

BOŠKOVIČEV VAKUUM (ob 300-letnici rojstva slovitega Hrvata)

Stanislav Južnič

ZNANSTVENI ČLANEK

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA / Občina Kostel, 1336 Kostel

POVZETEK

Bošković je s svojim opisom praznega in sil v njem zaznamoval svoj čas, prav tako pa našo fiziko. Ob Boškovičevi tristoletnici rojstva opisujemo njegovo pojmovanje vakuuma in dva vakuumska poskusa, povezana z njegovim imenom: primerjava med praznim in z vodo napolnjenim teleskopom ter potovanje z vakuumskim balonom, kot ga je opeval Boškovičev študent in dubrovniški rojak Brno Džamanjić (Zamagna).

Ključne besede: Brno Džamanjić (Zamagna), Ruđer Bošković, zgodovina vakuumskih tehnik, zgodovina astronomije, zgodovina letalstva

Bošković's Vacuum (300th anniversary of birth of the famous Croatian)

ABSTRACT

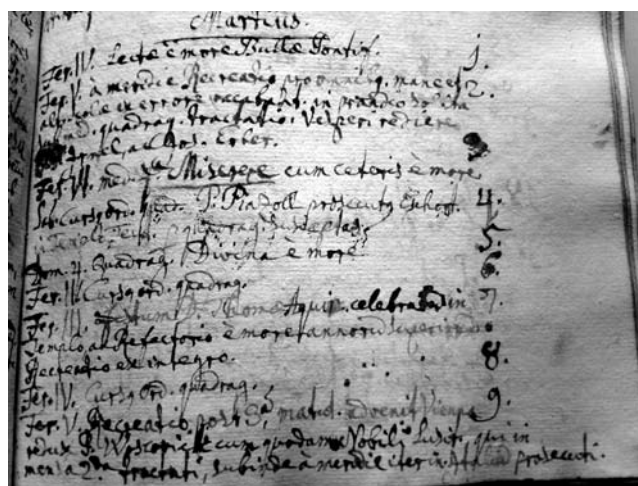
Bošković's description of vacuum and forces within it were put in the physicists' limelight of his and eventually also of our times. On 300th anniversary of Bošković's birth his vacuum theory and two vacuum experiments connected with his name were described. One of them was Bošković's appeal for water-filled and vacuum telescopic observation of parallax, and the other was vacuum balloon versified by Bošković's Ragusa compatriot and student Brno Džamanjić (Zamagna).

Keywords: Brno Džamanjić (Zamagna), Ruđer Bošković, history of vacuum techniques, history of astronomy, history of aeronautics

1 UVOD

Gibanje v vakuumu je bilo najtrši oreh Aristotelove fizike, ki je prevladovala v Evropi in v arabskih deželah domala natančno dve tisočletji. Kljub prepričljivim poskusom Torricellija, Guerickeja, Boyla in Pascala se iz zamotanih čeri gibanj v praznem prostoru nista znala razrešiti celo misleca tolikšne ravni, kot sta bila Descartes ali Leibniz. Bošković je bil prvi, ki se mu je posrečila dolgo pričakovana razlaga vakuuma z upoštevanjem Aristotelovih tradicij, Newtonove fizike in Leibnizove narave, ki ne dela skokov. Bošković si je vakuum zamislil kot domovanje množice nedeljivih točkastih središč sil brez dimenzij, prednic sodobnih atomov ali celo osnovnih delcev. Domiselna Boškovičeva fizika je po najmanj treh njegovih obiskih v Ljubljani postala temelj ljubljanskih predavanj fizike, prav tako pa srž pouka v vsej srednji Evropi najmanj tri generacije, ki so vključevale Boškovičevega dunajskega prijatelja Karla Scherfferja, Scherfferjevega učenca Gabrijela Gruberja, Gruberjevega študenta Jurija Vego, Vego-vega dijaka ...

