

Aktivni pouk: zakaj in kako

dr. Gorazd Planinšič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Izvelek

V članku so predstavljeni glavni razlogi in motivi za izvajanje aktivnega pouka ter predlagani kriteriji, po katerih lahko učitelji presojujejo različne aktivne pristope. Kot primer aktivnega učenja je opisano učno zaporedje, ki dijakom pomaga konstruirati pojem superpozicije valov.

Ključne besede: aktivni pouk, aktivni pristopi, konstruiranje novega znanja, aktivno testiranje idej, opazovalni poskus, testni poskus, aplikativni poskusi, *Znanstvenoraziskovalno učno okolje (Investigative Science Learning Environment, ISLE)*

Active Lessons: Why and How

Abstract

The article presents the main reasons and motives for implementing active lessons and suggests criteria which teachers can use to assess various active approaches. As an example of active learning, it describes a learning sequence that helps secondary school students to build the concept of the superposition of waves.

Keywords: active lessons, active approaches, building new knowledge, actively testing ideas, observational experiment, test experiment, applied experiments, *Znanstvenoraziskovalno učno okolje (Investigative Science Learning Environment, ISLE)*

Uvod

Danes imamo neizpodbitne dokaze za to, da morajo ljudje, če se želijo česarkoli naučiti, biti aktivni udeleženci v učnem procesu, ne le pasivni opazovalci. Dokazi prihajajo z več področij in se med seboj dopolnjujejo. Številne raziskave s področja izobraževalne fizike (na primer [1–4]) kažejo, da se študenti, ki poslušajo tradicionalna predavanja, kjer učitelji razlagajo snov, študenti pa so pasivni »sprejemniki« podanega znanja, naučijo znatno manj kot študenti, ki so isto snov doživeli pri pouku, ki študente načrtno vključuje v konstruiranje novega znanja (t. i. pouk z interaktivno udeležbo, ali krajše, aktivni pouk). Študije, ki so bile narejene na več deset tisoč študentih, so pokazale, da so rezultati neodvisni od velikosti razredov, od vrste in ugleda institucije pa tudi od karizmatičnosti učitelja oziroma njenega/njegovega slovesa. Mitchell Waldrop gre v članku, ki ga je objavil v reviji *Science*, tako daleč, da zapiše, da je danes neetično poučevati drugače kot s pristopi, ki temeljijo na aktivnem pouku [5]. Drugi dokazi prihajajo iz proučevanja, kako delujejo človeški možgani in kako se ljudje učimo. Zahvaljujoč se metodam, kot sta funkcionalno slikanje z magnetno resonanco (fMRI) in pozitronska emisijska

tomografija (PET), se je naše razumevanje tega, kako se ljudje učimo, v zadnjih desetletjih znatno izboljšalo [6, 7]. Naj povzamem le tri spoznanja, ki so za našo razpravo še posebej pomembna (kogar zanima več, toplo priporočam branje knjižice [7], ki je napisana prav za učitelje):

1. Ko se učimo, se naši možgani fizično spreminjajo, ustvarjajo se nove nevrnske povezave. To pomeni, da učenje ni nek nezaznaven proces, temveč proces, ki ga lahko opazujemo in raziskujemo.
2. Nevronskih povezav ne moremo izbrisati, lahko pa jih na novo ustvarjamo in krepimo. To pomeni, da znanja, izkušenj, predstav ... s katerimi pridejo dijaki v šolo, ne moremo izbrisati. Stare povezave (nekateri jim pravijo naivne ali napačne predstave) za vselej ostanejo in se sprožijo v situacijah, ko ni spodbud za proženje novonastalih povezav. Ta ugotovitev velja za vse ljudi, ne glede na starost in izobrazbo. S stališča poučevanja je zato dosti bolj produktivno razmišljati, kako graditi na obstoječem znanju in ga povezovati z novim, kot pa kako »izbrisati« neustrezno znanje (stare nevrnske povezave) in ga nadomestiti z no-

vim. Zato izraze, kot so naivne ali napačne razlage (angleško *misconceptions*), v strokovni pedagoški literaturi vse pogosteje nadomeščajo z izrazi dijaške ideje ali (dijaške) težave.

