results of short reading quizzes give students an opportunity to make 20% of the maximum note.

In the classroom the students answer conceptual questions (in verbal format, with or without video illustrations) and solve physics problems helped by an expert-like strategy (visualization of problem situations, conceptual analysis, mathematical modeling, verbal planning of the solution path, mathematical realization of the plan, analysis of the solution, and conclusion about the role the solved problem has in gained knowledge).

Laboratory practices are based on the POE sequence (Predict – Observe – Explain), in which students first make a prediction with justification, observe the behavior of the phenomenon and later explain any observed differences between the prediction and the observation.

The main obstacles for the implementation of this pedagogy are the resistance students shown toward comprehensive reading and their (erroneous) belief that teacher's lecture is a necessary precondition of their learning

Key words: *active learning, group learning, learning by reading, problem solving, conceptual maps, video as learning tool, predict – observe – explain sequence, traditional teaching*