

Fizika Guliverovih putovanja

Ljubiša Nešić

Departman za fiziku, Prirodno-matematički fakultet u Nišu, Srbija

Sažetak. Fizika kao bazična prirodna nauka prožima celokupnu prirodu i sve procese u njoj. Direktna posledica toga je da je ugrađena u sve civilizacijske tekovine. Fizika je danas u velikoj meri zastupljena u književnim delima, filmovima, kompjuterskim igrama. U radu je, pre svega sa aspekta fizike, analizirano jedno od najpoznatijih dela svetske književnosti *Guliverova putovanja* Džonatana Svifta. Delo je satira – obično se misli usmerena samo na tadašnje socijalne prilike u Engleskoj. Manje je poznato da je delo bilo pisano i kao kritika aktivnosti Kraljevske Akademije nauka koja je ohrabivala putovanja u daleke zemlje i zapisivanje svih podataka koji su relevantni za naučni i tehnološki razvoj Kraljevstva. Akcenat izlaganja je na razmatranju Guliverovih putovanja sa stanovišta fizike. Na primer, primena zakona skaliranja na Gulivera, Liliputance i Brobdingnežane dovodi do zaključka da Guliver nije mogao da čuje šta oni govore jer su jedni svojim glasovnim aparatom emitovali ultrazvuk a drugi infrazvuk. Deo materijala sadržanog u radu je moguće direktno implementirati u nastavu fizike u cilju podizanja učeničke motivacije.

Ključne riječi: fizika i književnost, zakoni skaliranja, akustika.

UVOD

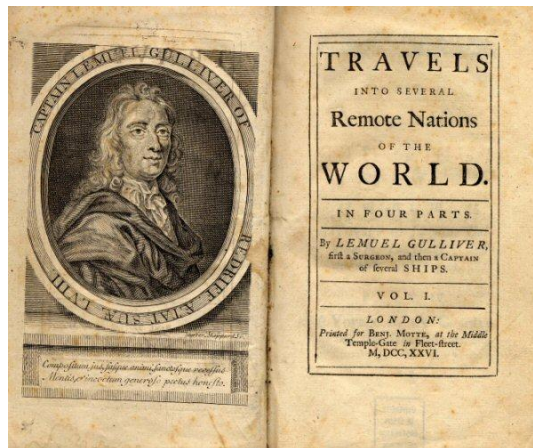
Prirodne nauke su u poslednjih nekoliko vekova prošle kroz tri faze: institucionalizaciju (17. vek), profesionalizaciju (19. vek) i socijalizaciju (20. vek) [1]. U prvoj fazi formirane su prve akademije nauka, a bavljenje naukom je isključivalo rasprave o religiji, politici i moralu. Naučnici su svojim aktivnostima dolazili do znanja kojim je društvo moglo da prirodu i njene pojave prilagodi svojim potrebama. S obzirom na rudimentarnost tadašnjih saznanja, ona su lako nalazila put do primene. Na krilima daljeg razvoja značajnih otkrića iz vremena Njutna, u fazi profesionalizacije, naučnici se bave naukom ne vodeći mnogo računa o potrebama društva. Ulogu nauke u izvesnom smislu preuzima tehnologija umetnuvši se na mesto „posrednika“ između (čiste) nauke i njene primene. Period socijalizacije vezuje se za 20. vek koji karakteriše ubrzan razvoj nauka ali i velike društvene promene i razvoj tehnologije. Drugi svetski rat je odigrao veliku ulogu u pozicioniranju nauke kao važnog stuba društva. Ona je u svetskim okvirima imala takvu poziciju sve do kraja hladnog rata, nakon čega kao da je došlo do usporavanja njenog razvoja i blage izmene pravaca istraživanja (zapravo umanjena finansiranja fundamentalnih istraživanja).

