Informacijska družba IS 2006 / Information Society IS 2006
9. mednarodna multi-konferenca / 9th International Multi-Conference
Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi / Education in Information Society
Ljubljana, Slovenija, 13.-14. oktober 2006

Naravoslovni eksperiment: most med šolskim znanjem in vsakdanjimi izkušnjami

School Science Experiments: A Bridge between School Knowledge and Everyday Experiences

Andrej Šorgo[1] in Saša F. Kocijančič[2]

[1] Prva gimnazija Maribor; Živilska šola Maribor – višja strokovna šola
andrej.sorgo@guest.arnes.si

[2] Srednja gostinska in turistična šola Radovljica
sasa.kocijancic@guest.arnes.si

Povzetek

V slovenskih gimnazijah je naravoslovje porazdeljeno med tri predmete (biologija, fizika, kemija), ki so vsebinsko in časovno le slabo povezani med seboj, skupno pa jim je to, da niso v nikakršni povezavi z realnimi primeri iz življenja. Ena od posledic takšnega pristopa je nepovezano in po predmetih razdrobljeno znanje, ki ga dijaki ne znajo uporabiti v vsakdanjih življenjskih situacijah. Povsem drugačno je stanje na srednjih strokovnih in poklicnih šolah, kjer je veliko predmetov vezanih na prakso, naravoslovje pa se zdi kot nekakšen privesek h kurikulu. Avtorja vsak na svoji šoli poskušata premostiti ta dva problema z uvajanjem računalniško podprtih eksperimentov v poučevanje biologije in fizike. Eksperimenti so zasnovani tako, da jih je mogoče v praktično enaki obliki uporabiti pri pouku dveh različnih predmetov na dveh različnih šolah. Razlike so le v kontekstu, v katerem so obravnavani. Skupno vsem eksperimentom pa je, da poskušajo premostiti prepad med šolskim znanjem biologije in fizike ter izkušnjami, pridobljenimi doma in v delovnem okolju.

Ključne besede: *računalniško podprti eksperimenti, e-prolab, biologija, fizika, naravoslovje, gimnazija, srednja strokovna šola*

Abstract

In Slovene grammar schools (gimnazija), Science is separated into three subjects: Biology, Chemistry and Physics. Correlations between the subjects are weak or even non-existent. All three subjects have only one thing in common: they are mostly academic, and barely connected with everyday phenomena and experiences. A consequence of this approach is that the knowledge of the students is patchy, and they are unable to use gained knowledge to explain the nature around them. In vocational schools the situation is completely different. School subjects are heavy interconnected with practice, but a scientific phenomenon is seen as an appendix to the curriculum. The authors are trying to overcome this situation at their schools with the introduction of computerized experiments into the teaching of Biology and Physics.

Experiments are constructed in such a way, that they can be used with practically identical setups at two different types of school, and within two different subjects. The difference is in the context and purpose of the experiments. In such a way, the authors are trying to overcome a gap between school science and the everyday experiences gained at homes or in the workplace.

Key words: *computerized experiments, e-prolab, biology, physics, science, grammar school, vocational school*

1. Uvod

V zadnjih letih smo v Sloveniji na področju šolstva priča zelo dinamičnim spremembam. Prenova šolstva med drugim temelji na drugačnem pojmovanju znanja, poučevanja in učenja (Vodopivec et. al.., 2003), ki naj bi bilo predvsem kvalitativno, kompleksno in dinamično. Spreminja se tudi vloga učitelja, katerega glavna naloga v novih razmerah naj bi bila ustvarjanje pogojev za odkrivanje in nadgradnjo znanja ter spretnosti in navad učencev. Učenje torej ne sme biti le zapolnjevanje vsebin in doseganje rezultatov, ampak predvsem gradnjo in osmišljanje znanja, kar je tudi vodilo našega pisanja. Eden od ključnih elementov šolskega dela, ki lahko pripelje do takšnih znanj, je medpredmetno povezovanje vsebin in znanj in vključevanje le-teh v vsakdanje izkušnje.