3. Aktivno testiranje idej je sestavni del naravnega procesa učenja. Aktivno testiranje moramo izvesti sami in takrat, ko se ideje pojavijo, ne pa »naslednji torek pri laboratorijskem delu«. V zelo poenostavljeni sliki se učenje začne s sprejemanjem informacij iz okolice prek čutov (gledamo, poslušamo, vohamo, tipamo ...). Temu sledi korak, v katerem damo sprejetim informacijam pomen in ga primerjamo, razvrščamo, povezujemo z obstoječim znanjem. Nato sledi najustvarjalnejši in najrazburljivejši korak: porajajo se nam nove ideje, načrti, ugibanja, sklepi, sodbe ... (kot kombinacija sprejetih informacij in že usvojenega znanja), ki jih želimo takoj testirati, preveriti, ali imamo prav. Ta težnja, želja po testiranju lastnih idej, je del naravnega procesa učenja, ki ga lahko opazimo že pri najmlajših otrocih. Tradicionalni način poučevanja načrtno vključuje in nadzira prva dva koraka (sprejemanje informacij in razvrščanje/primerjava informacij z že usvojenim znanjem), ne pa aktivnega testiranja.

Aktivni učni pristopi

Poleg novih znanstvenih spoznanj o procesu učenja pa na izobraževanje in posledično na načine poučevanja vplivajo tudi družbenoekonomski dejavniki. Med najvplivnejšimi so potrebe trga dela, ki so v veliki meri posledica vse hitrejšega razvoja znanosti in tehnologije (glej na primer [8, 9]). Katera znanja, kompetence in vrednote bodo potrebovale današnje generacije dijakov in študentov za uspešno življenje, je jasno izraženo v stališčih Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj – OECD, ki so bila objavljena lani in pod katera je podpisana tudi predstavnica slovenskega Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport [10]. V dokumentu piše, da bodo današnje generacije za uspešno življenje potrebovale ne le *normativna znanja* določene discipline (v našem primeru je to znanje fizike), pač pa tudi *praktična znanja*, povezana z disciplino (kako nekaj naredimo/izdelamo ... in kateri koraki so potrebni za uspešno izvedbo tega), in *epistemološka znanja* o disciplini, to je, kako razmišljati kot fizičarka/fizik (biologinja, zgodovinarica, matematičarka ...), kako prepoznati, ali je neka izjava, sodba, napoved ... znanstvena, npr. kako ločiti med astronomijo in astrologijo.

Naj strnem. Dva izmed največjih izzivov današnjega izobraževanja sta:

- 1) kako doseči, da bodo dijaki aktivno vključeni v vse faze pouka (učinkovit aktivni pouk), in

- 2) kako pomagati dijakom, da bodo razvili epistemološka znanja o disciplini (kako razmišljati kot fizik/fizičarka).

Vprašanji sta v resnici povezani, saj nam spoznanja o delovanju možganov in učenju povedo, da drugega ne moremo doseči brez prvega. Enako pomembno je tudi vprašanje, kako v okviru naravoslovnih predmetov razvijati inženirske/tehnične kompetence, tako da bo to skladno z reševanjem prvih dveh izzivov, toda v tem članku se bom osredotočil le na prva omenjena izziva.