Danas su fundamentalne nauke, a pogotovu fizika, u nezavidnoj poziciji i to ne samo u regionu zemalja koje su pripadale Jugoslaviji, već i šire. Umanjeno je finansiranje bazičnih istraživanja, a i pozicija fizike kao nastavnog predmeta je sve lošija u nastavnim planovima. U sistemskom smislu fizičari, kako naučnici tako i nastavnici, ne mogu mnogo da učine s obzirom na relativno mali broj i slabu zastupljenost u telima koja donose strateške odluke. U onom direktnom smislu delovanja potrebno je da se i jedni i drugi posvete motivisanju učenika za učenje fizike i usvajanje njenih bazičnih koncepata. Pri tom, naša ciljna grupa moraju biti svi učenici a ne samo oni koji će ići na studije fizike jer će možda baš oni kojima nismo poklonili dovoljno pažnje ili pomogli da razumeju fiziku biti oni koji će, kad završe školovanje i zaposle se, odlučivati o nečemu bitnom za fiziku i fizičare. Nekima se može prići kroz kompjuterske igre [2] i njihovu primenu u nastavi, nekima pak kroz korelisanje sadržaja fizike sa drugim predmetima. Dok je korelacija sa matematikom i hemijom prirodna i česta u praksi, ređa je

pojava korelacije gradiva fizike sa književnošću. U radu će, na primeru jednog klasičnog dela, Guliverovih putovanja Džonatana Svifta, biti ukazano na neke, po mišljenju autora bitne veze sa fizikom.

GULIVEROVA PUTOVANJA

Guliverova putovanja iz 1726. godine Sviftovo je najpoznatije delo i ubraja se u klasike engleske i svetske književnosti [3]. Pun naziv romana je *Putovanja u nekoliko dalekih svetskih zemalja, u četiri dela* (slika 1), Lemjuel Guliver, prvobitno hirurg a zatim kapetan nekoliko brodova (Travels into Several Remote Nations of the World. In Four Parts. By Lemuel Gulliver, First a Surgeon, and then a Captain of Several Ships).



SLIKA 1. Prvo izdanje Guliverovih putovanja [3].

Džonatan Svift (Dablin, 1667 - 1745.), bio je irski književnik, novinar i političar, ali takođe i velikodostojnik Anglikanske crkve, dekan¹ Katedrale Svetog Patrika u Dablinu. Doktorirao je na Triniti koledžu u Dablinu. Bio je prijatelj Aleksandra Poupa, poznatog engleskog književnika koji je napisao epitaf na Njutnovom grobu:

„Nature and nature's laws lay hid in night;
God said "Let Newton be" and all was light.“

Guliverova putovanja se smatraju tipičnim primerom engleske satirične književnosti. Sve vreme se vrši poređenje zemalja u koje Guliver dospeva sa evropskim svetom tog vremena a poređenja su nekad u korist Engleske, nekad na strani drugih zemalja. Narator na početku predstavlja roman kao običnu putopisnu knjigu, sličnu mnogima iz toga vremena.

Postoji i izmišljeni urednik, kome je Guliver dao rukopis da ga priredi i izda, koji čitaoca upućuje u delo. Urednik kritikuje roman, kaže da je previše prost, iako opisuje događaje koji su zanimljivi i istiniti [4].

Kratak prikaz Guliverovih putovanja

Postoji više verzija knjige tako da se ponekad i prevodi dosta razlikuju. U verziji [4] Guliver je svoja putovanja predstavio u četiri dela.

¹U crkveno-administrativnom sistemu ovo je titula tzv. okružnog vikara koji je obavljao administrativne i pastirske funkcije koordinacije u određenoj crkvenoj oblasti – dekanatu.

Prvi deo: Putovanje u Liliput (4. maj 1699 - 13. april 1702.)

Guliver je lekar koji voli da putuje. Na svom prvom putovanju doživljava brodolom, posle koga se budi na obali kao zarobljenik ljudi *dvanaest puta* manjih od prosečnog čoveka. Oni žive u dve zemlje - Liliput i Blefusko. Guliver ubrzo postaje omiljen u kraljevstvu Liliput, a u romanu se do detalja opisuje careva ličnost i odelo, zabave na dvoru kao i prestonica Liliputa - Mildenda. Guliver uči jezik Liliputa i pomaže Liliputancima da poraze stanovnike Blefuska (krađom njihove flote), zbog čega dobija visoku počasnu titulu. U jednom momentu biva obavешten da se protiv njega kuje zavera pa zbog toga beži u Blefusku, pa u Englesku.