Če napravimo primerjavo med gimnazijskim programom naravoslovja in naravoslovjem v srednjih strokovnih in poklicnih šolah, zlahka zaznamo velike razlike. Na gimnazijah je tako naravoslovje sestavljeno iz treh samostojnih predmetov: biologije, fizike in kemije. Ker je osnovni cilj gimnazijskega izobraževanja predvsem priprava na nadaljnji študij na fakulteti, je največji del njihovega kurikula vezan na obvladovanje akademskih znanj in le v manjši meri razreševanju realnih vsakodnevnih problemov (Šorgo in Kocijančič, 2004a). Tak pristop je jasno izražen v gimnazijskih učbenikih, kjer je obširni teoretični obravnavi ponavadi dodan komaj kakšen odstavek o pomenu določenega fenomena v vsakdanu. Stanje odraža dejstvo, da učni načrti za posamezen predmet nastajajo pod velikim vplivom strokovnjakov bazičnih znanosti z univerz, medtem ko je vpliv strokovnjakov z aplikativnih področij, ki vključujejo inženirstvo in tehnologijo, zanemarljiv. Podobno stanje je pri avtorjih učbenikov, ki so mnogokrat tudi že pisci učnih načrtov. Tudi učitelji, ki prihajajo s fakultet, so mnogokrat brez občutka za medpredmetno povezovanje in timsko delo, saj ga na fakulteti žal ne pridobijo. Napolnjeni z akademskim znanjem zato kasneje v šoli tudi težko dodajajo »življenje« vsebinam lastnega predmeta. Krog se sklene z dijaki, bodočimi študenti, ki imajo neznanske težave pri povezovanju znanja, pridobljenega pri različnih predmetih, ob določenem konkretnem problemu ali situaciji.

Situacija je v dobršni meri obrnjena v srednjih strokovnih in poklicnih šolah. Kurikuli za te šole nastajajo predvsem pod vplivom praktikov. Dejavnik, ki ga ne smemo prezreti, je želja delodajalcev po absolventih, ki potrebujejo kar najkrajše obdobje prilagajanja na novo delovno mesto (Šorgo in Kocijančič, 2004b). Kljub temu da imajo dijaki ves čas stik s prakso, se ta skoraj ne navezuje na druge predmete. Teoretična znanja, ki bi lahko bila osnova za razumevanje procesov in objektov, pa so mnogokrat pojmovana kot odvečna in so zato reducirana na minimum (Kocijančič, S. F. in Balnar, 2003).

V želji po preseganju trenutnega stanja smo začeli iskati povezave med akademskim znanjem na preduniverzitetnem nivoju izobraževanja in konkretnimi življenjskimi situacijami in dodati akademsko dimenzijo obravnavi problemov pri praktičnem izobraževanju na strokovnih šolah. Kot eno od metod poučevanja, ki lahko hkrati zadosti tem zahtevam na obeh vrstah šol, smo v preteklih letih preizkusili računalniško podprte laboratorijske vaje. Osnovna ideja je bila preprosta: razviti in preizkusiti eksperimente, ki temeljijo na istem principu in opremi, a jih je mogoče v različnem kontekstu poučevanja vključiti v gimnazijski pouk biologije in pouk fizike na srednji strokovni in poklicni šoli.

V tem prispevku predstavljamo dva takšna računalniško podprta sklopa eksperimentov, ki jima je skupno to, da povezujeta znanje biologije in fizike na način, ki omogoča razumevanje in povezovanje pojavov doma in v delovnem okolju. Več o tehnikah, pomenu in prednostih računalniško podprtega eksperimentiranja v izobraževanju je zapisano drugje (Barton 1997; Newton 1999, 2000; Rogers in Wild 1994; Rogers 1995, 1997; Šorgo 2005a), zato teh aspektov ne bomo obravnavali.

V tej fazi evalvacije opravljenih računalniško podprtih vaj, vanjo niso bili vključeni zunanji opazovalci, temveč sta jo izvedla učitelja sama po opravljenem delu. Evalvacija je potekala na potekala na treh nivojih: z učiteljevim opazovanjem, razgovori z dijaki po opravljenem delu in na kratkem vprašalniku, ki so ga po vajah izpolnjevali dijaki (Šorgo in Kocijančič 2004a.

