

# VAKUUMSKI POSKUSI NA BOŠKOVIČEVEM RIMSKEM KOLEGIJU

Stanislav Južnič\*

## Vacuum Machines at Bošković's Collegio Romano

### ABSTRACT

According to »Ratio Studiorum«, physics was taught as a part of the three years study of philosophy, devoted successively to logic, physics and metaphysics. That system was abolished in Austrian province during the early 50s, but was in use in Collegio Romano until its very end in 1773. Most of the professors in Collegio Romano taught physics just for one year. Just some of them returned to physics later, after they lectured in other two parts of philosophy or in some other area. But anyway they had to make a plan for their physics lessons. Some of those lessons were published and widely used in minor colleges as textbooks, like Semery's in Ljubljana. But it was not possible to publish all physics textbooks produced in Collegio Romano, because it would mean nearly to publish a new one every year. Therefore most of them were preserved just as manuscripts written by professors themselves or by their most distinguished students.

About two dozens manuscripts about physics of the professors from the Collegio Romano and much more from other Italian schools are preserved in APUG and were filmed between the years 1963 and 1965 for SLU. They filmed altogether nearly a hundred manuscript textbooks of physics, which was then taught as a part of philosophy. The professors and their students of physics produced most of them during their lessons. But some books about physics were written by professors of scholastic theology and in one case by prefect of scholars, who did never teach physics in Collegio Romano. In some dozen cases manuscripts about physics written by professors in Collegio Romano were not preserved and copied, but they copied just manuscripts containing other parts of philosophy: metaphysics, logic, or both. More than half of manuscripts copied for SLU were written in other Jesuit and in some cases also Benedictine schools.

We compared the content of those manuscripts, especially in their relation to interpretation of vacuum experiments of the mid 17<sup>th</sup> century and in their relation to Bošković's physics. The instruments for vacuum research were drawn in about ten manuscripts filmed for SLU. We proved that although they had some elements of instruments build in the centers of that type of research in Paris, Holland, London and Oxford, they were also different enough to show some peculiarities of Jesuit type of vacuum research. The Jesuit drawings showing vacuum instruments were compared to show that Boyle's and not Guericke's type of the air pump was predominately used in Jesuit universities of Italy. Time development of the Jesuit manuscript pictures showing vacuum instruments were used to illustrate development of concept of vacuum in Italian Jesuit schools from the philosophic rejection of peripatetic and even Cartesian in the mid 17<sup>th</sup> century to the experimental acceptance with the modern Bošković's views half a century later. This is supposed to be one of the first studies of history of physics based on the pictures of scientific instruments drawn in the manuscripts.

### POVZETEK

Raziskali smo razvoj vakuumske tehnike s primerjanjem skic vakuumskih naprav v neobjavljenih učbenikih z začetka 18. stoletja. Napisani so bili med predavanji fizike na Rimskem kolegiju, kjer je pozneje matematiko poučeval tudi Rudjer Bošković. Ker so profesorje fizike tam menjavali vsako leto, je bilo napisanih veliko učbenikov oziroma letnih priprav za pouk, ki jih večinoma niso natisnili. Nekatere med njimi so sestavili prizadevni dijaki med poukom. Rokopise hrani Arhiv Gregorijanske univerze v Rimu. Sredi šestdesetih let so jih posneli za Univerzo Saint Louis, kjer smo jih preučili. Primerjava med vakuumskimi črpalkami je pokazala, da so na Rim-

skem kolegiju in na drugih italijanskih kolegijih uporabljali črpalke, bolj podobne Boylovi kot Guernickovi s posebnostmi, ki do sedaj niso bile raziskane. Na Rimskem kolegiju so študentom kazali tudi naprave za demonstracijo Robervalovega poskusa z »vakuomom v vakuumu«. Prav tako smo našli doslej neobjavljeno skico meritve višine hriba z barometrom v Italiji po vzoru znamenitega poskusa, ki so ga po Pascalovem naročilu opravili na hribu Puy-de-Dôme. Tudi umetniško zanimiva risba nam daje nekaj vpogleda v izvedbo poskusa in v način, kako so si skupine na različnih delih hriba sporočale čas meritve pred uporabo prenosnih ur. Guernickov poskus z magdeburškima polkrogla so skupaj s sprijemanjem marmornih plošč uvrščali v poglavje o adheziji in ne v poglavje o vakuumu.

Raziskava ni potrdila domneve, da so pod vplivom zgodnjih florentinskih poskusov z barometri v Italiji zaostajali pri uporabi vakuumskih črpalk. Dokazali smo, da so se na jezuitskih višjih študijah zanimali za vakuumske poskuse, vzporedno z drugimi evropskimi središči. Zanje so bili pripravljene plačati tudi visoke cene tedanjih vakuumskih črpalk. Ugotovili smo, katere vakuumske poskuse je v času svojega šolanja na Rimskem kolegiju videl mladi Bošković in kako so ti vplivali na njegovo spremenjeno pojmovanje vakuuma v primerjavi s predhodno peripatetično in kartezijansko fiziko, ki sta odklanjali obstoj vakuuma v naravi.

Naprav za vakuumske poskuse na jezuitskih višjih študijah v Italiji ne moremo primerjati z napravami na podobnih kolegijih v Ljubljani in Zagrebu, o katerih imamo premalo podatkov. Prikazujemo tudi najstarejšo skico vakuumske črpalke in magdeburškega poskusa, objavljeno s komentarjem v slovenskem jeziku, ki ga je sestavil Slovenec Tušek, profesor na višji realki v Zagrebu.