Drugi deo: Putovanje u Brobdingnag (20. jun 1702- 3. jun 1706.)

Sledeće putovanje je u Brobdingnag, zemlju džinova. Ovde ima više elemenata čiste komike u odnosu na prvu knjigu. Komične situacije stvara disproporcija - u Liliputu je bio džin među patuljcima (1:12), sada je patuljak među džinovima (1:10). Otvara se nova tema, tema relativizma. Guliver piše: „Bez sumnje imaju pravo filozofi kada vele da ništa nije veliko ni malo, nego jedino po usporedbi.“

Guliverov Brobdingnag je utopističko društvo u kome nema bombi i ratova. Relativizam se još jednom javlja u tome što se on, nakon napuštanja ove zemlje, teško privikava na ljude bliske sebi po veličini.

Prvi deo knjige, *Putovanje u Liliput*, srodan je drugom zbog neobičnih situacija čiji uzrok je velika razlika između visine Gulivera, Liliputanaca i Brobdingnežana. Tema satire ovde međutim nije razlika u veličini, već uređenje društva. Poređenje između njegove zemlje i one u kojoj se nalazi ukazuje na jednakost nezavisnu od veličine stanovnika.

Treći deo: Putovanje u Laputu, Balnibarbiju, Lugnag, Glubdubrib i Japan (5. avgust 1706 - 16. aprila 1710.)

Za fizičare (generalno naučnike) veoma je zanimljiva sledeća destinacija - Laputa (Lebdeće ostrvo). Kod stanovnika Lapute matematika je prisutna u svakodnevnim razmišljanjima. Hrana im je u obliku geometrijskih figura, komplimente udeljaju ženama upoređujući ih sa geometrijskim figurama. Po Guliveru znaju jedino matematiku, astronomiju i muziku, a sem toga su *smotani i tupavi*.²

Balnibarbija je zemlja u kojoj se primenjuju ideje nastale u Laputi. Guliver posećuje njihovu Akademiju koja predstavlja parodiju akademskih projekata, naučnika koji se bave praktičnim stvarima na izvnut način. Tu pokušavaju da od krastavca dobiju sunčevu svetlost, da od izmeta naprave prvobitnu hranu, da pretvore led u barut, da zidanje kuće počnu od krova ka temelju, da unaprede jezik izbacivanjem svih reči i sl.³

Glubdubrib je ostrvo magova i čarobnjaka, koji komuniciraju sa mrtvima. U Lugnagu sreće besmrtna bića - strulburge, koji se retko rađaju, ali ih ima dosta i „uživaju“ ne u večnoj mladosti već u večnoj starosti.

Četvrti deo: Putovanje u zemlju Huinhma, (7. septembar 1710 - 2. jul 1715.)

Radi kompletnosti kratkog „prikaza“ dela biće naveden ukratko i četvrti deo putovanja, putovanje u zemlju Huinhma, koja je zemlja konja. Konji su razumna bića - Savršenstvo Prirode (na njihovom jeziku - Huinhmi). Ljudi su Jahui⁴, daleko ispod konja po moralnim i

²Na ovom mestu je jasna asocijacija na ponekad nedovoljno socijalizovane naučnike.

³U vreme pisanja romana toga nije bilo, ali danas bi se za ovakva istraživanja dodelila Ig Nobelova nagrada koja predstavlja parodiju Nobelove nagrade.

⁴U originalu, pripadnici ove vrste zovu se yahoo. Jerry Yang i David Filo, osnivači kompanije Yahoo, smatrali su sebe pripadnicima te vrste pa su tako i kompaniji dali ime.

drugim karakteristikama. Guliver se nalazi na sredini - između Jahua (sličnost po izgledu) i Huinhma (sličnost po razumu).