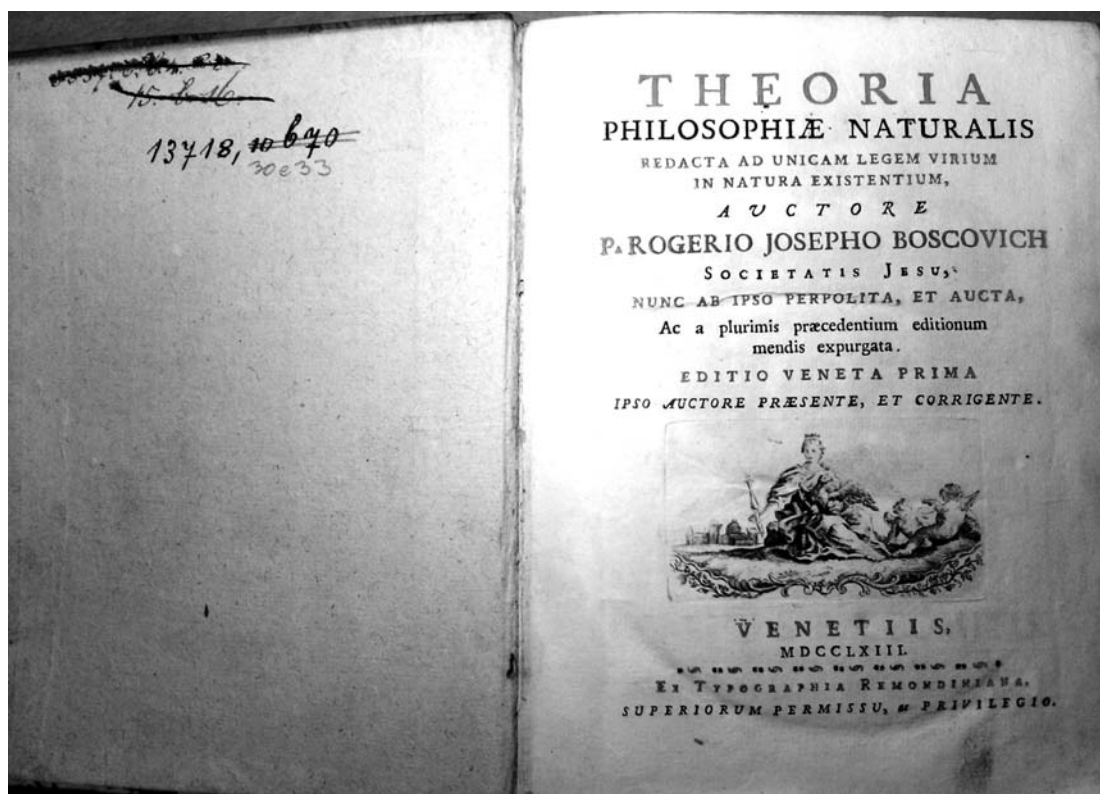
Teorijska rešitev Aristotelove zagate je pestila toliko mislecev, podložnih verskim dogmam, da niso videli drugega izhoda razen za rep privlečene domneve o nemogočem vakuumu, ki pa ga zna ustvariti vsemogočni Bog. Bošković jih je rešil tovrstnih tegob, obenem pa je bil domet njegovih zaslug velik tudi na eksperimentalni ravni. Opisali bomo predvsem dve, povezani z vakuumskimi tehnikami tedanjih dni: meritev hitrosti svetlobe v praznem prostoru oziroma v vodi za razrešitev spora



Slika 1: Bernard Ferdinand Erbergov(?) zapis o Boškovičevi prenočitvi pri ljubljanskih jezuitih 9. marca 1758 (Erberg, 1758, list 1742^f)



Slika 2: Spominska plošča na Boškovičevi hiši v Dubrovniku



Slika 3: Beneška izdaja poglavitnega Boškovičevega dela (1763) pri ljubljanskih frančiškanih (z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM).

med zagovorniki delčne in valovne narave svetlobe ter raziskovanje vakuuma v Sončevem sistemu kot podlaga za polet z vakuumskim balonom.

