

NJEGOŠEV EFEKAT U FOKUSU LORDA REJLIJA

Vukota Babović

Knowing about the interest which the great Montenegrin thinker, poet and statesman Petar Petrović Njegoš showed for acoustics and optics, the author Prof Vukota Babović tells about an acoustic experiment which Njegoš performed in one church in Naples in 1851 which was identical to the experiment which the famous physicist Lord Reilly created and performed half a century later.

Vladar. U proljeće 1851. godine pjesnik i vladar Crne Gore, Petar II Petrović Njegoš nije kod kuće, ni u kancelarijama na Cetinju. Eno ga po Evropi, obilazi Italiju, dugo je u Napulju. Skoro da ne čita, malo piše i žestoko kašlje. Ne može da pobije-di nemilu suhu bolest.

Razlozi za pjesnikovo izbivanje iz domovine su mnogostruki i složeni: prosvjetiteljski, politički, turistički, stvaralački... Ponajprije, zdravstveni i metafizički. Žudi za misterijama Mediterana i kuša jesu li sutoni na Siciliji išta melemniji od bokeljskih. Ne uspijeva da spoji dva dobra. Podneblje u kojem na podlozi plodne antičke umjetnosti buja renesansna kultura i žari prosvjetiteljski duh prija romantičarskim zanosima, ali nažalost ne zacjeljuje kaverne u grudima. Vladika ide na Vezuv, viđa prijatne i zaludne ličnosti, gleda Rafaela i jede grožđe i pomorandže. Ali je šetan, i zabrinut.

Jedno iskustvo iz Pomorskog muzeja ne izbija mu iz glave¹. Kustos mu je skrenuo pažnju na svetioničku tehnologiju prošlosti, ne propustivši da naglasi da su trenutno u primjeni moderni optički sistemi koje je patentirao francuski naučnik i inženjer Augustin-Jean Fresnel. Pjesnika je zainteresovao detalj iz biografije ovog interesantnog Francuza – bio je primjeran čak čuvene nacionalne obrazovne institucije *Ecole Polytechnique* u Parizu, potom istaknuti fizičar i reformator prevaziđenih optičkih teorija. To na stranu, pogodile su ga riječi da je istraživač umro premlad, u 38. godini života (kad je Petar tek ulazio u tinejdžerske godine) – od suve bolesti.

Znoji se vladika u košmarnoj napolitanskoj noći, čini mu se da je vazduh koji nadire sa Tirenskog mora smolast; uplašen je saznanjem da je i francuska medicina nemoćna. Informaciju doživljava kao zlosutno predskazanje: u trideset osmoj je. Koliko najesena ugušiće ga cetinjske magle.

Tmuran i izmožden dočekuje jutro: izmiče mu vrijeme.

Do pronalaska streptomicina bijaše ostalo nešto više od sto godina (cijela vječnost za neutješnog crnogorskog bonika).

Putopisac. Ljubomir, sin Mateje Nenadovića, jedan dvadesetpetogodišnjak od Valjeva eno ga u to isto vrijeme na školovanju i usavršavanju u Evropi. Uči on po Dositejevoj formuli: otići. Talentovan je i pismen. Putuje, gleda i bilježi. Piše *Pisma* odatud. Rečenica mu je moderna, a nabrekla kao živica iz njegove Brankovine. Imao je od koga da čuje i nauči. Otac mu je pisac znamenitih *Memoara*, knjige koju su iz duška čitali i vispreni, i sumnjala i erudite. Protu je tamo živo opisao prve godine Prvog srpskog ustanka.

¹ Za ovu tvrdnju ne postoje materijalni dokazi. Autor koristi mistifikaciju kao literarni postupak ofantastičenja ovdje adekvatan za dosezanje pritaženih kognitivnih ciljeva.

(Nije svejedno koje izdanje ove kultne knjige čitate: „nacionalni“ radnici su to ili ono, ovđe ili onđe prepravili, dodali, po patriotskoj procjeni i izostavili. Ostalo je dosta autentičnog i poslije krivotvorenja.)

Danas kada je u modi da kroz romane špaciraju istim drumom istorijske i fiktivne ličnosti, poznati i anonimni, Protin narativ je svakako šik! Štivo koje je uzbudljivo pročitati poslije vijeka ili dva od nastanka. To se zove „imati spisateljske sreće“. Ali vratimo se potomku.

Kad je riječ o turizmu, ispovijediću se, ako nije većma zazorno: pitam se iza svake tačke, iza svake zapete, odakle ljudima toliko novca da putuju i često, i daleko i dugo? Vladari zar ne haju za takva pitanja. Ali evo mudri Mateja piše, sa pedantnošću računovođe, kako je „zatvarao finansijsku konstrukciju“ za svoja putovanja. Sin – ne; u Ljubomirovim *Pismima iz Italije* nema ni slova o brašnjeniku, ne znamo pošto je kilo hljeba u tuđini. Predlažem da malo nervozniji čitalac preskoči donji pasus u zagradama – ionako nije u vezi sa osnovnom poentom članka.