Huinhmi ne poznaju laž, nemaju reči za moć, vlast, zakon, rat, kaznu itd. Oni su nagi, prirodno nesakriveni, oni ne boluju ni od kakve bolesti, umiru od starosti. Uz to, ne poznaju nikakve telesne nelagodnosti i nemaju strah od smrti (shvataju je kao deo toka prirode).

Satira u Guliverovim putovanjima

Obično se smatra da su Guliverova putovanja satira motivisana socijalnim odnosima u Kraljevstvu, koji su često nerazumljivi čitaocima neupućenim u tadašnje prilike i organizaciju Kraljevstva. Istoričari nauke, međutim, Swiftovo delo, objavljeno dve godine pre Njutnove smrti, tretiraju dvojako: kao *protonaučnu* fantastiku ali kao i satiričan prikaz i kritiku aktivnosti Kraljevske Akademije Nauka. Vredi istaći da postoje i drugačija mišljenja [5].

Sa stanovišta istorije nauke, najvažniji deo knjige je Guliverova poseta lebdećim ostrvima Lapute, čiji su stanovnici zaljubljeni u merenje, kvantifikovanje, eksperimentisanje i astronomska predviđanja. Ta ostrva lebde putem magnetne levitacije što predstavlja jednu od retkih praktičnih primena njihovog znanja.

U priči o doživljajima u Laputi, Swift kritikuje svet matematičara i filozofa čija otkrića često nisu nalazila primenu u svakodnevnom životu. U Balnibarbiji, koja se kao kolonija Lapute nalazi ispod nje, primenjuju se rezultati nekih besmislenih istraživanja iz Laputije. U ovom delu je na satiričan način prikazan i odnos Britanije i (Swiftove domovine) Irske, odnosno generalno, bogatih i siromašnih. Laputa kontroliše Balnibarbiju pretnjama da će blokirati sunce ili kišu, bacati kamenje dole ili uništiti pobunjene gradove spuštanjem Lapute na njih.

Kada je reč o korisnosti naučnih otkrića u realnom svetu, odnosno svakodnevnom životu većine ljudi, Swift je u pravu kada je tvrdio da do korisne primene obično prođe puno vremena a često je ona pre svega u interesu Kralja, vlasti, vojske i zemljeposjednika (koji su sem toga i značajni pokrovitelji naučnika i njihovih istraživanja).

Guliverova putovanja, sem isticanja njihove satiričnosti, sadrže i neke elemente koji mogu biti od velike koristi u nastavi i upravo tome će biti posvećen naredni deo ovog rada.

GULIVEROVA PUTOVANJA U LILIPUT I BROBDINGNAG

Prema romanu, prilikom prvog putovanja, nakon brodoloma Guliver se probudio i otkrio da ne može da pomeri ni ruke ni noge. Otkrio je da je vezan za zemlju (slika 2, levo) i da je



SLIKA 2. Guliver u Liliputu i Brobdingnagu
(wikipedia.org)

okružen gomilom sitnih stvorenja nalik ljudima koja su mu nešto čudno govorila. I bez daljeg prepričavanja njegovih doživljaja u Liliputu zadržimo se samo na ovom podatku – Guliver je čuo Liliputance kako govore.

On je bio muškarac prosečne visine, dakle negde oko 1,8 m, mase oko 72 kg pa je prema tome bio težak oko 720 N.⁵ Možemo prvo da se zapitamo kolike su masa i težina Liliputanaca. Ukoliko pođemo od ranije pomenutog podatka da je