2 BOŠKOVIČEV TELESKOP

Newton je bil prepričan, da svetlobo sestavljajo delci. Huygens in Euler sta imela raje valove, medtem ko si je Descartes slednjima v prid vse skupaj raje predstavljal kot pritisk med svetilom in opazovalcem. Boškovič je občudoval Newtona, čeprav je občasno podvomil v vseobsežnost njegovega gravitacijskega zakona. Da bi razvozlal osnovni spor tedanje optike, je leta 1768, kot profesor matematike v Pavii in nato na milanski dvorni (palatinski) šoli, predlagal meritev s teleskopoma. Enemu je nameraval cev napolniti z vodo, pri drugem pa je hotel opazovati zvezdo skozi vakuum oziroma zrak. O domisljici je pisal prijatelju Lalandu (1773),¹ pariškemu prostožidarskemu astronomu; le-ta je Boškovičeve nasvete seveda nemudoma objavil v učbeniku, natisnjenem leta 1781.

¹ Tomić, 2005, 263

² Tomić, 2005, 267

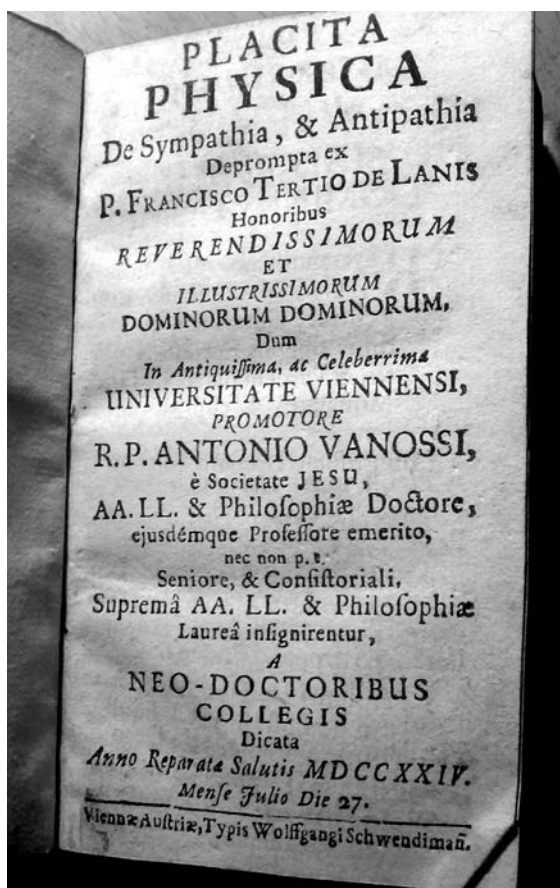
³ Tomić, 2005, 268

Boškovič je domneval, da bo med pogledoma skozi teleskop s prazno cevjo in onim s cevjo, polno vode, opazil spremembo kota aberacije te ali one zvezde stalnice. James Bradley (* 1693; † 1762) je v Londonu leta 1725 in 1728 prvi opazil aberacijo kot majhno elipso, ki jo opiše slika navpično opazovane zvezde med letno eliptično potjo Zemlje okoli Sonca.² Elipsa postane odsev Zemljine lastne poti. Domiselni Boškovič je sklepal, da se mora takšna elipsa povečati pri opazovanju skozi cev teleskopa, napolnjeno z vodo. Nadebudni jezuit je vedel, da se hitrost svetlobnih valov zmanjša v vodi in s tem poveča kot aberacije. Delcem svetlobe pa bi se, nasprotno, kot aberacije povečal v vodi. Tako je hotel ujeti dve muhi na en mah: potrditi Kopernikovo kroženje Zemlje, za povrhu pa še odločiti zagato med delci in valovi svetlobe.

Zaradi sporov v jezuitski opazovalnici Brera blizu strogega središča Milana Boškovič ni mogel postaviti svojega poskusa med vrliimi Lahii; znova ga je opisal v svojih zbranih delih leta 1785,³ le malo pred svojo nič kaj prijetno smrtjo. Britanski nadaljevalec Boškovičevih domisljic, Škot John Robison (* 1733 Bognhall pri Glasgowu; † 30. 1.

