Neadekvatna kontekstualizacija problema u školskoj fizici i matematici: Koje su moguće negativne posljedice u učeničkim vjerovanjima?

Josip Sliško, Puebla, México

Eiffelov toranj je popularan kontekst problemskih zadataka u udžbenicima školske fizike i matematike. Analiza nekoliko formulacija tih zadataka, provedena u okviru Palmove teorije autentičnih zadataka (2009.), pokazuje da se radi o primjerima izmišljenih događaja koji se rijetko ili nikada ne mogu dogoditi u stvarnom svijetu. Osim toga, u nekim slučajevima matematički model Eiffelova tornja koji bi učenici ili studenti koristili za proračune podrazumijeva da toranj ima samo jednu dimenziju (visinu).
U školskom okruženju, kada su sustavno izloženi neautentičnim praksama učenja, učenici su skloni zaključiti da se školska matematika i fizika bave problemima koji su besmisleni s gledišta svakodnevnog života. Na ovaj način, poznati sindrom "odustajanje od traženja smisla" može biti razumljiva posljedica umjetne kontekstualizacije problema.

Uvod

U jednom nedavno objavljenom preglednom radu (Fan, Zhu & Miao, 2013.) ističe se da je u proteklih nekoliko desetljeća postignut značajan napredak u istraživanju matematičkih udžbenika. Velika postignuća koncentrirana su kako u područjima analize sadržaja udžbenika (uključujući usporedbe udžbenika iz različitih zemalja) tako i u istraživanju načina korištenja udžbenika u nastavi i učenju. Budući da je tako, sada bi bilo pogrešno tvrditi da su istraživanja u vezi s matematičim udžbenicima

Josip Sliško, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México
jslisko@fcfm.buap.mx

"raspršena, neuvjerljiva, a često i trivijalna" kao što su smatrali neki istraživači prije šest desetljeća. Međutim, razvoj istraživanja o udžbenicima matematike nije bio ujednačen jer su neka područja ostavljena bez dovoljne istraživačke pažnje i relevantnih rezultata.

Osim toga, istraživanje matematičkih udžbenika kao znanstveno polje je u ranoj fazi razvoja jer njegovi filozofski temelji, teorijski okviri i metode istraživanja još uvijek nedostaju ili su tek nedovoljno razvijeni (Fan, 2013.). Da bi se omogućio daljnji napredak, Fan sugerira da treba razraditi okvir koji konceptualizira udžbenike kao posebnu varijablu u kontekstu obrazovanja i definirati istraživanja matematičkih udžbenika kao sustavno propitivanje o njihovom odnosu s drugim čimbenicima u učenju i nastavi matematike.

Fan (2013.) smatra da je za napredak u polju istraživanja matematičkih udžbenika nužno da znanstvenici naprave pomak od opisnih studija (Kako je neka posebna tema obrađena u udžbenicima?) prema kauzalnim korelacijskim studijama (Koji faktori utječu na sadržaj i formu udžbenika ili kako udžbenici afektiraju procese učenja i nastave matematike?).

U ovom članku, navođenjem nekoliko primjera (neki od njih su nevjerojatno ekstremni), pokušavam skrenuti pozornost na pitanje umjetne kontekstualizacije problema koji se pojavljuju u udžbenicima školske fizike i matematike. Iako je na problem neadekvatne slike "matematičkih aplikacija" u obrazovanju više puta ukazivano i ranije (Pollak 1968., 1969., 1978.; Korsunsky, 2002.), nadam se da bi navedeni primjeri, svi u vezi s istim kontekstom iz stvarnog svijeta (Eiffelov toranj), mogli dovesti do "efekta buđenja" kako u znanstvenoj zajednici koja se bavi istraživanjem matematičkih udžbenika tako i među nastavnicima fizike i matematike koji često nekritički preuzimaju udžbeničke formulacije problema. S obzirom na ulogu koju nastavnici igraju u dizajnu i implementiranju sekvencija učenja, veoma je važno da upravo oni budu svjesni mogućih posljedica umjetnih kontekstualizacija problema, bilo da ih preuzimaju iz udžbenika ili da ih samostalno formuliraju.

Eiffelov toranj kao kontekst za problemske zadatke u školskoj fizici i matematici

Prije prezentiranja i analize izabranih primjera "problema" koji su s njim u vezi, korisno je navesti nekoliko činjenica u vezi s tim poznatim tornjem. Eiffelov toranj (slika 1) je željezna rešetkasta struktura koja se nalazi na *Champ de Mars* u Parizu. Nazvan je tako jer ga je dizajnirao i konstruirao inženjer Gustave Eiffel 1889. godine.