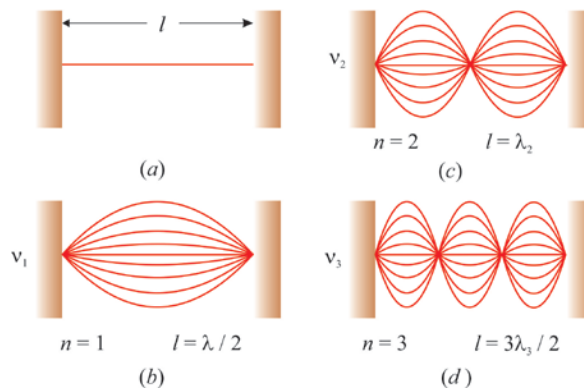
⁵ S obzirom na to da se Laputa nalazi na Zemlji, pri izvođenju ovog zaključka, smatralo se konstanta gravitacije ima uobičajenu vrednost.

prosečan Liliputanac 12 puta manji od čoveka, visina bi mu bila oko 0,15 m. Na osnovu ovoga možemo zaključiti da je zapremina Liliputanca $12^3=1728$ puta manja od zapremine Gulivera što znači da mu je masa oko 41,7 g a težina oko 0,42 N.⁶

Da bi analizirali činjenicu koju je izneo Swift u romanu, a koja se odnosi na to da je tokom boravka u Liliputu Guliver stalno razgovarao sa stanovnicima te zemlje, zgodno je podsetiti se nekih činjenica vezanih za našu komunikaciju zvukom. Ona je omogućena postojanjem čula govora i sluha.

Čovek proizvodi glas organom govora koji čine: pluća, dušnik, grkljan sa glasnim žicama, ždrelo sa resicom, usna šupljina (nepca, jezik, zubi) i nosna šupljina, i koji se još naziva i vokalni trakt [6]. Pluća proizvode stalan protok vazduha koji glasne žice pretvaraju u niz pulseva određene frekvencije. One sužavaju vokalni trakt, ostavljajući otvor u vidu uske pukotine, čijim se otvaranjem i zatvaranjem periodično prekida vazдушna struja i formira zvučni signal koji se dalje oblikuje u raznim suženjima i komorama trakta. Pritom i same glasne žice trepere određenim frekvencijama koje određuju frekvenciju emitovanog zvuka. Na taj način se, pri datoj osnovnoj frekvenciji zvuka, mogu stvarati različiti spektri, na osnovu kojih se pojedini glasovi međusobno razlikuju. Visina glasa odraslih muškaraca je u frekventnom opsegu od 85 do 180 Hz, dok je u slučaju odraslih žena u opsegu 165 do 255 Hz [7]. U literaturi se kao prosečne vrednosti osnovnog harmonika obično uzimaju vrednosti 120 Hz (muškarci), 200 Hz (žene) i 300 Hz (deca).

Ljudski organ čula sluha, uvo, daje nam obilje informacija o zvuku, kao što su njegova visina, jačina kao i to iz kog smera dolazi. Na osnovu zvuka koji smo registrovali možemo, takođe, da steknemo utisak o kvalitetu muzičkog instrumenta (ili glasa) i boji zvuka koji on stvara (ili steći utisak o emocijama osobe koju čujemo). Čulo sluha zdravog čoveka omogućuje mu da registruje zvuk čije su frekvencije u približnom rasponu od 20 do 20 000 Hz. Ljudsko uho nije jednako osetljivo na sve frekvencije već je najosetljivije na frekventni interval od 300



SLIKA 3. Normalni modovi zategnute žice dužine l .

do 10 000 Hz [6].

Na visinu emitovanog glasa najviše utiču glasne žice koje se na uprošćen način mogu zamisliti kao obične zategnute žice. Na slici 3 prikazano je nekoliko normalnih modova oscilovanje jedne ovakve žice. Poznato je da visinu tona koji ona emituje određuje prvi harmonik, dok stepen prisutnosti ostalih harmonika utiče na boju tona. Kako se dužina glasne žice razlikuje od čoveka do čoveka razlikuje se i visina zvuka koji oni proizvode.