Logična posledica prej omenjenih izsledkov raziskav in pričakovanj trga dela je razvoj številni učnih pristopov po vsem svetu. Verjetno najobširnejši pregled različnih aktivnih pristopov za poučevanje fizike najdemo na ameriški spletni strani Physport, kjer je predstavljenih skoraj 60 različnih pristopov (<https://www.physport.org>). Kako presojati različne aktivne pristope? Čeprav je zbranim pristopom skupno to, da poskušajo doseči aktivno vključenost dijakov pri konstruiranju njihovega znanja, so med pristopi velike razlike. Iz podatkov na spletni strani lahko na primer razberemo velikost skupin in stopnjo zahtevnosti, za katere je posamezni pristop primeren, poglavja fizike, za katera so na voljo gradiva, do kolikšne mere je pristop testiran v praksi ter ali je pristop razvit na podlagi raziskovanj. Žal pa iz podanih opisov ni neposredno razvidna najpomembnejša razlika med pristopi. Številni navedeni pristopi sodijo med metode ali tehnike, ki so sicer lahko koristne pri različnih oblikah pouka (vključno s tradicionalnim načinom poučevanja), ne predstavljajo pa skladnega, celostnega pogleda na poučevanje in učenje, nimajo jasnega teoretičnega ozadja in so pogosto testirani le v omejenem obsegu ali pa sploh ne. Čeprav se na prvi pogled morda komu zdi, da teoretično ozadje nekega pristopa za praktika ni pomembno, pa se pomanjkljivosti takšnih pristopov pokažejo prav tedaj, ko jih želimo prenesti v prakso. Ker pričujoči članek ni namenjen poglobljanju v teoretične razprave, naj dodam le misel Postmana in Weingartnerja [11]. Avtorja opozarjata na nevarnost umetnega ločevanja med *znanjem* in *procesom konstruiranja tega znanja*. Opozarjata: »Medij je sporočilo,« in dodajata:

»Medij je sporočilo« pomeni, da je iznajdba dihotomije¹ med vsebino in metodo tako naivna kot nevarna. To pomeni, da je kritična vsebina vsake učne izkušnje metoda ali postopek, skozi katerega se učenje izvaja. (Str. 19)«

Preprosto povedano, pristop, ki ga uporabljamo pri pouku, je prav tako sporočilo dijakom in igra ključno vlogo pri puku. Če pristop temelji na podajanju znanja kot dokončne resnice s strani avtoritete (npr. pri tradicionalnem poučevanju je avtoriteta učitelj, pri »obrnjenem učenju« (angleško *flipped classroom*) je to knjiga ali spletna stran), potem s takšnim načinom poučevanja dijakom

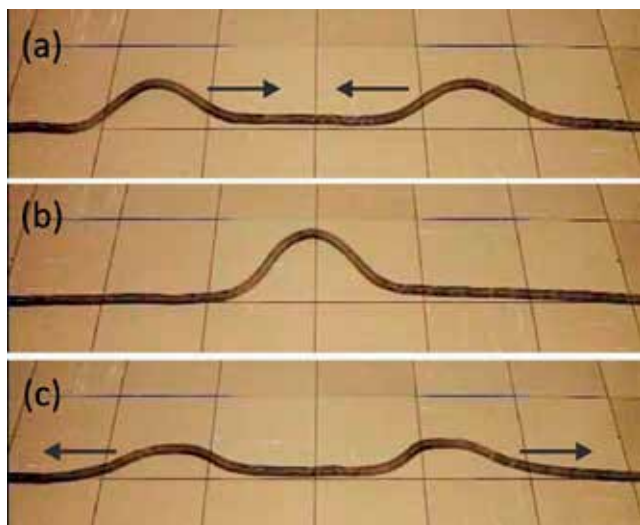
¹ Dihotomija pomeni ločevanje na dva med seboj nasprotna dela.

sporočamo tudi, kako nastaja novo znanje v disciplini, ki jo predstavlja predmet. Očitno je, da novo znanje pri tradicionalnem pouku ali obrnjenem učenju ne nastaja tako kot v znanosti in zato takšen način poučevanja ne razvija epistemološkega znanja o disciplini. Zdaj ko smo spoznali osnovne elemente, na katerih sloni aktivni pouk, in kriterije, po katerih lahko presojava pristope, pogledjmo konkreten primer aktivnega pouka vsebine, ki sodi v gimnazijski učni načrt.