## 1 Uvod in opis uporabljenih virov /1/

Galilejevo fiziko in z njo vakuumske poskuse florentinskih akademikov ter njihovih nadaljevalcev so veliko počasneje sprejeli na jezuitskih šolah kot Boškovičevo fiziko sto let pozneje. Jezuitje so vsaj sprva odločno odklanjali obstoj vakuuma, ki so ga imeli za logično nemogočega in enakega nič. Sprejemali so model Kircherjevega učenca, angleškega jezuita Linusa, ki je zagovarjal Aristotla in odklanjal tlak zraka. Linus je trdil, da nevidne membrane »Funiculus« iz razredčenega Hg drže Hg v barometru do 0,76 m visoko. Niti membrane naj bi otipali s prstom, ko zatesinimo izpraznjeni prostor. Boyle je Linusa zavrnil tako, da je s sesanjem dvignil stolp Hg na odprtem koncu barometra nad raven na zaprtem koncu. Linus je ponovil tudi Pascalov poskus, vendar z nasprotnim rezultatom. Trdil je, da sta višini Hg-stolpa enaki na vrhu in ob vznožju hriba /2/.

Vakuumske črpalke, sestavljene v Londonu, Oxfordu, Parizu in na Nizozemskem, so bile različne od skic italijanskih profesorjev, ki prikazujejo nekatere posebnosti jezuitskega raziskovanja vakuuma. Rokopisi z jezuitskih šol v Italiji kažejo najbolj nazorne skice vakuumskih naprav (tabela 1).

Drugi rokopisi vsebujejo manj uporabne slike. Panici in Guarini sta še verjela v Linusovo teorijo /5/, vendar nista odklanjala vakuuma. Panici je sicer opisal Boyleve poskuse, vendar mu je bila ljubša razlaga sobratov Linusa in Honoratia Fabrija (1606/7-1688) /6/, katerega učbenik so uporabljali tudi v Ljubljani. Priznaval je tlak zraka in je navajal Torricellijevo znamenito pismo kardinalu Michelangelu Ricciju. Poleg Boyla je citiral tudi Johna Alfonsa Borellija in jezuita Joannesa Baptistae de Benedictisa /7/, in Daniela Bartolija (1608-1685) iz

\* Dr. Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehniške fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani, kjer je leta 1999 tudi doktoriral.

Tabela 1: Seznam avtorjev skic vakuumskih naprav na jezuitskih šolah v Italiji. Navedeni so tudi viri slik.

SLU-film	APUG	Kraj in čas	Avtor	Vsebina slik
7168.2, 7169.1	2144a	okoli 1720	Manuel Esteran	Magdeburški polkrogli, črpalka, meritve višin
3564.2	1093	Rimski kolegij, 1700	Giovanni Jacobo Panici (1657-1716)/3/	Dve vrsti črpalk, barometri, Robervalov poskus »vakuum v vakuumu«
7172-7173	Adiuncta 2	Rimski kolegij, 1706	Ignazio Guarini (1676-1748) /4/	Poskus z vakuumom v vakuumu
7135.1	1532	okoli 1700	Anonimno	Magdeburški polkrogli, črpalka

SLU - Saint Louis University, ZDA

APUG - Arhiv Pontificia Università Gregoriana, Rim

Ferrare. Bartoli je bil rektor Rimskega kolegija med letoma 1670 in 1674 in je objavil biografijo Zucchija leta 1682 /8/. Zucchi in Kircher sta v Rimu sodelovala pri prvih Bertijevih poskusih s predhodnikom barometra /9/.

Panici je popisal tudi meritve mase zraka Galileja, Mersenna in Fabrija /10/. Poskuse florentinske akademije /11/ s Hg in Galileja z vodo je navajal v podporo svojega mnenja o vakuumu /12/. Tako je bil opis vakuuma osnovni del Panicijeve fizike, ki mu je posvetil zadnja poglavja 1226-1254 na straneh 980-998 svojega rokopisa.

Guarini je 6 let po Paniciju kritiziral Descartesovo teorijo vrtnicev /13/ tudi zaradi Descartesovega nasprotovanja vakuumu /14/. Poročal je tudi o Torricelijevem poskusu, o Valerianu Magniju (1586-1679) in o Linusu /15/. Opisal je Boylovo pnevmatsko napravo /16/ in vakuumske poskuse pri florentinski akademiji /17/. Posebno visoko je cenil Robervalovo teorijo vakuuma.