2. Oprema in metode dela

Vsi eksperimenti so bili izvedeni pri rednem pouku na Prvi gimnaziji z dijaki, starimi od 15–18 let ter na Srednji gostinski in turistični šoli Radovljica, kjer imajo dijaki fiziko le v 1. letniku, torej so stari 15 let. Pri eksperimentih uporabljamo programsko opremo e-ProLab (DAQ) in brezplačen program Hiskop (http://www.e-prolab.com/comlab) ter merilnike proizvajalca Vernier (http://www.vernier.com).

Gimnazijci opravljajo vaje samostojno kot laboratorijsko delo, na Srednji gostinski in turistični šoli pa nekaj vaj vidijo demonstracijsko, del pa opravijo samostojno, saj ima šola premalo ustrezne opreme za računalniško podprt laboratorij, v katerem bi dijaki samostojno opravljali pripravljene vaje.

3. Primeri eksperimentov

3.1 Izolacijske lastnosti zraka

Znanje o prenašanju toplote in izolacijskih lastnostih različnih materialov za dijake ne more biti pomembno le kot del teoretičnih znanj za napredovanje v šoli. Njihov pomen v številnih aspektih življenja, kot so različne zvrsti industrije, gospodinjstvo, priprava hrane, izbira oblačil, ipd. je namreč tolikšen, da bi moralo to vedenje postati del vseživljenjskih splošnih znanj ne glede na smer izobraževanja in stopnjo zahtevnosti.

Izhodišče je vedenje, da toplotni tok $\Delta Q/\Delta t$ s področja višje temperature T_2 na področje nižje temperature T_1 lahko izračunamo po enačbi:

$$\Delta Q/\Delta t = k \cdot A \cdot \Delta T/\Delta x \qquad (1)$$

Količine v enačbi so: $\Delta T = T_2 - T_1$; A je površina pretoka; Δx je debelina izolacijskega materiala, k = konstanta (λ), ki predstavlja koeficient toplotne prevodnosti. Kot primer lahko navedemo nekaj vrednosti te konstante, pomembne pri fizioloških procesih v organizmu: zrak 0,025 W/mK, voda 0,6 W/mK, živalska tkiva 0,21 W/mK, kožuh 0,04 W/mK.