(U tekstu *Načertanija* iz 1844. Ilije Garašanina, koji je nedavno prenijela *Matica* [1], bili smo u prilici da pročitamo autorovu preporuku Vladi ondašnje Srbije da pronade oštroumne, dokone i vjerne ljude koji će ispitati stanje u okolnim zemljama (tu je pomenuta i Crna Gora) i potom referisati; slijedi ovaj citat: „Ovim agentima nužno je dati nastavljenija kojim će načinima ove zemlje obići i proputovati. Između proćeg treba im naznačiti koja mesta i koja lica treba naročito da upoznadu i da izvide. Pored materijalnih inštrukcija treba im dati jednu obštu, glavnu inštrukciju, u kojoj ćedu biti...“. Zbog cilja „opšteg sojedinjenja Srbstva“ „ove mlade ljude pored ostalih treba osobito nadziravati i vaspitavati tako da njihovih radom sasvim obvlada ona spasitelna ideja opšteg sjedinjenja i velikog napretka.“ Izričito se preporučuje: „Neka Srbija i u Crnoj Gori primjer Rusije sljeduje i

neka dade Vladiki pravilnu svakogodišnju potporu u novcu. – Srbija će na ovaj način za malu cjenu imati prijateljstvo zemlje, koja najmanje 10.000 brdних vojnika postaviti može.“)

Akustički eksperiment. Putevi crnogorskog vladara i srpskog putopisca ukrstili su se u Napulju u proljeće 1851. Nenadović piše da je do susreta došlo sasvim slučajno, kada se pred ruskom crkvom tučio sa Njegoševim perjanikom Vukalom. Od prvog susreta, vladar i putopisac su nerazdvojni.

Igraju šaha (Vladika nema strpljenja za tu igru). Jedu pomo-randže i grožđe. Razgovaraju o slobodi i prosvjeti. Suverenu Crne Gore bolest je za vratom. Penju se na Vezuv. Biskaju po muzejima, razgledaju starine Pompeje i Herkulanuma. Posmatraju Rafaelove slike. Idu tragovima Cicerona i Adrijana. Sad obratite pažnju:

U jednom napuljskom hramu desio se zanimljiv slučaj. Vladika i pratiodci izvode – akustički fizički eksperiment. Taj je događaj mogao biti više od zabave!

Pogledajmo prvo kako Ljubomir opisuje dogodovštinu. Radi komfora čitanja najbolje je da priložimo fotokopiju relevantnog dijela rukopisa[2].

у другом неком великом храму
такав је акустичан свод да смо се у њему дуже
забављали - један стане с једне стране уз дувар,
други према њему с друге стране уз дувар, а трећи
стане на средину; од оне двојице један прислони
уво на дувар и све чује лепо шта онај с друге стране
уз дувар шапће, а онај што у средини храма стоји
ништа не чује. Глас пролази уз дувар, па иде испод
свода онеме другом.

³ Ljubomir Nenadović, *Pisma iz Italije*, Prosveta, 1963, Beograd. Strana 44.

Mnogi značajni crkveni objekti po svijetu diče se nekom vrstom specifične mistike. Bez pojma čuda hrišćanstvo bi presahlo. Tamo đe su sahranjeni sveci suze se jave niz freske, krv kaplje iz relikvije, čuju se uzdasi odonud... Eto, u tom istom Neapolju u katedrali *Duomo di Napoli* čuva se relikvija sa prahom krvi svetog Junuarijusa. Prve subote u mjesecu maju, i 19. septembra takođe, iznosi se ta posuda i dogodi se čudo: likvefakcija krvi. (Ako mirakolo efekt izostane, kuku Napuljcima, veliko se zlo valja iza Vezuva.) Oskudni su podaci u citatu, te ne znamo nije li se Njogošev akustički efekat isto dogodio u rečenoj katedrali?

Pa govori li nam Ljubomir o takvim transcendencijama? Ne, riječ je o čistom fizičkom opitu, pri tom naučno svježem zapažanju u momentu izvođenja! Mnogi lucidni čitači *Memoara*, ovđe i u Srbiji, za više od stoljeća, propustili su da komentarišu ovaj izuzetno interesantan detalj.