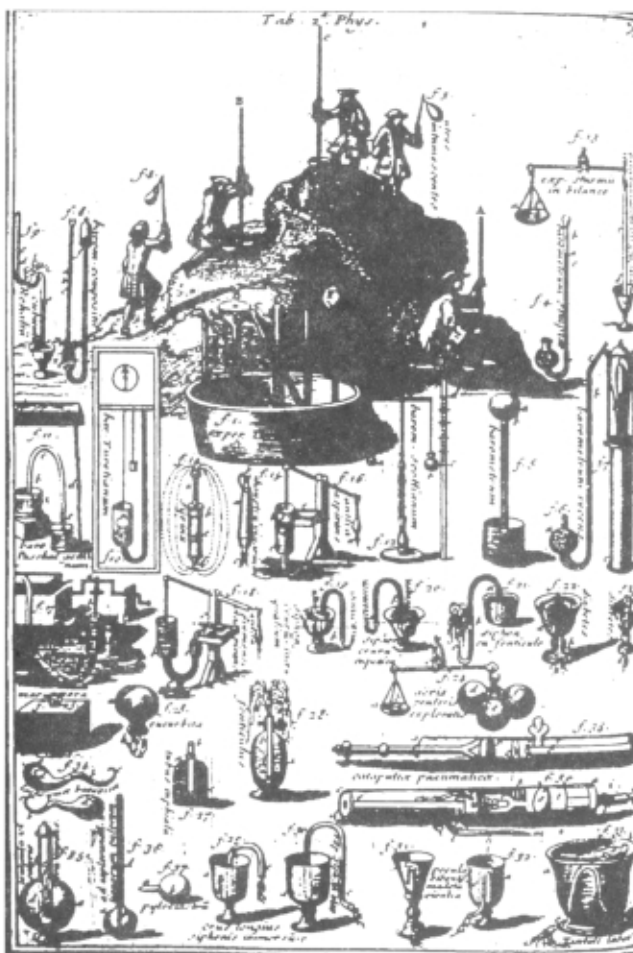
Pol stoletja po Paniciju in Guariniju je Boškovičeva fizika privzela vakuum za enega svojih temeljev. Vprašanje vakuuma je bilo odslej postavljeno na povsem drugačen način kot v starejšem sporu med peripatetiki in atomisti /18/. Boškovič se je izognil tudi kartezianskemu jezikovnemu problemu vakuuma ali nič. Zato je bil opis vakuuma na Boškovičev način za večino jezuitov edina uporabna pot iz zagate, ki jo je sprožil tedaj že očitni uspeh vakuumskih poskusov.

Panici in Guarini sta poučevala na Rimskem kolegiju. Njune skice kažejo naprave, ki so jih pozneje kazali mlademu študentu Rudjeru Boškoviću (1711-1787) iz Dubrovnika. Boškovič se je začel učiti fizike leta 1730/31 pri profesorju matematike Oraziju Borgondiju (1679-1741) med letoma 1712 in 1740, ko je začel prebirati tudi Newtonove knjige /19/. Med letoma 1730 in 1732 je obiskoval triletni pouk filozofije. Fiziko ga je v drugem letniku učil profesor Noceti /20/.

## 2 Meritve višin z barometri

Prve meritve višin z barometri so po navodilih Blaisa Pascala opravili 19.9.1648 na hribu Puy-de-Dôme pri Clermont-Ferrandu v Auvergne, 150 km zahodno od Lyona. 6.5.1653 je zdravnik iz Halifaxa in poznejši FRS Henry Power (1623-1668) opravil podobne meritve na hribu v Halifaxu v smeri Beacons /21/. Podobne poskuse so pozneje ponovili tudi William Ball (1561-1626), Richard Towneley (1629-1707) in Boyle na vrhu cerkve v Westminsteru /22/. Manj je znanega o meritvah višin v Italiji in v habsburški monarhiji. Esteranova risba

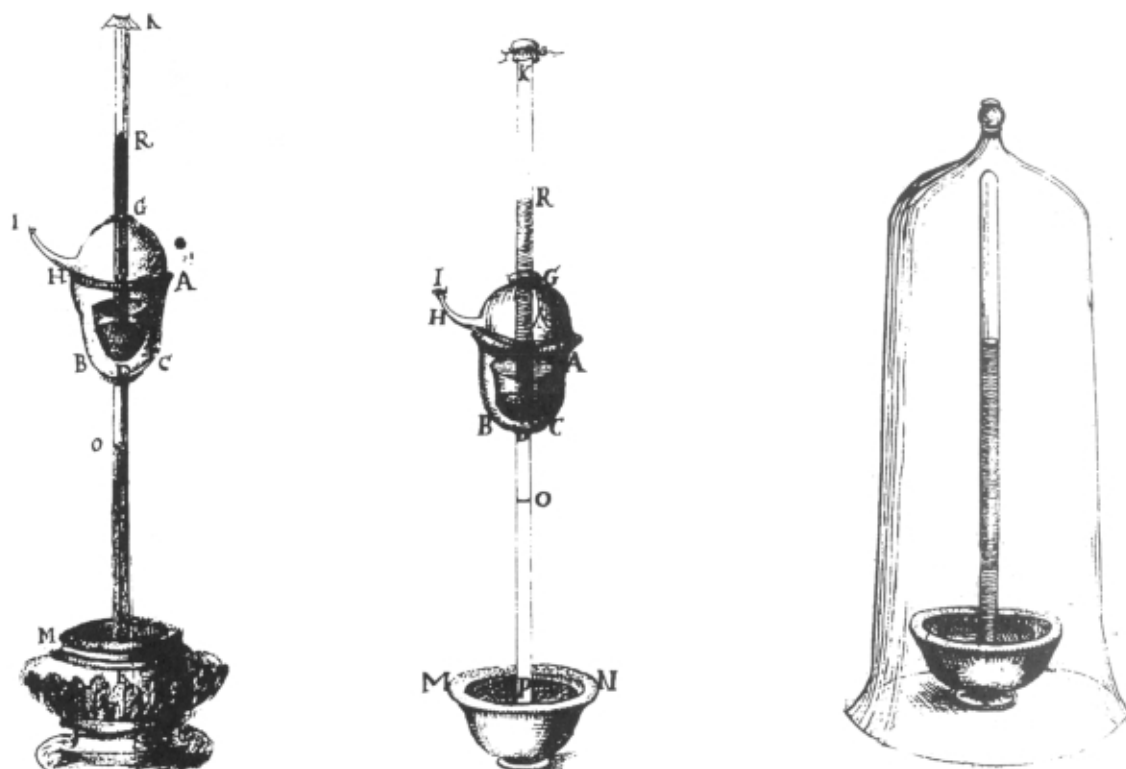
kaže meritve v Italiji ali v Španiji. S slike lahko ugotovimo, kako so si na posameznih višinah hriba sporočali čas v dobi, ko še niso imeli prenosnih ur /23/.