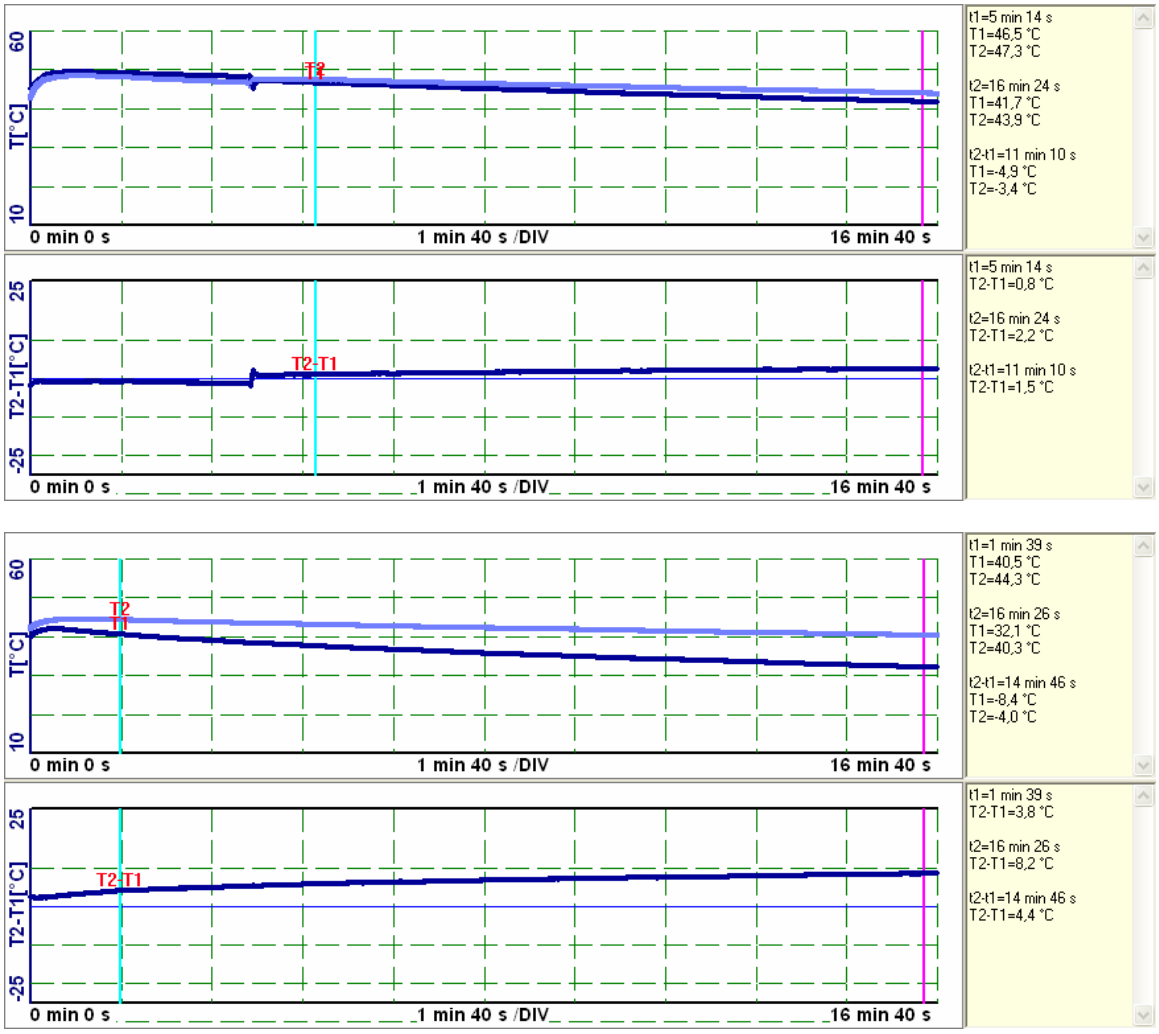
V biologiji telo toplokrvnih živali proizvaja toploto ves čas. Pri tem se morajo organizmi soočiti z dvema problemoma. Prvi je, kako preprečiti preveliko izgubo toplote (jak, polarna lisica, pingvin), kar je mnogokrat povezano z razvojem izolacijskih struktur, kot so dlaka, perje in salo. Drugi pa je, kako vzpostaviti mehanizme za odstranitev presežkov toplote iz telesa v okolje (pes, slon, fenek). Med bolj znanimi so sopenje, oddajanje toplote preko uhljev ali ohlajanje z izhlapevanjem. Veliko podobnih primerov lahko najdemo tudi v domačem okolju (izolacija hiše, površina radiatorjev, »čebulasto oblačenje« v mrazu ipd.).

Izguba toplote je lahko velik problem tudi v gostinstvu. V večini primerov je hrano nemogoče postreči takoj po pripravi, zato moramo poskrbeti, da ostane vroča, dokler ne pride do gosta (vroči krožniki, termo posode). Nasprotno pa želimo nekatera živila (sladoled) in pijačo (vino) ohraniti hladno (ohlajeni kozarci, posode za ohranjanje temperature vina) dalj časa.

Kot model, s katerim smo želeli razložiti omenjene probleme, smo uporabili 4 stekleničke, ki so jih dijaki ovili v vato. Dve so zmočili z vodo, dve pa sta ostali suhi. Prvi par (mokra in suha steklenička) so postavili v plastični čaši, (Slika 1 zgoraj), medtem ko sta drugi dve (tudi mokra in suha steklenička) ostali prosti (Slika 1 spodaj). Vanje smo nalili vodo s temperaturo okrog 45 °C (kar je tudi približna telesna temperatura ptičev). V vsako stekleničko smo vstavili merilnik temperature, povezan z računalnikom prek vmesnika CMC S3, in sprožili meritev.