1805 Edinburgh), je leta 1788 in 1790 ugotavljal, da bi Boškovičeva primerjava med vodnim in vakuumskim teleskopom omogočila dokaz absolutnega gibanja Zemlje; pričakoval je neuspeh, torej nič kaj obetajoč enak rezultat za pogleda skozi oba teleskopa. Podobnih misli je bil Robisonov prijatelj, glasgowski asistent praktične astronomije Patrick Wilson (* 1743; † 1811).⁴

Kmalu se je njuni skepsi pridružil še Augustin-Jean Fresnel onstran Rokavskega preliva leta 1818. Boškovičevi napravi je preizkusil komaj marca in jeseni leta 1871 direktor cambriške opazovalnice Georg Biddell Airy (* 1801; † 1892) na zvezdi γ Draconis.⁵ Po svoje pa je kar sreča, da si česa podobnega ni privoščil sam Boškovič. Robison je namreč prerokoval povsem pravilno. Vrli Airy namreč ni izmeril prav nobene razlike ob meritvah skozi prazen in z vodo napolnjen teleskop, kar bi nepotrpežljivega Boškoviča gotovo pognalo v bes. Airy pa je bil že tako posebnež, saj se ni prav nič

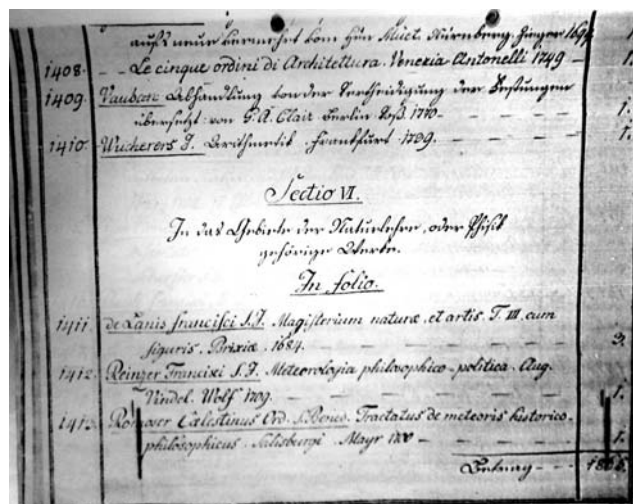


Slika 4: Naslovna stran Lanove Fizike v natisu iz leta 1724 pri ljubljanskih frančiškanih (z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM)



Slika 5: Signatura Lanove Fizike v natisu iz leta 1724 pri ljubljanskih frančiškanih (z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM)

zmenil za novoodkritega Neptuna, še manj pa mu je bilo mar Faradayevih domislic; sama kraljica Viktorija je kar štirikrat preslišala predloge, naj jeznoritega Airya poviša v naziv »sir«, dokler se končno ni le vdala njegovim nespornim znanstvenim zaslugam julija 1872 in mu privoščila udarec z mečem za modro kri. Airyjeva za marsikoga presenetljiva meritev je postala eden temeljev reform fizikalnega sveta v Einsteinovi teoriji relativnosti,⁶ ki pa je Airy ni več doživel; gotovo bi se mu zdela za lase privlečena, ko pa ni mogel prebaviti niti Faradayeve teorije polja.



Slika 6: Lanov *Magisterium* (1684) v popisu ljubljanskega licejskega knjižničarja Wilda leta 1800 (Wilde, 1803. stran 117, številka 1408)