Slika 1: Esteranova risba iz leta okoli 1720 /23/

## 3 Vakuum v vakuumu

Pascalov prijatelj matematik Giles Person de Roberval (1602-1675) in Adrien Auzout (1622-1691) sta leta 1648 prva opazovala barometer v vakuumu. Kmalu za njima je poskus ponovil tudi Pascal. Podoben Boylov poskus je med vsemi njegovimi dosežki Schott najbolj cenil /24/. Poskus so posrečeno imenovali »vakuum v vakuumu« in je pozneje posebno zaslovel v Huygensovi izvedbi.



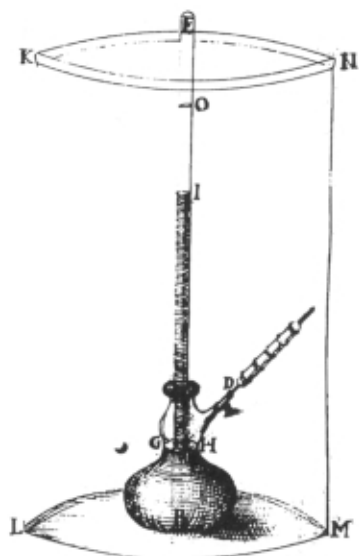
Slika 2: Skice Guarinijevih vakuumskih črpalk /26/

Guarini je kar dvakrat skiciral znameniti Robervalov poskus /25/. Stolp Hg se je znižal, ko so barometer postavili v vakuumsko posodo. Ko so v posodo spustili zrak, se je stolp dvignil na raven, ki je uravnovešala zunanji tlak zraka /26/.

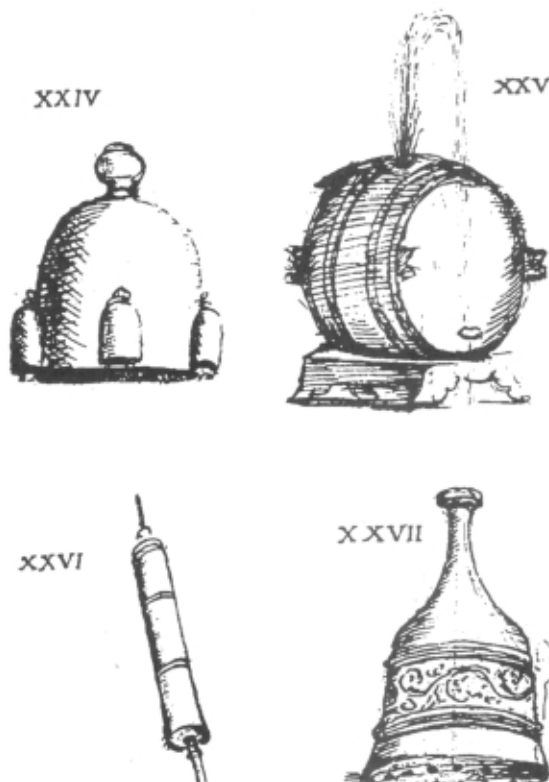
Poskuse z Guerickovimi magdeburškimi polkrogli so po jezuitskih učnih načrtih obravnavali v poglavju o adheziji in ne v poglavju o vakuumu. Zato so bile na skicah upodobljene ob poskusu s sprijemanjem dveh marmornih plošč /28/.

#### 4 Guerickovi poskusi

Tako Guarini kot njegov anonimni sodobnik sta v svojih rokopisih narisala tudi enostavni vakuumski črpalki, podobni zgodnjim Guerickovim. Na skicah ni mogoče razločiti podrobnosti, razen da prikazujejo razmeroma majhne enostavne naprave /27/.