Pri prvem paru, kjer sta bili mokra in suha steklenička v plastični čaši, je bila razlika temperatur vode po 15 minutah okrog 2 °C (Slika 2, drugi graf kaže razliko temperatur vode $T_2 - T_1$ v suhi in mokri steklenički, ki sta v čaši). Pri drugem paru pa je temperaturna razlika precej večja, 8 °C (Slika 2, četrti graf kaže razliko med temperaturo vode $T_2 - T_1$ v suhi in mokri steklenički).

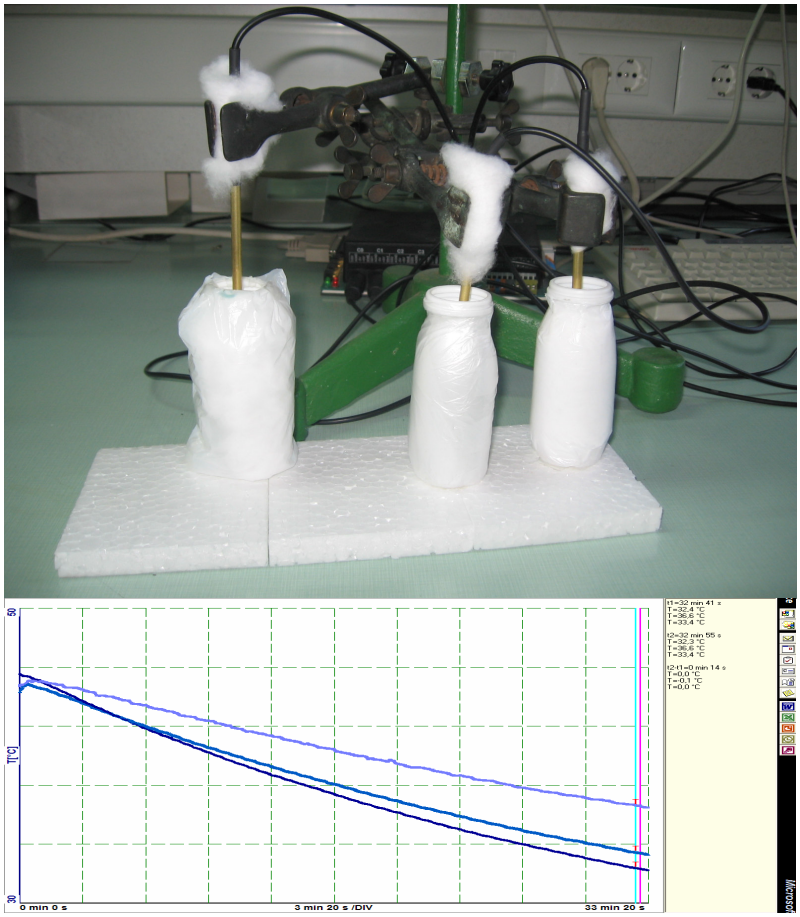
Slika 1: Ohlajanje vode v stekleničkah, ovitih z vato (leva steklenička je suha, desna pa mokra); obe sta v plastičnih čašah (zgoraj) in obe brez čaš (spodaj).



Slika 2: Graf ohlajanje vode v stekleničkah, ovitih z vato; obe v čaši (zgornja grafa: T_1, T_2 in $T_2 - T_1$) in obe brez čaše (grafa spodaj: T_1, T_2 in $T_2 - T_1$).

S tem eksperimentom lahko jasno utemeljimo trditev, da je zrak boljši izolator kot voda, kar pa lahko sklepamo tudi iz koeficientov toplotne prevodnosti λ: $\lambda_{ZRAK} = 0{,}025$ W/mK in $\lambda_{VODA} = 0{,}6$ W/mK.