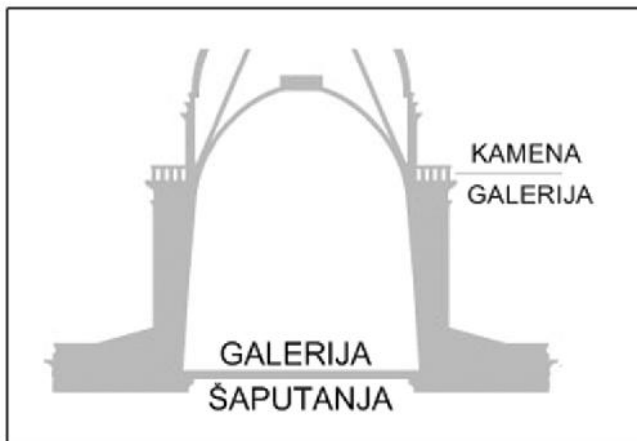
Skoro dramski napeto vidimo scenu: Njogoš uz zid nešto važno šapuće, s druge strane Ljubomir napregnuto sluša a potom kratko sa uzbuđenjem odrešito odgovara. Vukalo u sredini, neobaviješten, zvijera lijevo i desno.

Rejljev rad. U drugoj polovini devetnaestog vijeka bio je Englez Lord Rejli (William Rayleigh 1842-1919) istaknuti ekspert klasične fizike. Zajedno sa Kelvinom, bio je referentna tačka za svoje kolege: kad se njegovi računi dobijeni na principima klasične fizike ne bi slagali sa opitima, kolege nijesu ispravljale račun, nego principe.

U vrijeme kad je Njogoš šaputao sa Ljubomirom, Rejli je bio devetogodišnji dječak. Šezdeset godina kasnije, već kao nobelovac, Rejli je svestrano rasvijetlio efekt šaputanja [3].

Saznanja o ovoj pojavi, u evropskoj prirodnjačkoj praksi, vezana su za njeno ispoljavanje u londonskoj katedrali Svetog Pavla (St Paul's Cathedral). Zato se Rejli usmjerio u svom radu

na konkretne podatke koji važe baš za ovu konstrukciju. Na slici 1 prikazali smo relevantni nivo londonske katedrale. Do nivoa

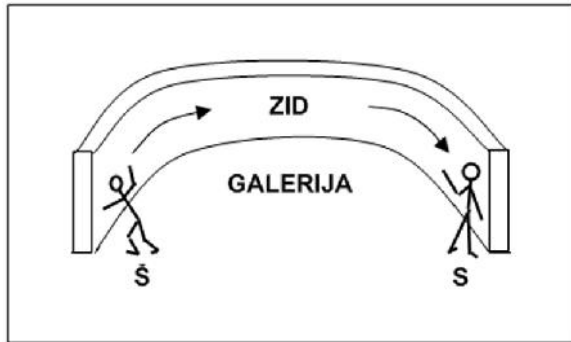


Slika 1 Relevantni nivo katedrale sv. Pavla u Londonu

akustičke galerije treba savladati 259 stepenika (30 metara od poda katedrale). Ako čitaoca zanima, visina ove galerije (do gornje, kamene galerije) iznosi 23 metra. Prečnik galerije šaputanja je 32 metra.

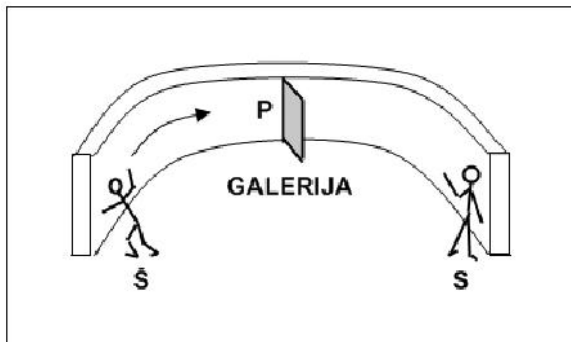
Zamislimo osobu koja stoji lijevo uz sami zid i tiho govori. Osoba koja bi stajala na drugom kraju dijametra galerija, dakle na našoj šemi uz sami desni zid, odlično bi čula i razumjela šta je rečeno, premda je udaljena od izvora glasa cijelih 32 metra.

Mada vrstan matematičar i teoretičar, Rejli je bio zaljubljenik u fizičke eksperimente. Danas izgleda zadivljujuće, ali je riješio da napravi model Galerije šaputanja i posljedice skrupulozno ispita. (Sve se to dešava mnogo decenija posle Njegoševog napuljskog akustičkog iskustva.) Napravio sam skicu Rejljevog fizičkog modela i postupka mjerenja, slika 2. Obična svirala može zamijeniti šaptača (Š), a plamen svijeće može stajati umjesto