Slika 3: Skica Guarinijeve enostavne vakuumске črpalke /27/

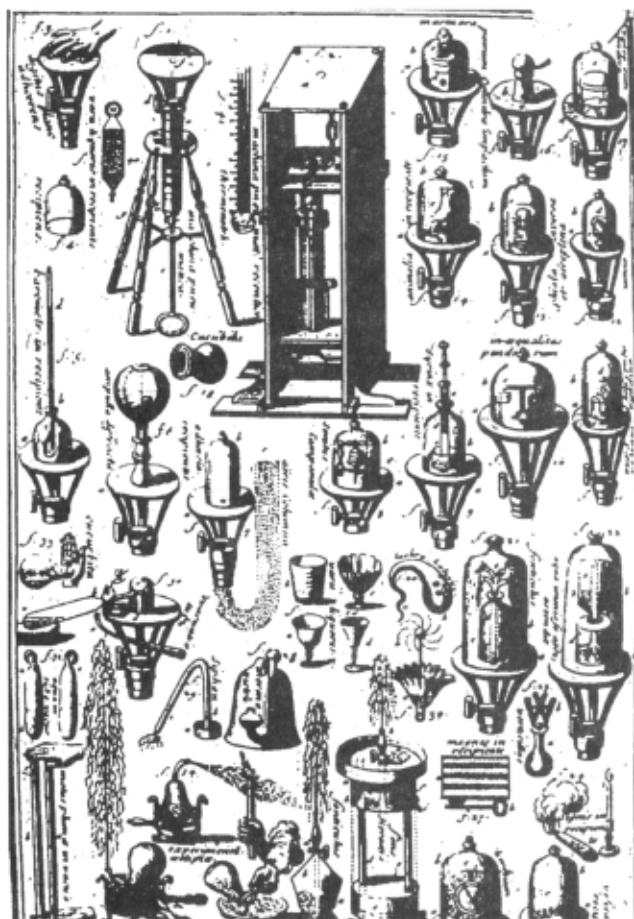


Slika 4: Skice neimenovanega avtorja, okoli leta 1700 /27/

Magdeburški polkrogli so ljubljanski jezuitje nabavili leta 1755. Stoletje pozneje so leta 1867/68 na gimnaziji v Ljubljani ponovno nabavili napravo z enakim imenom. To je bila že doba Geisslerjevih elektronk, ko je vakuum zopet postal zanimivo področje fizikalnega raziskovanja. Leto dni pozneje so si naši predniki lahko prebirali opis Guerickovega poskusa tudi v slovenskem jeziku: »...Te polkrogli, ki sta poprej same od sebe narazen padli, tiščal je zdaj tlak tako drugo ob drugej, da jih šest parov konj, zapreženih z vsake strani v obroča, ni moglo narazen raztrgati« /29/.

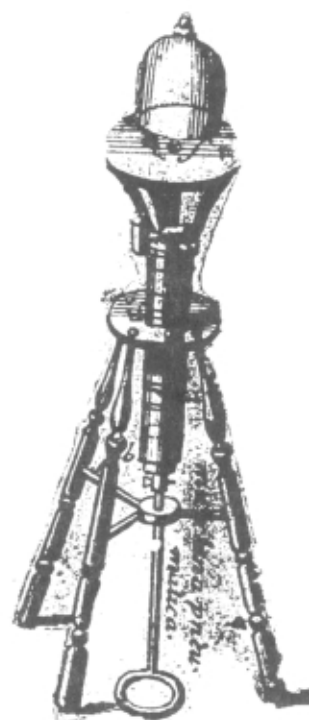
## 5 Boylovi poskusi

Črpalka /30/ po Esteranovem rokopisu ni bila povsem enaka črpalkam, ki jih je za Roberta Boyla v Oxfordu in Londonu sestavil Robert Hooke konec petdesetih in šestdesetih 17. stoletja, niti ne tisti, ki jo je sestavil Denis Papin v drugi polovici sedemdesetih let. Še bolj se razlikuje od starejših Guerickovih črpalk. Med vsemi je bila najbolj podobna prvi Boylovi črpalki /31/.