Visina osnovnog tona (frekvencija), koji tako zategnuta žica dužine l proizvodi predstavljen je izrazom [6]

⁶ Ukoliko se pretpostavi da se gustina ne menja sa promenom veličine bića.

$$v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad (1)$$

pri čemu je μ - masa po jedinici dužine a F sila zatezanja žice. Kako masa po jedinici dužine može da se predstavi kao proizvod (zapreminske) gustine žice i površine njenog poprečnog preseka (a za njega važi da je proporcionalan sa l^2), važi sledeći niz relacija [8]

$$v = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{S\rho}} \propto \frac{1}{l} \sqrt{\frac{1}{l^2}} = \frac{1}{l^2}. \quad (2)$$

Dobijen je rezultat koji omogućuje procenu promene visine tona sa dužinom žice – tipičan zakon skaliranja [9]. Kako je dužina glasne žice srazmerna linearnim dimenzijama živog bića može da se kaže da je frekvencija osnovnog harmonika glasovnog aparata obrnuto srazmerna kvadratu linearnih dimenzije bića. U skladu sa time je odnos visine zvuka koji mogu da emituju Liliputanci i Guliver, s obzirom na to da je $l_G/l_L=12$:

$$\frac{v_L}{v_G} = \frac{l_G^2}{l_L^2} = 12^2 = 144. \quad (3)$$

Iz ove jednačine možemo na osnovu jedne poznate visine odrediti drugu.

Ukoliko pođemo od toga da je prosečna visina glasa muškaraca oko 120 Hz (tu visinu ćemo pripisati Guliveru), visina glasa Liliputanca bi bila

$$v_L = 144 v_G = 17\,280 \text{ Hz}. \quad (4)$$

Ova frekvencija je veoma visoka i bliska ultrazvučnom opsegu. Analogne frekvencije žena i dece Liliputa su: 28 800 Hz i 43 200 Hz, što, kao što znamo, predstavlja ultrazvučnu frekvenciju koju ljudsko uho ne može da registruje. Dakle, ako su Liliputanci bili onoliki koliki je tvrdio Swift da jesu, prosečan pripadnik ljudskog roda nije nikako mogao da ih čuje.⁷

Nakon boravka u Liliputu, Guliver je uspeo da pobegne i vrati se u Britaniju. Kanije ga je put naneo u zemlju džinovskih Brobdingnežana koji su bili oko 10 puta veći od njega. Sa njima je, prema Swiftu, takođe uspostavio audio kontakt ali nas sada oprez nagoni da probamo da procenimo da li je to bilo moguće. U ovom slučaju zakon skaliranja (2) za frekvenciju Brobdingnežana daje

$$\frac{v_B}{v_G} = \frac{l_G^2}{l_B^2} = 10^{-2} = 0,01. \quad (5)$$

Na osnovu razmatranja, u potpunosti analognih ranijim, lako je izračunati da je težina ovih džinova oko 720 000 Njutna, odnosno da im je masa bila oko 72 tone. Prosečna frekvencija osnovnog harmonika koji je mogao da proizvede glasovni aparat jednog ovakvog džina je tek 1,2 Hz, odnosno reč je o infrazvuku. Drugim rečima, Swiftov junak nije mogao ni njih da čuje.

Dakle, možemo da zaključimo da između pripadnika ove tri vrste nije moglo da bude vokalne komunikacije. Iako je zaključak da nisu mogli da se čuju tačan, dozvolimo mogućnost da Guliver čuje Liliputance i Brobdingnežane, na primer uz pomoć nekog specijalnog slušnog aparata koji bi preniske odnosno previsoke frekvence prevodio u čujni opseg. Šta bi u tom slučaju on mogao da čuje? Odgovor opet daje isti zakon skaliranja (2).

Podimo od činjenice da je čoveku potrebna otprilike 1 s da (nakon vežbanja) izgovori reč Brobdingnežan. Kako je frekvencija njegovog glasa oko 120 Hz, to znači da svake sekunde u uho dođe 120 talasnih dužina ovog zvučnog talasa. Obzirom na frekvenciju govora džinova, njima treba oko 100 s (prisetimo se da je ovde bitan faktor 10^2) da izgovore istu reč, odnosno 1 minut i 40 sekundi. Kada je reč o Liliputancima, njima su za istu aktivnost potrebne oko 7 ms ($1/144$).