Slika 1. Eiffelov toranj

Turisti mogu posjetiti tri razine tornja, s restoranima na prvoj i drugoj platformi. Najviša, treća platforma za promatranje impresivne panorame Pariza se nalazi 276 m (906 stopa) iznad ulične razine. Ovaj podatak je bitan jer ukazuje da autori u formulaciji problema pretpostavljaju vrijednosti visine tornja koje su nedostupne turistima (vidjeti primjere koji slijede).

Posjetitelji se mogu popeti do prve i druge platforme bilo stepenicama bilo dizalom. Međutim, da bi se stiglo do treće platforme gotovo uvijek je nužno koristiti dizalo. Ta činjenica implicira striktnu sigurnosnu kontrolu koja čini nemogućim da se netko s lukom i strijelom ili topovskom kuglom popne na vrh tornja (vidjeti primjere koji slijede).

Slijedeći praksu koju su uspostavili Pollak (1978.) i Korsunsky (2002.), neću otkriti identitet autora koji su izmislili i objavili citirane primjere korištenja Eiffelova tornja. Ta odluka je u rezonanciji s mojim mišljenjem da umjetne kontekstualizacije problema, koji se pojavljuju u udžbenicima matematike i fizike, nisu samo osobna ekstravagancija nekoliko ekscentričnih pojedinaca, nego je to ozbiljan kolektivni fenomen koji bi se morao adekvatno znanstveno istražiti.

Primjeri iz udžbenika fizike

Izbacivanje strijele uvis

“Eiffelov toranj je visok 335 metara. Koliko će sekundi proći dok strijela, izbačena s tornja vertikalno uvis brzinom 4000 centimetara u sekundi, dosegne tlo?”

Superman spašava Lois Lane

“Superman je letio iznad drveća blizu Pariza i vidio je kako je dizalo Eiffelova tornja počelo padati (jer je pukao čelični kabel). Svojim je rendgenskim vidom uočio kako je Lois Lane u dizalu. Ako je Superman udaljen od tornja 1 km i ako dizalo pada s visine od 240 m, koliko vremena ima za spasiti Lois i kolika mora biti njegova prosječna brzina?”

Smrtonosni pad jednog dječaka

“Eiffelov toranj je visok 300 m. Jedan dječak na vrhu oklizne se na koru banane i padne preko ograde. Koliko dugo će živjeti?”

Izbacivanje strijele da bi se pogodila padajuća dinja

“Odlučio si ispustiti dinju s prve platforme Eiffelova tornja. Početna visina h s koje je puštena dinja je 58.3 m u odnosu na glavu tvog francuskog prijatelja koji se zove Pierre i koji stoji na tlu direktno ispod tebe. U trenutku u kojem ispuštaš dinju, Pierre izbacuje strijelu uvis početnom brzinom od 251 m/s. (a) Na kojoj se visini iznad Pierreove glave sudaraju dinja i strijela? (b) Kolike su brzine dinje i strijele u trenutku sudara?”

Primjeri iz udžbenika matematike

Topovska kugla koja pada

“Koliko sekundi treba topovskoj kugli da dosegne tlo ako je puštena da pada s vrha Eiffelova tornja koji je visok 984 stopa? Koliko sekundi bi trebalo toj topovskoj kugli da dosegne tlo ako bi bila ispuštena s upola manje visine?”

Kip slobode na vrhu Eiffelova tornja

“Eiffelov toranj je visok (otprilike) 1063 stope. Kip slobode je visok, zajedno s osnovom i podnožjem, oko 305 stopa. Kada bi se mogao postaviti Kip slobode na vrh Eiffelova tornja, koliko bi se dva spomenika izdizala u nebo?”

Superman ponovno spašava Lois Lane

“Superman leti iznad drveća blizu Pariza i ugleda dizalo Eiffelova tornja koje je počelo padati. Svojim je rendgenskim vidom uočio kako je Lois Lane u dizalu. Ako je Superman udaljen 2 km od tornja i dizalo pada s visine od 350 m, koliko vremena ima Superman za spasiti Lois i kolika mora biti njegova srednja brzina? Riješi ovaj problem pretpostavljajući postojanje i nepostojanje otpora zraka. (Naravno, Superman izvodi proračune nužne u oba problema, jer je ekspert za diferencijalne jednadžbe!)”

Pljuvanje s vrha tornja

“Dok si na Eiffelovu tornju u Parizu (Francuska), pljuneš direktno nadolje (uhitit će te pariška policija). Brzina tvoje pljuvačke je 0.75 metara u sekundi. Koliko vremena treba da tvoja pljuvačka dosegne pločnik koji se nalazi 327 metara ispod? Postavi kvadratnu jednadžbu. Riješi kvadratnu jednadžbu.“

Detaljnu analizu formulacije ovih “problema” bi bilo moguće realizirati u okviru teorije autentičnih školskih zadataka koju je razvio Palm (2009.). Tri glavna elementa njegove teorije su: “situacija ili događaj”, “podatci” i “pitanje”. Da bi zadaća bila autentična, situacija mora biti moguća u stvarnom svijetu, podatci moraju biti vjerodostojni i pitanje mora biti smisleno. Lako je primijetiti da visine koje se pretpostavljaju “problemima” ne odgovaraju stvarnoj visini Eiffelova tornja. Međutim, još gora je realna i opasna mogućnost da učenici zaključe kako situacije i pitanja sugerirana u ovim “problemima” nemaju ništa zajedničko s onim što bi obični ljudi smatrali vrijednim napraviti na tornju ili znati o njemu.