Primer aktivnega pouka

Predstavljajte si, da smo začeli poglavje o mehanskem valovanju. Dijaki že vedo, da je val potovanje motnje in ne potovanje snovi. Naslednji cilj je, da dijaki sami (ob primerni podpori učitelja) odkrijejo/konstruirajo pojem superpozicije valov. Začnemo z motivacijskim uvodom: »Kako delujejo protihrupne slušalke? Na koncu tega poglavja boste znali odgovoriti na to vprašanje.«

Za odgovor na motivacijsko vprašanje moramo najprej podrobneje raziskati, kaj se dogaja, ko se dva valova srečata. Dijaki delajo v majhnih skupinah. Začnemo z *opazovalnim poskusom*. To je čim preprostejši poskus, ki dijakom omogoča, da opazijo želeni pojav, ki je osrednja tema pouka. Opazovalni poskus za naš primer je takle: Vsaki skupini damo dolgo, mehko vzmet in jim naročimo, naj naredijo dve *enaki* motnji na nasprotnih koncih dolge vzmeti, tako da hitro sunejo vzmet levo-desno v prečni smeri glede na vzmet. Naročimo jim, naj opazujejo in opišejo, kaj se zgodi z motnjama. Dijaki povedo, da se motnji najprej približujeta druga drugi, se srečata, nato pa se oddaljujeta druga od druge (slika 1). Potem ko vidijo izvedbo poskusa, si lahko ogledajo še upočasnjeni video posnetek istega poskusa (https://youtu.be/KOT_AAE9NLA) ali celo sami posnamejo video. Nato spodbudimo skupine dijakov, da predlagajo mogoče razlage za opaženo obnašanje motenj.







Slika 1: Opazovalni poskus: dve enaki motnji se približujeta druga drugi (a), se srečata (b) in se oddaljujeta druga od druge (c).

Dijaki običajno predlagajo dve razlagi [12]. Nekateri razlagajo interakcijo motenj podobno kot trk dveh teles in pravijo, da se motnji »odbijeta« (Razlaga 1). Druga razlaga, ki jo dijaki pogosto predlagajo, je, da motnji »preideta skozi«, ne da bi vplivali druga na drugo (Razlaga 2).

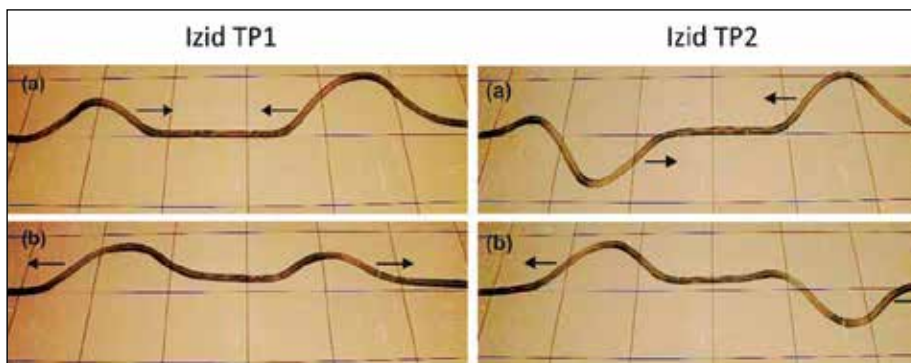
To je pravi trenutek, da se z dijaki pogovorimo o tem, kako ravnajo znanstveniki, kadar imajo več različnih razlag za nek pojav (če nismo tega storili že prej). V takšnem primeru predlagajo nove poskuse, imenovali jih bomo *testni poskusi*, katerih izide lahko napovejo na podlagi razlag, ki jih testirajo. Tudi mi bomo ravnali enako, da ugotovimo, katera od predlaganih razlag je boljša. Izkušnje kažejo, da dijaki predlagajo enega ali oba od naslednjih testnih poskusov: 1) naredimo dve motnji z različnima amplitudama v isti smeri, 2) naredimo dve motnji z enakima amplitudama, toda s sunkom rok v nasprotnih smereh. Na tem mestu večino učiteljev, ki se prvič srečajo s tem pristopom (vključno z avtorjem članka), premami skušnjava, da naročijo dijakom, naj kar izvedejo testna poskusa, ali pa jih celo demonstrirajo sami in ponosno zaključijo, da smo ovrgli Razlago 1 (izida poskusov kaže slika 3). Mnogo bolje je, če počakamo z izvedbo testnih poskusov in najprej naročimo dijakom, da *napovejo* izide testnih poskusov *na podlagi razlag*, ki jih testiramo. Ko dijaki oblikujejo napovedi na podlagi razlag, uporabljajo predhodno usvojeno znanje v novi situaciji, povezujejo staro znanje z novim znanjem in tako gradijo povezano, koherentno znanje. Dijake spodbujamo, da predstavijo svoje napovedi in da pri tem uporabljajo različne upodobitve. Slika 2 kaže napovedi v obliki grafičnih upodobitev za naš primer.