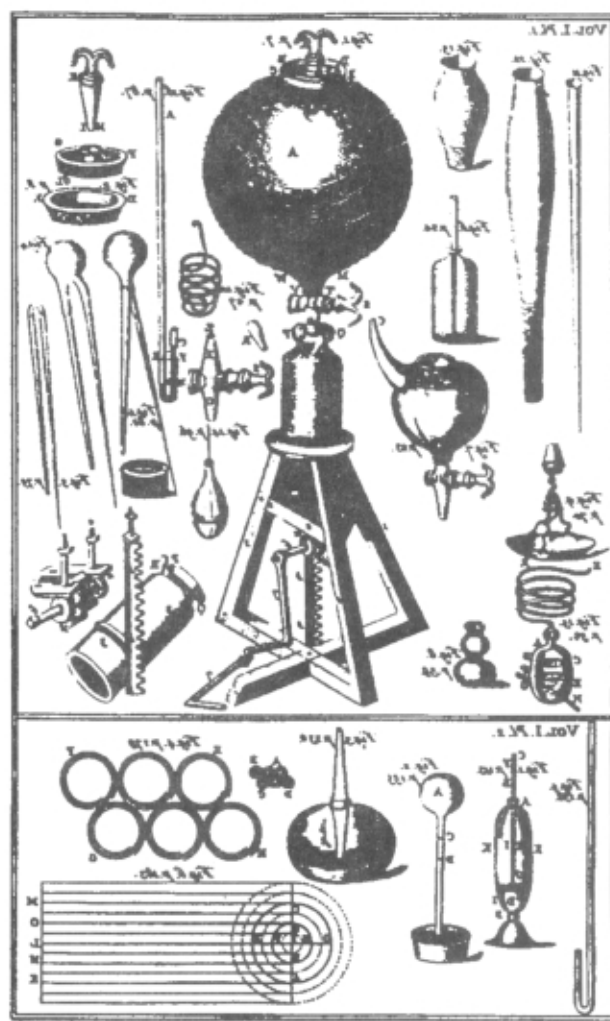


Slika 5: Esteranova risba, okoli leta 1720 /31/

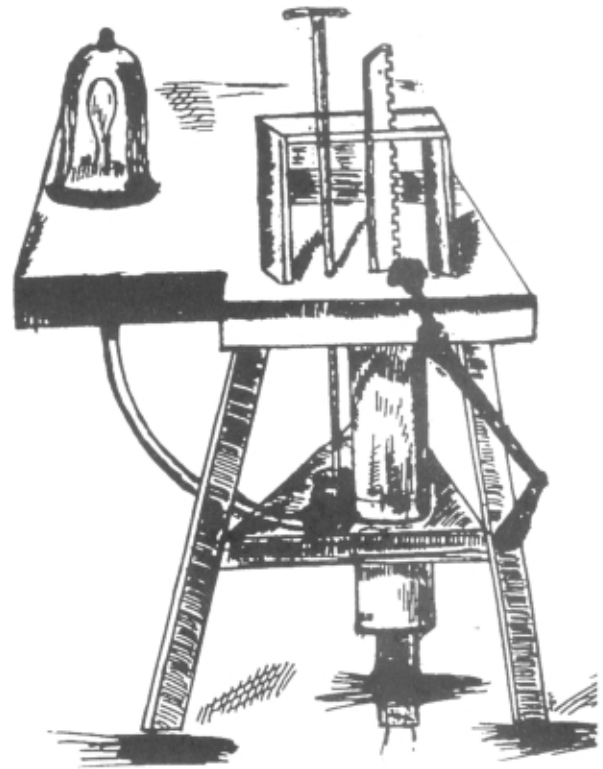
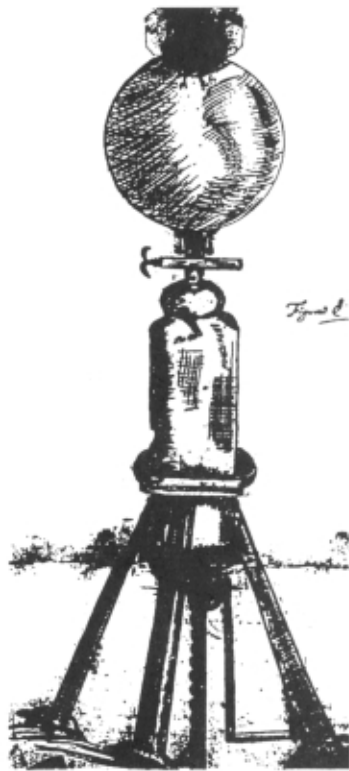
Esteran je svojo napravo po Boyleu imenoval »pnevmatsko« in je posamič skiciral njene sestavne dele. Podobno kot Boyle leta 1669 je tudi Esteran narisal več deset poskusov v svoji vakuumski posodi in jih popisal z latinskimi imeni. Tako je v vakuumu opazoval delovanje tehtnice, vodometa, dušitev živali, zvonjenje /32/, adhezijo, barometer, magnete itd. /33/.



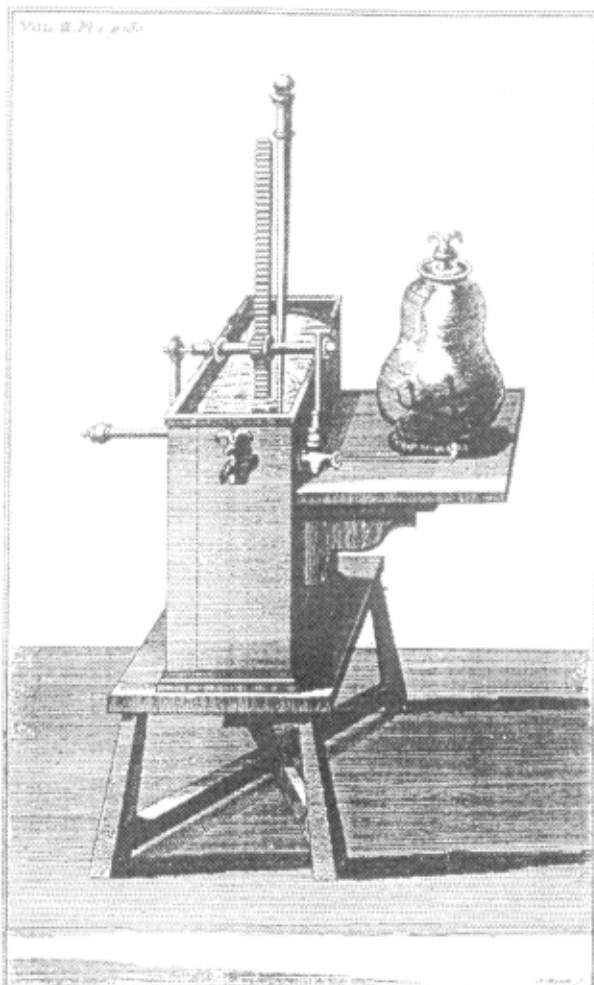
Slika 6: Esteranova vakuumska črpalka okoli leta 1720 /33/



Slika 7: Boylova vakuumska črpalka iz leta 1660 /34/



Slika 8: Panicijevi vakuumski črpalki iz okoli leta 1700 [34]



Slika 9: Boylova vakuumska črpalka [34]

Panicijevi črpalki na Rimskem kolegiju sta bili zelo podobni prvi in drugi Boylovi napravi. Prva se je razlikovala predvsem po obliki ogrodja in po zapornem ventilu pod vakuumsko posodo. Nekaj razlik je bilo tudi pri pokrovu posode, ki na Panicijevi skici ni dobro viden. Druga Panicijeva skica se močno razlikuje od druge Boylove črpalke glede na obliko ogrodja, vakuumske posode in premičnih delov [34].