Eksperimente je bilo mogoče v razredu izvesti v številnih različicah. Primer takšne različice, ki jo je zasnovala dijakinja na gimnaziji, je na Sliki 3. Uporabili smo tri lončke. Prvi je bil neovit, drugi zelo močno povit z vato, tako da je bil ves zrak iztisnjen, tretji pa je bil ovit z enako količino vate kot drugi, vendar tako rahlo, da smo v vati okrog lončka ohranili večjo količino zraka. V lončke smo nalili toplo vodo in merili njeno temperaturo s tremi merilniki temperature, istočasno priključenimi na računalnik. Tudi iz tega eksperimenta in rezultatov, dobljenih na grafu meritev (Slika 3) lahko jasno zaključimo, da je zrak dober izolator in da se bomo v hladnem oblekli v oblačila, ki zadržijo čimveč zraka.



Slika 3: Izolacijske lastnosti zraka in graf – temperatura v odvisnosti od časa – rezultat eksperimenta.

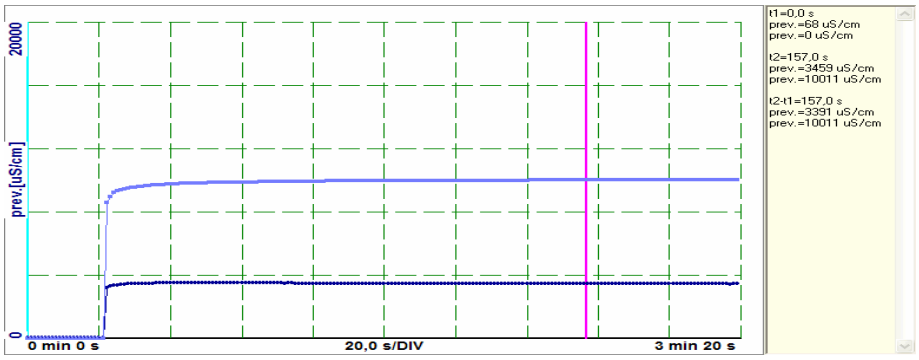
Ta eksperiment je lahko izhodišče za reševanje cele družine drugih podobnih problemov (Kocijančič S. F. 2002; Kocijančič S. F. 2005; Šorgo 2005b). Tako lahko npr. uporabimo različne izolacijske materiale, kot sta perje in krzno, in vprašamo dijake: Kakšno prešito odejo bi kupili za prijetno toplo spanje? Z uporabo sušilnika za lase lahko preprosto prikažemo pomen izhlapevanja in hitrosti vetra na pretok toplote, z uporabo različnih posod pa pomen razmerja med volumnom in površino telesa. Vse možnosti še daleč niso izčrpane in le čakajo, da bodo uporabljene v razredu.

3.2 Elektrolitsko ravnotežje v organizmu

Organizmi morajo ohranjati koncentracijo vode in soli v telesu znotraj fizioloških meja. Obstajajo številni mehanizmi, ki preprečujejo nekontroliran prehod vode in elektrolitov skozi telo. Najpomembnejša fizikalna principa, na katerih temeljijo ti procesi, sta difuzija in osmoza. Tako je osmoza, poenostavljeno povedano, pasivno gibanje vodnih molekul, ki prehajajo s področja višje koncentracije (visok vodni potencial in nizka koncentracija topljenca) na področje nižje koncentracije vode (nižji vodni potencial in višja koncentracija topljenca) skozi polprepustno celično membrano. Prehod električno nabitih ionov lahko kontrolira le živa celica, ki vzdržuje homeostazo z aktivnim črpanjem ionov v celico, iz celice v notranjost ali ven iz celice, kar lahko prikažemo z eksperimentom. Prehod skozi membrano namreč kontrolirajo

beljakovinske molekule, ki izgubijo to lastnost, če jih denaturiramo. Eksperiment smo izvedli z raztopino kvasa, ki smo jo razdelili v dve steklenici. Prvo steklenico smo dali v vodno kopel, nekaj minut kuhali in s tem denaturirali beljakovine, drugo polovico pa smo pustili nedotaknjeno (Slika 4). V dve čaši smo nalili enako količino destilirane vode, ju postavili na magnetni mešali, vanju vstavili merilnika prevodnosti in sprožili meritev. V destilirani vodi je prevodnost enaka blizu nič. Potem ko smo v čaši ločeno nalili prekuhane in surove kvasovke, je prevodnost narasla, vendar ne enako. Mrtve celice namreč niso več zadrževale ionov v notranjosti, zato je bila prevodnost v tej čaši višja (Slika 5).