Dodatna falsifikacija se događa u implicitno sugeriranom matematičkom modelu Eiffelova tornja. Naime, taj jednodimenzionalni model u kojem toranj ima samo visinu je pogrešan. Zar je smisleno pretpostaviti da strijela izbačena s vrha tornja vertikalno uvis, nakon što je dosegla maksimalnu visinu, pada vertikalno dolje kao da toranj ne postoji? Međutim, upravo takvu pretpostavku moraju učenici "prihvatiti", svjesno ili nesvjesno, da bi problem imao jednostavno numeričko rješenje. Nepredvidivi sudari strijele sa stvarnom strukturom tornja učinili bi problem potpuno nerješivim.

Nakon suočavanja s ovakvim primjerima neautentičnih ili umjetnih kontekstualizacija, normalno je postaviti dva važna pitanja:

(1) Zašto za autore udžbenika postoji *licentia poetica* za izmišljanje umjetnih konkteksta za navodne primjere primjene matematike i fizike u stvarnom svijetu?

(2) Koje su moguće posljedice umjetnih kontekstualizacija problema u učeničkom i studentskom učenju i vjerovanjima o prirodi fizike i matematike?

Zašto postoje umjetne kontekstualizacije problema u školskoj matematici i fizici?

Odgovor na ovo pitanje povezan je s različitim elementima "nastavne kulture".

Prvi element je duga povijesna tradicija umjetno kontekstualiziranih problema koji se sustavno pojavljuju još od najranijih udžbenika matematike. Dobar primjer su situacije kojima se koristi Fibonacci u svojoj knjizi "Liber abacci" objavljenoj 1203. godine: Lav nastoji izići iz bunara dubokog 50 lakata, penjući se sedminu i spuštajući se devetinu lakta (odgovor "1575 dana" je pogrešan!) ili: Lav, tigar i vuk potroše različita vremena da pojedu ovcu i traži se vrijeme za koje bi je zajedno pojeli.

Drugi element je odsustvo rigoroznih mehanizama kontrole kvalitete u produkciji udžbenika u vidu anonimnih ekspertnih recenzija, sličnih onima koje su normalno primjenjivane u istraživačkim časopisima.

Neki autori, u najboljoj namjeri, vjerojatno misle da "smiješne" formulacije (na primjer, pljuvanje s vrha tornja) mogu biti zanimljive studentima i učenicima i eventualno poboljšati učenje. Zapravo, neke publikacije direktno upućuju na takve zaključke:

"Kada se koristi na odgovarajući način, humor može biti učinkovito sredstvo kako učiniti nastavu ugodnijom, kako smanjiti strah i kako poboljšati uvjete učenja." (Garner, 2006.)

"Humor, korišten na odgovarajući način, ima potencijal za humaniziranje, ilustriranje, ublažavanje, ohrabrivanje, smanjivanje straha i poticanje ljudskog razmišljanja." (Torok, McMorris & Lin, 2004.)

Dodatni primjer navodno smiješnog problema iz jednog udžbenika fizike je:

"Jedan student s prozora na drugom katu spavaonice vidi svoju profesoricu matematike kako hoda nogostupom pored zgrade. On pusti balon napunjen vodom sa 18 m iznad tla kada je profesorica 1 m od točke direktno ispod prozora. Ako je profesorica visoka 170 cm i hoda brzinom 0.45 m/s, hoće li je balon pogoditi? Ako ne, za koliko će je promašiti?" (Wilson, Buffa & Lou, 2007.)

Da bi se dodali fini detalji potencijalne definicije o onome što je doista "korisno smiješno" u slučaju učenja školske fizike i matematike, bilo bi zanimljivo dobiti, primjerenim istraživanjem, znanstvene odgovore na pitanja:

- Koliko studenata smatra gore navedeni ili neki sličan problem smiješnim i zašto?
- Koliko studenata ne smatra takav problem smiješnim i zašto?
- Do koje mjere takvi problemi uzrokuju da studenti mijenjaju svoju sliku o školskoj fizici i matematici?
- Do koje mjere takvi problemi dovode do toga da studenti poboljšaju svoje učenje školske matematike i fizike?

Koje su moguće posljedice umjetnih kontekstualizacija?