⁷ Bilo bi takođe zanimljivo proceniti snagu glasa Liliputanaca kako bi se videlo da li je, na frekvenciji na kojoj je emitovan, iznad odgovarajućeg praga čujnosti čoveka. U tu svrhu potrebno je izračunati intenzitet zvuka i njegov nivo. To, kao i procena glanosti zvuka, je poseban problem koji ovde neće biti razmatran.

ZAKLJUČAK

Konceptualno poznavanje fizike je cilj kome treba težiti tokom podučavanja učenika. Ne mora svako od učenika postati naučnik. To je i nemoguće i nepotrebno, ali je potrebno da svaki učenik shvati moć i ulogu fizike u razvoju društva kako ne bi, kada zauzme svoju poziciju u društvenoj hijerarhiji, bio protivnik ulaganja u razvoj fizike i kako se ne bi trudio da se smanji njena zastupljenost u školskim programima.

Da bi se taj težak cilj ostvario mora dosta da se radi uz korišćenje što šire palete metoda i tehnika. Važan korak ka tom cilju je podizanje motivacije učenika. To se može postići recimo biranjem takvih tema za koje učenici mogu lako da uvide smisao njihove obrade i značaj i primenu dobijenih zaključaka. Česta primedba učenika je upravo da ne vide zašto se nešto radi u nastavi fizike čime vrlo brzo gube interes za dalje bavljenje time. Povezivanje sa sadržajima drugih predmeta je jedan od načina. Sadržaji izneti u ovom tekstu mogu biti predmet analize na zajedničkom času sistematizacije znanja iz fizike (akustika) i časa književnosti na kojem se radi analiza navedenog književnog dela.

Drugi način, možda danas bliži učenicima je analiza filmova i kompjuterskih igara sa stanovišta fizike. Veliki deo kinematike i dinamike je moguće na taj način obraditi [2], a puno savremenih filmova daje povod za pokretanje raznih tema, makar u okviru zajedničkih sekcija za posebno zainteresovane učenike (Gravity, The Core, Interstellar, Journey to the Center of the Earth, Antz ...). Zakoni skaliranja su, kao što je istaknuto u pozadini iznete analize. Ovi zakoni su važan alat i u biologiji i matematici, a nezaobilazni su i kod modelovanja realnih procesa [7].

ZAHVALA

Zahvaljujem prof. dr Ivici Avianiju na pozivu za učešće na 13. hrvatskom simpoziju o nastavi fizike u Zadru. Rad je delimično finansiran sredstvima projekata 174020 i 176021 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, i ICTP-SEENET-MTP projekta PRJ09 Cosmology and Strings u okviru SEENET-MTP Mreže.

LITERATURA

1. R. Krsnik, *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.
2. R. Repnik, *Gamification at Physics teaching in Schools - Computer Game Angry Birds*, 4, Nastava fizike, 187-197 (2017).
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Gulliver%27s_Travels (12.3.2017.)
4. Jonathan Swift, *Gulliverova putovanja*, (s engleskog preveo Iso Velikanović, eLektire.skole.hr), http://os-odra-zg.skole.hr/upload/os-odra-zg/images/static3/788/File/swift_gulliverova-putovanja.pdf (12.3.2017)
5. G. Lynall, *Swift and Science -The Satire, Politics and Theology of Natural Knowledge*, 1690-1730, Palgrave Macmillan UK, 2012.
6. P. P. Urone, *College Physics*, Brooks/Cole Publishing Company, 1978.
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Voice_frequency (13.3.2017.)
8. Lj. Nešić, *Da li postoje džinovi i patuljci*, Teme moderne fizike, Prirodno-matematički fakultet u Nišu, 51-68 (2007)
9. D. Veljković, Lj. Nešić, *Zakoni skaliranja u biologiji i fizici*, Nastava fizike 4, 235-238 (2017).