Slika 4: Eksperiment, s katerim smo prikazali, da le žive celice kvasovk vzdržujejo homeostazo ionov.



Slika 5: Rezultati eksperimenta, s katerim smo prikazali, da le žive celice vzdržujejo homeostazo ionov. Zgornja krivulja: mrtve celice kvasovk; spodnja krivulja: žive celice kvasovk.

Fenomen, ki smo ga ravnokar opisali, je zelo pomemben tudi pri pripravi hrane, npr. pri kuhanju juhe. Za eksperiment potrebujemo 2 g soli, pol litra hladne vode, 10 dag mesa, dve enaki posodi in dve enaki grelni plošči. Na računalnik priključimo hkrati 2 merilnika prevodnosti in dva merilnika temperature. Dijaki razdelijo pripravljene količine na dva enaka dela in jih dajo kuhati. Razlika je, da damo v prvo posodo sol na začetku kuhanja, v drugo pa šele po vretju (Slika 6). Ugotovili smo, da za čisto juho in harmoničen okus, ki ga gost želi, solimo juho šele po vretju.

Slika 6: Juha v spodnji posodi je čistejša in soljena na koncu.

4. Razprava in zaključek

Najpomembnejši zaključek, ki ga lahko izpeljemo iz našega dela, je, da pomena eksperimenta ne moremo ocenjevati le po vsebini, temveč predvsem po kontekstu, v katerem je bil izveden. Dokaz, ki ga ponujamo za prej napisano, so v bistvu povsem enaki eksperimenti, ki jih lahko izvajajo dijaki ne le dveh različnih naravoslovnih predmetov (biologija in fizika), temveč tudi dveh povsem različnih šol. Bistvo eksperimentov pa ni le v tem, da predmetno ločeno pojasnjujejo določen fenomen, temveč da že v izhodišču vsebujejo komplementarno razlago ter so povezani z izkušnjami, ki jih imajo dijaki iz vsakdanjega življenja.

S stališča učitelja praktika je uvedba vsake nove metode v razred povezana z določenim tveganjem, saj je napoved možnih učinkov povezana s številnimi neznankami, ki jih v razredu skoraj ni mogoče kontrolirati. Na osnovi opazovanj, razgovorov z dijaki in občasnih anket pa ugotavljamo, da velika večina dijakov rada dela z računalniki ter da z upravljanjem z njimi nima večjih težav. V razgovorih, ki so sledili računalniško podprtemu laboratorijskemu delu, smo le redko naleteli na njegovo odklanjanje, pa še takrat praviloma v sklopu negativnega odnosa posameznih dijakov do računalnikov nasploh. Ob uporabi računalnika za potrebe naravoslovnega dela pa ocenjujemo, da delo z računalniki v laboratorijih daje dijakom vpogled v dodatne možnosti njihove uporabe, ki jih pouk predmeta informatika ne obsega. Vpliva na znanje izraženo kot razliko med testno in kontrolno skupino nismo izvedli, kot izkušeni učitelji pa ocenjujemo, da uporaba računalnika lahko vpliva na dvig kvalitete znanja. Vpliv na medpredmetno povezovanje znanj pri dijakih samih je težko merljiv, je pa nedvomno prisotno. Anekdotično je bilo npr. obnašanje dijakov v maturitetni skupini biologije na gimnaziji, ki so ob iskanju ravnovesne točke fotosinteze mimogrede samoiniciativno ugotavljali še relacijo med razdaljo od vira in jakostjo svetlobe.

Namesto sklepa: glavna ovira medpredmetnemu povezovanju, ki si marsikje z muko utira pot, ni v razlikah v predmetih, temveč se skriva v glavah ljudi. Dokaz je najino sodelovanje, ki ni le preseglo mej med predmeti, temveč tudi mejo med dvema programsko povsem različnima šolama.