⁴ Wilson, 1782, 58

⁵ Airy, 1871–1872, 37

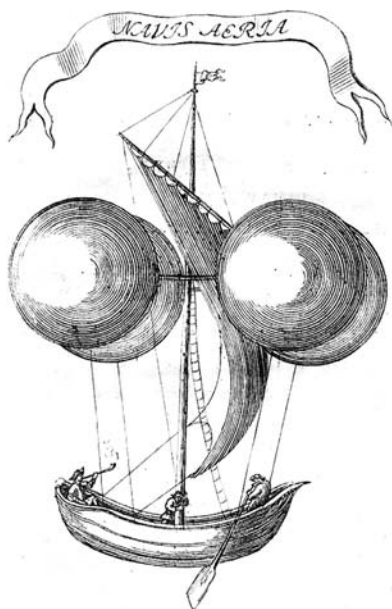
⁶ Tomić, 2005, 270

1529	Klaus Michael J. Tractatus Physice. Vienna Trallner 1766	1.
1529	Kornmanni Henrici Opera curiosa fantasmat. benschiani typis	1.
1529	Ampt Weiffjanyi Paletiones in Physiam. Turinga. Colla 1768	2.
1529	Dreyer Miklós J. Elementa physica de motu motore et	1.
	motu. Praet. Wiedemannstedten 1762.	
1529	Ampt Weiffjanyi Paletiones in Physiam. Turinga. Colla 1768	2.
1529	Mikl. Carl de motu in Electromagnetismo in die physikalischen Anstalt	1.
	Wien. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12.	
1529	Ampt Weiffjanyi J. Elementa physica. Praet. Wiedemannstedten 1762	1.
1529	Tractatus de motibus magnetis. Ibidem 1764.	1.
1529	Physica physica de Sympathia et Antipathia. Vienna. Schwan	1.
	dimana 1764.	
1529	Lacourier. Physique des machines hydrauliques et de l'air. 1792.	1.
1529	Morgan. De motu in die physikalischen Anstalt. Wien. 1768.	1.
	Wien. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12.	
	Antony - 2082	

Slika 7: Lanova Fizika v popisu ljubljanskega licejskega knjižničarja Wilda leta 1800 (Wilde, 1803, stran 125, številka 1408)

3 VAKUUMSKI BALON

Boškovičev vakuumski teleskop nikakor ni bil njegov edini prispevek k raziskovanjem vakuuma. Boškovičev rimski študent in plemeniti dubrovniški rojak Brno Džamanjić (Bernardi Zamagna, Zamanja, * 1735 Dubrovnik; † 1820 Dubrovnik) je postal po Boškovičevem vzoru najprej jezuit, po prepovedi jezuitskega reda pa se je raje pridružil več obetajočim dominikancem. Tako kot Benedikt Stay,



Slika 8: Dva nadebudna mladca s pomočnikom mornarjem uživata na poti okoli sveta pod štirimi vakuumskimi baloni v pesnitvi o vakuumskem poletu Boškovičevega študenta Džamanjića (Zamagna) iz leta 1768.

⁷ Džamanjić, 1768, 1: V

⁸ Džamanjić, 1768, 1: XII

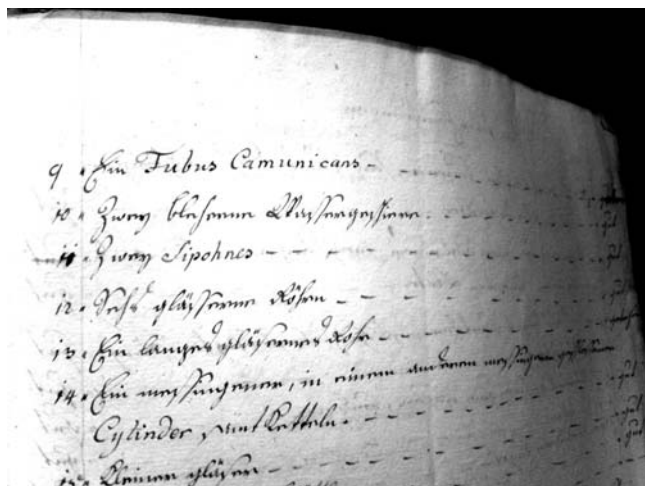
			2081
			1865
1414	Clotmeier Stanislaw Stanislawowicz. Elementa Physice. Vindobonae. 1768. 8. 12.	1.	
1415	Affertiones ex universa Philosophia Josephi Pagan. Libris adjuncta dissertatione physica de coloribus accidentalibus conscripta a P. Scherffer. L. Vindobonae. Trallner 1761	1.	
1416	Bayle francisci M. D. Institutiones Physicae ad usum Scholarum accommodatae. Coloniae. 1767. 1201	4.	
1417	Verstärkung eines und eines H. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12. 1768. 8. 12.	1.	
1418	Boškovič Rogerii J. Theoria Philosophiae naturalis recitata ad usum legem virorum in natura existentium. Venetis. 1768. 1201	2.	
1419	Bien Nicolas. Physique des machines hydrauliques et de l'air. 1792.	1.	
1420	Bayle Rogerii J. Commentariorum novorum physice mechanice		

Slika 9: Boškovičeva knjiga v popisu ljubljanskega licejskega knjižničarja Wilda leta 1800 (Wilde, 1803, stran 118)

Boškovič in njun rojak Rajmund Kunić (Cunich) je tudi njihov učenec Džamanjić rad sukal pero okoli latinskih heksametrov, posvečenih znanosti.