Zdaj šele naročimo dijakom, naj izvedejo testne poskuse (slika 3), opišejo izide poskusov, jih primerjajo z napovedmi in podajo sodbe o razlagah, ki jih testiramo (počasna posnetka izidov testnih poskusov sta dostopna na <https://youtu.be/etOKogR1y6o> in <https://youtu.be/N9PSegmtDMI>). Dijaki ugotovijo, da se izidi poskusov ujemajo z napovedmi na podlagi Razlage 2 in da se ne ujemajo z napovedmi na podlagi Razlage 1. Na podlagi tega dijaki zaključijo, da smo ovrgli Razlago 1, Razlage 2 pa na podlagi teh poskusov ne moremo ovreči in jo zato sprejmemo kot pravilno.

Nato dijake spodbujamo, da poskusijo izboljšati Razlago 2, ki smo jo sprejeli kot pravilno. Naročimo jim, da ponovno pogledajo začetni opazovalni poskus in pozorno opazujejo največje odmike od ravnovesne lege (amplitude). Dijaki bodo opazili, da je amplituda, ko se motnji povsem prekrivata, približno dvakrat večja od amplitud motenj, preden se srečata (glej sliko 1). Na podlagi tega opažanja oblikujejo izboljšano razlago: »Ko se motnji srečata, je odmik vzmeti enak vsoti odmikov posameznih motenj.« Zdaj naročimo dijakom, da uporabijo izboljšano razlago in napovejo, kaj se zgodi, ko se prekrivata motnji z enakima amplitudama v nasprotnih smereh (testni poskus 2). Dijaki napovejo, da bo odmik

Testni poskusi:	Napoved za izid TP na podlagi ...	
TP1. Naredi dve različno veliki motnji	R1: "Se odbijeta" 	R2: "Gresta skozi" 
TP2. Naredi dve enaki in nasprotni motnji		

Slika 2: Napovedi za izide dveh testnih poskusov na podlagi dveh razlag, ki jih testiramo.



Slika 3: Izida testnih poskusov. Dve različno veliki motnji (levo) in dve enaki in nasprotni motnji (desno). Sliki (a) kažeta situacijo pred srečanjem motenj, sliki (b) pa po tem.

vzmeti povsod enak nič, vzmet bo videti ravna. Poskus smo izvedli že pri prvem testiranju, toda tokrat ga podrobneje analiziramo s pregledom počasnega posnetka (<https://youtu.be/N9PSegmtDMI>). Dijaki opazijo, da je v trenutku, ko se motnji prekrivata, vzmet videti skoraj ravna, toda ne povsem ravna, kot so napovedali (slika 4).