Literatura in viri

[1] Barton, R. (1997): »How do Computers Affect Graphical Interpretatino«, School Science Review, 79, str. 55–60.

[2] Kocijančič, S. F. (2002): »Computerised Laboratory in Science and Technology Teaching: Experiences of secondary school of catering«, Information Society in Education ICTE 2002, Badajos, Spain, str. 376–380.

[3] Kocijančič, S. F. in Balnar, A. (2003): »Problem solving and computerized laboratory in science education«, Proceedings of the IS 2003 Education in Information Society, Ljubljana, str. 12–19.

[4] Kocijančič, S. F. (2005): »Naravoslovje, porabniška vzgoja in pločevinke«, MIRK 2005, Piran Slovenija, str. 87.

[5] Newton, R. L. (1999): »Data-logging in the science classroom: approaches to innovation«, Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Kiel Germany.

[6] Newton, R. L. (2000): »Data-logging in practical science: research and reality«, International Journal of Science Education, 22 (12), str. 1247–1259.

[7] Rogers, L. in Wild, P. (1994): »The use of IT in practical science - a practical study in three schools«, School Science Review, 75, str. 21–28.

[8] Rogers, L. T. (1995): »The computer as an aid for exploring graphs«, School Science Review, 76, str. 31–39.

[9] Rogers, L.T., (1997): »The Computer-Assisted Laboratory«, Physics. Education, 22, str. 219–224.

[10] Šorgo, A., Kocijančič, S. (2004a): »Teaching some basic engineering and technology principles to pre-university students through computerized laboratory«, World Transactions on Engineering & Technology Education, 3(2), str. 239–242.

[11] Šorgo A., Kocijančič, S. (2004b): »Računalniško podprt laboratorij in njegovo mesto v izobraževanju naravoslovja in tehnologije v poklicnem in strokovnem šolstvu«, Vzgoja in izobraževanje, let. 35, št. 5, str. 49–52.

[12] Šorgo, A. (2005a): »Računalniško podprt laboratorij pri pouku biologije v programu gimnazije« (Modeli poučevanja in učenja, Biologija). 1. natis. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo, str. 97.

[13] Šorgo, A. (2005b): »Problemsko zasnovana učna enota z računalniško podprtim laboratorijem pri pouku biologije« MIRK 2005, Piran Slovenija, str. 94.

[14] Vodopivec, I. et. al. (2003): »Sodelovalno učenje v praksi«. Ljubljana: Zavod republike Slovenije za šolstvo, str. 5.

[15] http://www.e-prolab.com/comlab (28.5.2006).

[16] http://www.vernier.com (28.5.2006).

Strokovni življenjepis

Andrej Šorgo *je diplomiral na raziskovalno-tehniški in magistriral na izobraževalni smeri Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Od leta 1985 je zaposlen kot profesor biologije na Prvi gimnaziji Maribor, od leta 2000 pa še kot predavatelj biologije z ekologijo na Živilski šoli Maribor – Višji strokovni šoli. Je soavtor učnih načrtov za predmeta Študij okolja v srednji in Okoljska vzgoja v osnovni šoli. Zadnjih nekaj let je njegova pozornost usmerjena v vključevanje IKT v izobraževanje.*

Saša F. Kocijančič *je diplomirala leta 1994 na Pedagoški fakulteti v Ljubljani, smer matematika in fizika. Štiri leta je poučevala matematiko na Gimnaziji v Škofji Loki, od leta 1995 pa poučuje matematiko in fiziko na Srednji gostinski in turistični šoli v Radovljici. Je soavtorica učnega načrta za fiziko za gostinske in turistične šole. Sodelovala je v projektu ključnih kvalifikacij za okoljsko vzgojo (Zavod za šolstvo) in v mednarodnem projektu ComLab-SciTech1 in ComLab-SciTech 2. Je multiplikator za medpredmetno načrtovanje in povezovanje in se aktivno vključuje v pilotsko prenovo programa kuhar in natakar na šoli, kjer poučuje.*