Pri Boškoviću je veliko slišal o njenem sobratu Lana Terziju iz Brescie, ki si je stoletje poprej zamislil polet z vakuumskim balonom, ne da bi imel dovolj pod palcem za tolikšen podvig. Džamanjiću so še bolj prirasle k srcu Boškovičeve vizije o vakuumu v veselju in v praznih prostorih, ki ločijo točkasta središča sil. Tako je pregnani Džamanjić objavil latinsko pesem o Lanovi ladji le poldrugo desetletje, preden se je s podobno, vendar ne povsem prazno napravo v zrak pognal papirničar Montgolfier, član Lalandove pariške prostoziarske lože Devetih sester, v resnici devetih muz. Montgolfierjev uspeh, podprt s prostoziarskimi vzkliki Benjamina Franklina, če ne celo samega kralja in drugih pariških firbcev, je močno dvignil priljubljenost Džamanjićevih rim o dveh potnikih na poletu okoli sveta, ki so jih pogosto ponatisnili navdušeni tiskarji poznejših rodov. Dedalova legenda je meso postala, čeprav še do dandanes brez vakuuma Lana Terzija.

Džamanjić si je zamislil dva pogumna potnika, ki na Lanovi vakuumski ladji objadrata svet. Njune dogodivščine je najprej narisal in nato opisal v dveh knjigah, ki jim je na koncu dodal še elegije o drugih temah. Omenil je Francesca Zanottija (* 1692; † 1777),⁷ tajnika bolonjskega Instituta in brata astronoma Eustachia Zanottija. Ob tvorcu vakuumskega balona, Lani Terziju, je verze navezal še na Johanna Christopa Sturma z univerze Altdorf, ki je leta 1675 dopolnil Lana Terzijeve domislice.⁸ Džama-



Slika 10: Vakuumske naprave Kranjske kmetijske družbe v Ambschlohem popisu iz leta 1785. (Ambschell, 1785)

njič je povzel dosežke profesorja matematike v Pisi in v Rimu, učenca Galileijevega učenca Benedetta Castellija, Giovannija Alfonsa Borella (* 1608 Neapelj; † 1679 šola pijaristov v Rimu); le-ta je slovel kot eden vodilnih raziskovalcev letenja. Borelli je zavrnil posnemanje ptičev zavoljo prešibkih človeških mišic, oporekal pa je tudi stabilnosti vakuumskih krogel Lanovega plovila. Zgodovina mu je v obeh primerih dala prav.

Džamanjiča je zanimalo mnenje Newtona⁹ in Boškoviča o sestavi atmosfere Lune,¹⁰ prav tako pa Boškovičev model Severnega sija.¹¹ Opisal je Boškovičevo prigodo z nameravanim ogledom prehoda Venere v Kaliforniji leta 1769 s Kuničevo slavnostno pesmijo; žal se je Boškovičeva pot ponesrečila, saj so španski lastniki Kalifornije prepovedali Boškovičeve sobrate jezuite. Zvesti Džamanjič je nadaljeval poročilo o Boškovičevi bolezni v Carigradu,¹² kjer je Boškovič znova brez haska skušal doživeti prehod Venere. Seveda je Džamanjič zavrnil zastarel strah pred praznim, imenovan *horror vacui*,¹³ v pomoč sta mu bila mnenja francoskega minorita Mersenna in Skota.¹⁴

Džamanjičeva potnika sta kot prava zračna vakuumska pomorščaka uporabljala Harrisonovo pomorsko uro za točno določanje položaja njenega vakuumskega plovila;¹⁵ nista pozabila s seboj vzeti kompas in zemljevide, posebej pa ju je zanimala navpična razporeditev oblakov. Tu je bila resnična čer, saj pred balonarji nihče ni zagotovo vedel, kako se oblaki vedejo do svojih spodnjih ali zgornjih sotrpinov.