Slika 2. Površina zida kao zvučna vođica na galeriji

slušaoca (S). Kada zvučni talasi stignu do plamena, ovaj leluja i očigledno detektuje da je zvuk stigao do tog mjesta. Prva naša pretpostavka je da je zvuk putovao do plamena najkraćim putem, po pravoj liniji od Š do S. Ali uopšte nije tako! Modifikacijom eksperimenta (slika 3) pokazao je Rejli da je zvuk stigao do detektora „puzeći“ uza zid (viđeti strelice na slici 2). Rejli je stavio prepreku P, jedan ekran na putu talasa. Sa ekranom na zidu, prestaju lelujanja plamena – zvuk više ne može da stigne na određište. Time je Rejli eksperimentalno



Slika 3. Na zidu je prepreka P i zvuk se prekida

dokazao da se zvučni talasi tako prostiru da je razdvojna površina zida i vazduha njihova fizička vođica. Ostalo je autoru da ovu ideju i matematički obradi, što je on i učinio; danas se u fizici akustički talasi ove vrste zovu po imenu pronalazača: Rejljevi talasi. Energija talasa, ispostavlja se, koncentrisana je u relativno uskom pojasu oko razdvojne površine. Dosta uzani ekran blokira je prolazak zvuka. Dakle, ako slušalac stoji u tom energetsom pojasu, on čuje šapat. Van tog pojasa, podalje od zida, šapat više nije čujan. Interesantno je da se baš šapat jasnije čuje od normalne riječi. Uzrok tome je činjenica da je šapat bogatiji komponentama visoke učestanosti, a teorija pokazuje da je pojas čujnosti širi za visoke učestanosti. Uz to, baš u cilindričnoj geometriji (nekog hrama) sporije opada jačina zvuka sa rastojanjem od površine[4].

Zaključne napomene. Ovaj tekst sam prvobitno zamislio da se naslanja na moj nedavni izvještaj o motivima fizike u beletristici [5]. Tamo sam nagovijestio da ću posebno jednom nešto reći o Njegoševim fascinacijama akustikom i optikom. Ovo je dio tog duga.

I tako, akustička proba koju je izvršila mala Njegoševa družina u nekom hramu u Napulju 1851. godine bila je svojevrsni prototip eksperimenta koji će poslije više od pola vijeka zamisliti, izvesti i osvjetliti Lord Rejli (koji „izlazi iz grmena velikoga“) i uvrstiti u svoja sabrana naučna djela. Na Rejljev rad od prije sto godina reaguje, sve do danas, priličan broj fizičara svojim priložima u naučnim časopisima; samo kao ilustraciju tog procesa navodim reference [6-8].

Nas ništa ne sprječava da na crnogorskim univerzitetima nazovemo ovu turističku akustičku zabavu „Njegošev efekt“. To bi bio jedan mali bezazleni, „sebični“ postupak, no koji je, kako vidimo, i solidno utemeljen.

Jesu li Petar i Ljubomir slučajno i nezavisno otkrili Rejljeve

talase, tragajući za kvalitetom odjeka u hramovima („U jednom hramu pucao je Vukalo, po zapovesti Vladičinoj, iz puške, da čujemo kako se eho razleže.“)? Možda je priču iz Londona donio neki turista Englez („Rusi beže u Italiju od mraza, a Englezi od magle.“)? Ne znam odgovore na ovakva pitanje, *Pisma* ne otkrivaju suštinu pobude.

Ostalo je još da se osvrnem na ono mjesto koje smo gore zao-
bišli. Šta je Njegoš šapnuo Ljubomiru, a da Vukalo nije čuo? Vladika je tiho i razgovijetno rekao: „Dodi na Cetinje!“. Ozaren, mladi Ljubomir, pred kojim je karijera, prošaputao je: „Gledaću svakako!“.

Vukalo se zbunjen osvrtao.

Reference

[1] Program spoljne politike Ilije Garašanina na koncu 1844. god, *Matica*, br 46/47, godina XII, ljeto-jesen 2011, s. 395.

[2] Ljubomir Nenadović, *Pisma iz Italije*, Prosveta, 1963, Beograd. Strana 44.

[3] Rayleigh L (1912) *Scientific Papers*, The problem of the whispering gallery (Cambridge University, Cambridge, England), 5, pp 617–620.

[4] J. Walker, *The flying circus of physics*, John Willey & Sons, Inc. New York 1980.

[5] Vukota Babović, *Fizika u beletristici*, *Matica* broj 43, godina XI, Jesen 2010, s. 103-126.

[6] C. V. Raman & G. A. Sutherland, Whispering-Gallery Phenomena at St. Paul's Cathedral, *Nature*, 108, 8 Sept 1921.

[7] A E Bate, Note on the whispering gallery of St Paul's Cathedral, London, *Proc. Phys. Soc.*, issue 2 (1 March 1938).

[8] T. Tachizaki, O. Matsuda, A. A. Maznev and O. B. Wright, Acoustic whispering-gallery modes generated and dynamically imaged using ultrashort light pulses, *Phys. Rev. B* 81, 165434, 2010.