Osnova za odgovor na pitanje je činjenica da studenti i učenici u autentičnim aktivnostima u stvarnom svijetu uvijek nastoje otkriti i razumjeti njihov smisao. U školskim aktivnostima, kada su sustavno izloženi neautentičnoj praksi, učenici su skloni zaključiti da se školska matematika i matematika bave problemima koji su besmisleni sa stanovišta običnih ljudi i da je jedino što treba "naučiti", da bi dobili dobre ili prolazne ocjene na ispitima, mehanička primjena memoriziranih formula i procedura.

Na taj način, poznati sindrom "odustajanje od traženja smisla" (engl. *suspension of sense-making*, Schoenfeld, 1991.) može biti razumljiva posljedica umjetne kontekstualizacije problema ili, drugim riječima, neka vrsta učeničke ili studentske samoobrane čiji je cilj sačuvati neoštećen um za autentičnu uporabu izvan škole.

Da bi se dobili početni rezultati o mogućim posljedicama umjetnih kontekstualizacija, napravljena je analiza komentara koje je izazvao videouradak objavljen na YouTubeu, u kojem je "odglumljena" situacija opisana u jednom navodno smiješnom problemu koji se pojavio u udžbeniku Optike (Slisko & Dykstra, 2011.). Formulacija "smiješnog" problema je sljedeća:

"Ležiš na leđima u kadi, u kojoj nema vode, promatrajući čašu koja miruje na tanjuriću za sapun. Netko napuni kadu vodom tako da je razina vode iznad tvoje glave, ali upravo do površine tanjurića i dna čaše. Skiciraj kako ćeš vidjeti čašu i tanjurić nakon što je kada napunjena vodom i prije nego se utopiš." (Falk, Brill & Stork, 1986.)

Puno komentara objavljenih na YouTubeu jasno pokazuje da je očekivanje "smiješni problem čini učenje ugodnim" pogrešno. Zapravo, komentari otkrivaju da gornja i ostale slične "smiješne formulacije" (koje komentatori sami spominju!), izazivaju duboko negativan stav prema fizici, učenju fizike i autorima udžbenika fizike.

Čini se, dakle, da čim prije treba osmisliti istraživanje povezano s posljedicama koje u učenju i vjerovanjima učenika i studenata izazivaju umjetne kontekstualizacije problema u udžbenicima matematike i fizike.

LITERATURA

1/ D. S. Falk, D. R. Brill & D. G. Stork: *Seeing the Light. Optics in Nature, Photography, Color, Vision and Holography*, Wiley, New York, 1986., str. 71, PH17.

2/ L. Fan: *Textbook research as scientific research: towards a common ground on issues and methods of research on mathematics textbooks*, ZDM, 45(5), (2013.), 765–777.

3/ L. Fan, Y. Zhu, & Z. Miao: *Textbook research in mathematics education: development status and directions*, ZDM, 45(5), (2013.), 633–646.

4/ R. L. Garner: *Humor in pedagogy: How ha-ha can lead to aha!*, College Teaching, 54(1), (2006.), 177–180.

5/ B. Korsunsky: *Improper Use of Physics-Related Context in High School Mathematics Problems: Implications for Learning and Teaching*, School Science and Mathematics, 102(3), (2002.), 107–113.

6/ T. Palm: *Theory of authentic task situations*, In B. Greer, L. Verschaffel, W. Van Dooren, & S. Mukhopadhyay (Eds.), Word and worlds: Modelling verbal descriptions of situations, Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers, 2009.

7/ H. O. Pollak: *On some of the problems of teaching applications of mathematics*, Educational Studies in Mathematics, 1(1), (1968.), 24–30.

8/ H. O. Pollak: *How can we teach applications of mathematics?*, Educational studies in mathematics, 2(2), (1969.), 393–404.

9/ H. O. Pollak: *On mathematics application and real problem solving*, School Science & Mathematics, 78(3), (1978.), 232–239.

10/ A. Schoenfeld: *On mathematics as sense-making: An informal attack on the unfortunate divorce of formal and informal mathematics*, In J. Voss, D. Perkins, & J. Segal (Eds.), Informal reasoning and education, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991., 311–343.

11/ J. Slisko, & Jr, D. Dykstra: *Unfortunate Outcomes of a "Funny" Physics Problem: Some Eye-Opening YouTube Comments*, The Physics Teacher, 49(2), 72–74.

12/ S. E. Torok, R. F. McMorris & W. C. Lin: *Is humor an appreciated teaching tool? Perceptions of professors' teaching styles and use of humor"*, CollegeTeaching, 52(1), (2004.), 14–20.

13/ J. D. Wilson, A. J. Buffa & B. Lou: *College Physics*, 6th edition, Upper Saddle River, NJ, 2007., str. 64, Problem 104.