To je priložnost, da se z dijaki pogovorimo o vlogi *predpostavke*.² Pri oblikovanju napovedi smo predpostavili, da sta obliki motenj povsem enaki. Če ponovno pogledamo počasni posnetek, res opazimo podobni, toda ne povsem enaki obliki (s tem smo preverili veljavnost predpostavke, ne pa testirali razlage), kar pojasni, zakaj odmiki vzmeti, ko se motnji prekrivata, niso natanko nič. Čim

bolj enaka je oblika nasprotnih motenj, tem bolj se motnji »izničita«, ko se prekrivata. Ali nam to spoznanje lahko koristi v vsakdanjem življenju? Vrnimo se na vprašanje z začetka ure: kako delujejo protihrupne slušalke? Privzemimo, da je zvok valovanje (lahko povemo, da bomo zvok podrobneje raziskovali v naslednjih urah). Hrup lahko »izničimo« tako, da na bobnič usmerimo dodaten zvok – enako valovanje, kot prihaja iz okolice, toda z nasprotnimi odmiki. Protihrupne slušalke imajo vgrajen mikrofoni, ki sprejema zvok iz okolice, mu zamenja predznak odmkov, ga še primerno ojači in usmeri na bobnič v našem ušesu, kjer se ta zvok izniči z zvokom, ki prihaja iz okolice. Zdaj je pravi čas, da učitelj poimenuje novo odkriti model za obnašanje valov: *superpozicija*.



Slika 4: Podrobno opazovanje srečanja dveh enakih nasprotnih motenj. V trenutku (c), ko se motnji prekrivata, je vzmet skoraj ravna.

² Predpostavke so ključni del vsakega znanstvenega razmišljanja, ki pa jih pri tradicionalnem načinu poučevanja dijaki skorajda ne srečajo. Razlog je preprost. Tradicionalni pouk podaja že predelano, prečiščeno znanje, končno »resnico«, predpostavke pa so ključne pri nastajanju, konstruiranju znanja.

Aktivnost o superpoziciji je povzeta po zbirki *Active Learning Guide* [13], ki je spremno gradivo učbenika za osnovno fiziko [14]. Učbenik in zbirka v celoti sledita učnemu sistemu *Investigative Science Learning Environment* (s kratico ISLE, izgovorimo »ajl«) ali po slovensko *Znanstvenoraziskovalno učno okolje*. ISLE je zasnovala Eugenia Etkina z Univerze Rutgers, ZDA, pomembne izboljšave pa je prispeval Alan Van Heuvelen [15, 16]. Avtor tega članka se je priključil razvijalcem ISLE pri raziskavah in pri pisanju druge izdaje učbenika in zbirke aktivnosti. Kot je omenjeno v uvodu, obstaja množica različnih aktivnih načinov poučevanja, ki jim je skupno to, da poskušajo doseči aktivno vključenost dijakov pri usvajanju novega znanja. Opisani zgled aktivnega pouka sem izbral ne le zato, ker ISLE najbolj poznam, temveč tudi zato, ker je ISLE celosten učni pristop, združuje različne teoretične okvirje, je preizkušen z različnimi ciljnim skupinami v različnih državah in je, kolikor je meni znano, edini učni pristop, ki posnema način razmišljanja znanstvenikov (fizikov), ko konstruirajo novo znanje ali uporabljajo obstoječe znanje. Kot smo omenili uvodoma, je prav to ena izmed ključnih nalog prihodnjega izobraževanja (razvijanje epistemoloških znanj). To so tudi glavni razlogi, da smo v zadnjih letih učni sistem ISLE integrirali tudi v študijski program Pedagoška fizika na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, kjer izobražujemo bodoče srednješolske učitelje in učiteljice fizike.