Džamanjič je zgodbo svojih junakov pod štirimi vakuumskimi baloni povezal s tedaj modnim pionirskim cepljenjem proti kozam pri ubogi nevesti



Slika 11: Boškovičeva cesta v sodobnem Milanu, nedaleč od njegovega observatorija v Breri (foto: Taisa Štupar)

⁹ Džamanjič, 1768, 1: 6

¹⁰ Džamanjič, 1768, 1: 7, 2: 54

¹¹ Džamanjič, 1768, 1: 8

¹² Džamanjič, 1768, 1: 2: 70–72

¹³ Džamanjič, 1768, 1: 11

¹⁴ Džamanjič, 1768, 2: 46

¹⁵ Džamanjič, 1768, 2: 54

cesarjeviča Jožefa II. in na dvoru njegove matere Marije Terezije;¹⁶ predvsem se je skliceval na angleškega proizvajalca vakuumskih naprav Benjamina Martina,¹⁷ Kopernika in francoskega misleca neskončnosti svetov, Bernarda le Bouyiera de Fontenella (* 1657; † 1757).¹⁸

4 SKLEP

Vakuumska tehnika Boškovičevih dni je močno prehitela jezuitski pouk fizike na šolah katoliških dežel, vključno z našo belo Ljubljano. Delovanje vakuumskih črpalk je bilo očitno učinkovito in Aristotel, Descartes ali Leibniz niso upravičeno dvomili v obstojnost praznega prostora. Dejstva se niso skladala s teorijo in Heglova »tem slabše za dejstva« je bila brez haska, saj je bil pogumni Hegel rojen šele mnogo pozneje. Boškovič je prvi odkril ljubljanskim in drugim jezuitom všečno pot, po kateri je mogoče vakuum vcepiti v Aristotelov nauk z uporabo točkastih središč sil, ki so Boškovičeve dediče popeljale tudi k vakuumskemu teleskopu in k posrečeno zamišljenim vakuumskim balonom. Medtem ko je prva domislica že čez borih sto let doživela svoj epilog v viktorijanski Airyjevi Angliji, pa druga še čaka na nove iznajditelje novih mate-

rialov, ki bi se znali uspešno zoperstaviti visokim tlačnim razlikam ob površju vakuumskega balona. Morda čaka zaman, a nič ne de, kot pravijo hudomušni Lah: če že ni res, je vsaj dobro izmišljeno (*se non è vero è ben trovato*).

5 LITERATURA

5.1 Arhivski rokopisi

- Ambshell, Anton. 7. 11. 1785. Arhiv Republike Slovenije, AS 533. Kranjska Kmetijska Družba, Spisi, Statut 1780–1820, Začetni dokumenti
- Erberg (?), Bernard Ferdinand. 9. 3. 1758. Diarium Ministri jezuitskega kolegija v Ljubljani. Arhiv Republike Slovenije. Ljubljana, AS 1073, Zbirka Rokopisov, I./40r (1754–1772), list številka 1742
- Wilde, Franz. 1803. Catalogi Librorum Bibliothecae Publicae Lycei Labacensis in Ducatu Carnioliae. Alphabethisches literarisches Verzeichniss der in der Laybacher Lycealbibliothek vorhandenen Werke (NUK, rokopisni oddelek)

5.2 Tiskana dela

- Airy, Georg Biddell. 1871–1872. *Proceedings of the Royal Society (London)*. 20: 35–39
- Džamanjić, Brno (Zamagna, Bernardo). 1768. *Navis aëria et elegiarum monobiblos*. Rim: Paullus Giunchius
- Tomić, Aleksandar. 2005. Ruđer Bošković i čestično-talasn dualizam. *Zbornik radova konferencije »Razvoj astronomije kod Srba III« Beograd 25.–28. April 2004* (ur. Dimitrijević, Milan S.) Beograd: Astronomsko društvo »Ruđer Bošković«. 263–271
- Wilson, Patrick. 1782. Experiments for determining by aberration of the fixed stars whether the rays of light pervading in different media ... *Phil. Trans.* 1782, 62: 58

¹⁶ Džamanjić, 1768, 2: 57–58

¹⁷ Džamanjić, 1768, 2: 62

¹⁸ Džamanjić, 1768, 2: 26, 66