Zgled s superpozicijo valov sem izbral, ker je preprost, a obenem dovolj bogat, da smo lahko ob njem spoznali glavne značilnosti aktivnega pouka in značilnosti ISLE kot vzorčnega aktivnega pristopa. Toda pri tem obstaja nevarnost, da zgled vzamemo preveč dobesedno ali pa ga preveč posplošimo. Zato se vrnimo k aktivnosti o superpoziciji in dodajmo nekatere komentarje in opozorila.

1. Če primerjamo vlogo, ki jo imajo poskusi v tradicionalnem poučevanju, z vlogami, ki jih imajo v aktivnosti o superpoziciji, opazimo pomembno razliko. V tradicionalnem poučevanju pravimo poskusom *demonstracijski poskusi*, njihove vloge pa so naslednje: omogočajo učitelju, da bodisi pokaže pojave, o katerih predava, bodisi verificira teorijo (ki jo pred tem predstavi) ali pa pokaže uporabo novih fizikalnih spoznanj. V vseh treh primerih je glavni igralec učitelj, na kar kaže in k čemur spodbuja tudi izraz »demonstracijski«. V prej opisani aktivnosti (kot tudi v celotnem pristopu ISLE) pa poskuse ločimo na *opazovalne, testne in aplikativne poskuse*. Opazovalni poskusi omogočajo dijakom, da opazijo ključne vzorce/značilnosti. Testni poskusi jim omogočajo, da testirajo različne ideje. Aplikativni poskusi pa dijakom omogočajo, da poglobljajo usvojeno znanje in ga povezujejo v koherentno celoto. V vseh treh primerih je glavni igralec dijak/dijakinja.

2. Opisana aktivnost lahko vzbudi napačen vtis, da so za aktivno učenje (in še posebej za ISLE) poskusi nujni. To ni res. Besedo »poskus« je treba razumeti širše. Pri številnih poglavjih nimamo na voljo ustreznih poskusov, bodisi zato, ker so časovno potratni za izvedbo v razredu, predragi, prenevarni, se zgodijo prehitro itd. V takšnih primerih lahko poskuse (v vseh treh prej omenjenih vlogah) nadomestimo s simulacijami, z že izmerjeni ali vnaprej pripravljenimi podatki. To še posebej velja za konstruiranje kvantitativnega opisa pojavov (enačb), ki sledi kvalitativnemu odkrivanju. Spomnimo se – medij je sporočilo; velika razlika je, ali učitelj na tablo napiše enačbo in pove, kaj opisuje (na primer Coulombov zakon), ali pa dijaki najprej na podlagi premišljeno pripravljenih meritev v tabeli sami ugotovijo, da je električna sila sorazmerna produktu nabojev opazovanih teles in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje med telesoma, nato pa učitelj napiše enačbo.

3. Če pozorno berete opis aktivnosti, opazite, da dijake sprašujemo po napovedih šele, ko jih lahko podajo na podlagi *razlag, ki jih testirajo*, ne pa na primer pred izvedbo opazovalnih poskusov, ko sploh še nimajo osnovnega znanja o novi snovi in ko lahko podajo napovedi kvečjemu na podlagi intuicije, kar na mnoge (pogosto dekleta) deluje zastrašujoče. To je posebna značilnost pristopa ISLE in se je dosledno držimo. Na ta način ravnamo podobno, kot je to v znanosti, obenem pa ustvarjamo okolje, ki daje možnost vsem dijakom, da se počutijo vključeni v pouk.

Namesto zaključka

Bralci te revije vedo, da je ideja o aktivnem pouku že dalj časa prisotna v našem prostoru. V veljavnem učnem načrtu za fiziko za gimnazije [17], ki je nastal leta 2008, smo snovalci učnega načrta zapisali, da »mora učitelj poskrbeti, da v frontalni pouk vpelje nove oblike in pristope, ki spodbudijo aktivno sodelovanje **vseh** učencev« (poudarek je v originalu). Res je, da je navedeni stavek zapisan v didaktičnih priporočilih, ki niso zavezujoča in jih zato malokdo bere, toda vseeno se lahko vprašamo: Kako to, da se, kljub tako jasnim priporočilom, po enajstih letih aktivni pouk izvaja komaj kje v naših šolah? Odgovornost za to ni na strani učiteljev, pač pa na strani snovalcev učnega načrta. Vedeli smo, da je aktivni pouk znatno boljši od tradicionalnega načina poučevanja in da ga moramo začeti uvajati v naše šole, toda nismo imeli dovolj znanja o tem, kako ga zares izvajati. Poznali smo nekatere metode in tehnike, ki smo jih preizkusili na izbranih temah, nismo pa imeli celostnega pogleda, ki je potreben (na pa zadosten) pogoj za usklajeno transformacijo učenja in poučevanja. Danes vemo mnogo več o tem, kako izvajati aktivni pouk,³ na voljo so testirani

³ Danes bi na primer namesto »frontalni pouk« zapisali »delo v majhnih skupinah«.

celostni pristopi, razvita so preizkušena gradiva, o aktivnem pouku se pogovarjamo in o njem pišemo – edino, kar še moramo spremeniti, je miselnost, pa bo aktivni pouk lahko zares zaživel v šolah.

Zahvala

Avtor se zahvaljuje Alešu Mohoriču in Sergeju Faletiču za koristne nasvete pri pisanju članka.

Literatura

- [1] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagementversustraditionalmethods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.*, **66**(1), 64–74.
- [2] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., in Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **111**(23), 8410–8415.
- [3] Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, **30**(4), 159–167.
- [4] Von Korff, J., Archibeque, B., Gomez, K. A., Heckendorf, T., McKagan, S. B., Sayre, E. C., ...Sorell, L. (2016). Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50k-student study. *Am. J. Phys.*, **84**(12), 969–974.
- [5] Waldrop, M. M. (2015). The science of teaching science. *Nature*, 523(7560), 272–274.
- [6] D. A. Sousa (ur.) idr. (2010). *Mind, brain and education*, Solution Tree Press, Bloomington, IN.
- [7] Zull, J. E. (2002). *The art of changing the brain: enriching teaching by exploring the biology of learning* (1st ed.). Virginia: Stylus Publishing.
- [8] Wilson, H. J., Daugherty P. R. (2018). Collaborative Intelligence: Humans and AI Are Joining Forces, *Harvard Business Review*, Jul-Aug, 2–11.
- [9] Ivanitskii, G. R. (2018). The robot and the human. Where's their similarity limit? *Phys.Usp.* **61**, 871–895.
- [10] OECD. (2018). The future of education and skills Education 2030 – The future we want. OECD [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf) (preneseno 12. 10. 2019)
- [11] N. Postman and C. Weingartner (1969). *Teaching as a subversive activity*, Delacorte Press, New York.
- [12] M. C. Wittmann, R. N. Steinberg, and E. F. Redish (1999). *Phys. Teach.* **37**, 15–21.
- [13] E. Etkina, D. Brookes, G. Planinsic, and A. Van Heuvelen (2019), *Active Learning Guide for College Physics: Explore and Apply*, 2nd Edition, Pearson, San Francisco, CA.
- [14] Etkina, E., Planinsic, G., in Van Heuvelen, A. (2019). *College Physics: Explore and Apply* (2nd ed.). San Francisco, CA: Pearson.
- [15] Etkina, E. (2015). Millikan award lecture: Students of physics - Listeners, observers, or collaborative participants in physics scientific practices? *Am. J. Phys.*, **83**(8), 669–679.
- [16] E. Etkina and A. Van Heuvelen (2007), in *Research-Based Reform of University Physics*, edited by E. F. Redish and P. J. Cooney, vol. 1, URL www.compadre.org/per/per_reviews/media/volume1/isle-2007.pdf. (preneseno 12. 10. 2019)
- [17] http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/2015/UN-FIZIKA-gimn-12.pdf (preneseno 12. 10. 2019)