Pred odkritjem opisanih skic jezuitskih profesorjev v italjanski provinci je prevladovalo mnenje, da so v Italiji uporabljali predvsem Torricellijev vakuum pod vplivom Galilejevih učencev z Akademije v Firencah. Ker je bil vakuum v barometru boljši od Boylovega, se niso posebno zanimali za Boylovo črpalko, ki je omogočala boljšo postavitve poskusov in veliko večji prostor za njihovo izvedbo.

Pri Akademiji v Firencah in v Guerickovem krogu niso izdelali Boylove črpalke, čeprav so njeno sestavo poznali. Zaradi počasnega širjenja informacij, predvsem z osebnim obiskovanjem in s knjigami, je imel vsak svoje vakuumske naprave za boljše od drugih. Guericke in Florentinci so si ustvarili mnenje na osnovi prvih poročil o zgodnjem Boylovem delu, podobno kot je Boyle prenizko ocenil Guerickovo črpalko [35]. Tajnik florentinske Akademije Lorenzo Magalotti (1637-1712) se je leta 1678 ob obisku v Londonu osebno prepričal o prednostih Boylove naprave pri odpravi mehurčkov v vakuumu. Nasprotno od Torricellija ali Guericka Boyle ni poskušal izčrpati do »popolnega vakuuma«, temveč je predvsem raziskoval lastnosti razredčenega zraka.

Boylove črpalke so bile »big science« svoje dobe glede na ceno in število izdelanih primerkov. Dragi so bili tudi velikanski barometri z vodo ali vinom. Za izdelavo

takšnih naprav je bilo treba veliko znanja pri pihanju stekla. Tako Mersenne ni mogel opraviti Torricellijevega poskusa v Parizu, kjer ni imel na voljo sposobnih obrtnikov. Pascal je bil bolj uspešen, saj so mu pomagali slovitih pihalci stekla iz Rouena. Ker je bila večina črpalk iz stekla, se niso ohranile. Najstarejša danes ohranjena črpalka je bila sestavljena na Nizozemskem v začetku 18. stoletja. Tako so skice v rokopisih edini podatki o napravah za vakuumske poskuse, ki so jih uporabljali v Italiji konec 17. in v začetku 18. stoletja.

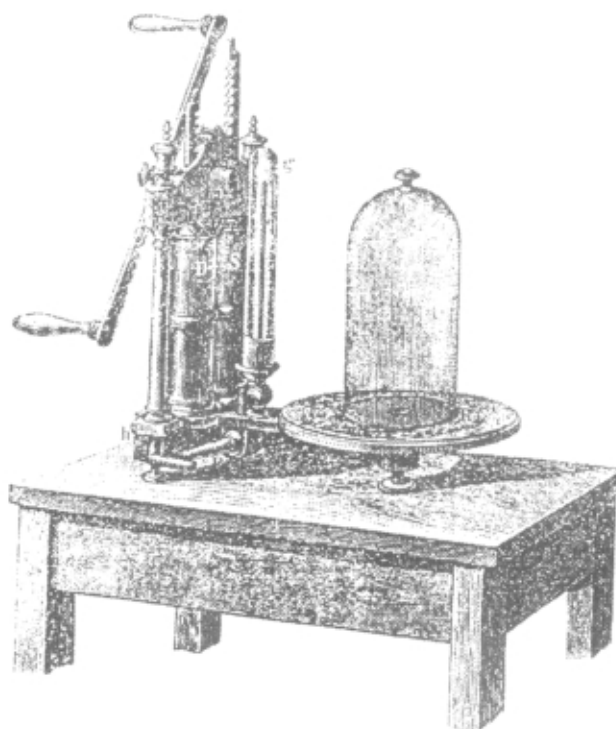
Na objavljenih Boylovih skicah so njegove črpalke visoke okoli 0,5 m, precej manj od Guericckove, ki je bila nameščena v dveh nadstropjih hiše. Čeprav danes ni ohranjena nobena od prvih črpalk, lahko opišemo njihov razvoj /36/:

- Prva Guericckova črpalka v Magdeburgu leta 1648. Dve leti pozneje je sestavil črpalko, s katero je leta 1655 izpraznil polkrogli za znameniti magdeburški poskus v Regensburgu. Napravo je prodal Schönbornu, ki jo je dal jezuitski univerzi v Würzburgu /37/. Tam jo je leta 1655/56 našel in opisal Schott, ki je bil naslednjih 10 let profesor matematike na univerzi v Würzburgu.
- Že Greatorex je skušal izboljšati Guericckovo črpalko /38/. Vendar je bila njegova naprava po Hookovem mnenju prevelika in neuporabna. Konec leta 1658 je Boyle za razvoj vakuumske črpalke najel Greatorexa in Hooke, ki je bil že od prejšnjega leta njegov asistent. Hooke je sestavil model, imenovan »pnevmatski stroj ali zračna črpalka« /39/. Boyle je leta 1660 opisal poskuse, opravljene v letu 1658 in 1659 s prvo Hookovo batno črpalko z živosrebrnim manometrom v zvonu. Eno ali več črpalk je imel v svoji hiši v Oxfordu. Prva med njimi je bila izdelana v začetku leta 1659 v Londonu in marca prenesena v Oxford. Decembra 1661 so v Oxfordu načrtovali povsem novo črpalko.
- Eno ali več črpalk so imeli v kolidžu Gresham v Londonu, kamor jo je dal Boyle prenesti iz Oxforda poleti 1660. Z njo je med letoma 1661 in 1663 znal upravljati le Hooke. Operater John Mayow (1640-1679) je jeseni 1667 kazal delovanje črpalke obiskovalcem.
- Črpalka v Halifaxu leta 1661
- Christian Huygens (1629-1695) je jeseni 1661 odnesel črpalko na Nizozemsko.
- Črpalka, ki jo je do marca 1663 sestavil in pozneje upravljal Huygens za skupino Henrija Louisa Haberta de Montmora (okoli 1600-1679). Skupina s Pascalovima prijateljema Pierrom Petitom de Montluçonom (1598-1671), Robervalom (do 1658) in drugimi je delovala med decembrom 1657 in majem 1664 v Parizu.
- Sredi šestdesetih let so imeli črpalko v Cambridgu.
- Huygens je črpalko, izdelano pozimi 1667/68, prinesel v prostore AR med marcem in majem 1668.
- Drugo Hookovo črpalko s Hg-manometrom, izdelano leta 1667, je Boyle opisal leta 1669 v razpravi: »Poskus, ki preiskuje gibanje in občutljivost kartezianske materia subtilis, imenovane tudi eter.«
- Tretjo črpalko je za Boyla sestavil Papin, ki mu je pomagal med letoma 1675 in 1680. Izboljšal jo je tako, da je vakuum napolnil z »umetnim zrakom«, ogljikovim dioksidom, pridobljenim z namakanjem

koral v kislini. Takšno črpalko z dvema cilindroma, ki je dosegala 1/100 bara, je Boyle opisal leta 1682 v »Novih fizikalno-mehanskih poskusih, drugo nadaljevanje« /40/.

- Črpalke Samuela van Musschenbroeka (1639-1681) v Leydenu z ohranjenimi primerki z začetka 18. stoletja. Po načrtu Senguerolusa iz leta 1681 je sestavljal črpalke s po enim skoraj vodoravnim cilindrom. Priročna naprava se je razširila po Evropi, njeni primerki z začetka 18. stoletja pa so še ohranjeni /41/.
- Črpalka Francisa Hauksbeeja (okoli 1666-1713) z dvojnimi cilindromi, izdelana po Boylovih in Huygensovih načrtih iz leta 1675. Prodajali so jo med letoma 1703 in 1709. Primerki so ohranjeni še danes.

Vakuumska črpalka je bila sestavni del vsakega boljšega laboratorija v stoletju po izumu, podobno kot pozneje leydenska steklenica. O vakuumskih črpalkah na jezuitskem kolegiju v Zagrebu vemo zelo malo /42/. V Ljubljani so jo skupaj s številnimi drugimi vakuumskimi napravami nabavili leta 1755, zato ni verjetno, da bi tako drago napravo imeli tudi prej. Po katalogu izdelovalca znanstvenih naprav G. F. Branderja (1713-1783) iz Augsburga je bila leta 1753 najcenejša vakuumska črpalka vredna 150-175 fl, skupaj s pripadajočimi steklenimi deli. Druga je stala 250 fl, najdražja pa 350 fl. Najdražja črpalka je bila izdelana po načrtu Willema Jacoba Gravesanda (1688-1742), sodelavca Pietra van Musschenbroeka (1692-1761) v Leydenu. Mikroskopi so bili veliko cenejši, saj je bilo treba zanje odšteti le 30-40 fl /43/. Leta 1755 so v Ljubljani nabavili 51 eksperimentalnih naprav za skupno ceno 500 fl. Za njihovo vzdrževanje so vsako leto namenili 25 fl. Tako si v Ljubljani gotovo niso mogli privoščiti večjega števila vakuumskih črpalk.



Slika 10: Risba vakuumske črpalke iz Tuškove knjige, objavljene leta 1869 /44/

Profesor na višji realki v Zagrebu je leta 1869 objavil tudi skico črpalke z dvojnimi cilindrom po Hauksbeejevem vzoru, ki je bila sredi 19. stoletja pred Geisslerjevimi izumom še vedno najbolj učinkovita:

»Vidimo steklen zvon, ki se poveznik (recipient) imenuje; rob se mu z lojem namaže, in povezne se na ploščo R, na tako imenovani sesaljkini taljer, tako, da ne propušča zraku. Plošča ima v sredi luknjo, tako da je zvon s pomočjo cevi v zvezi z obema valjema D in S, katerih bat se vrstoma gori in doli premika s pomočjo dveh zobatih drogov, kolesa in dvoramnega voda, s tem je tedaj mogoče razredčiti zrak v zvonu«. Za to so pa potrebne tudi še pipe, na posebni način prevrtane, in zaklopnice (ventil). Zaklopnice so priprave, ki se same od sebe odpró, če zrak od ene strani nanje tlači; ki se pa spet same od sebe zapró, če tlači zrak od nasprotni strani. Zatorej se imenuje zračna sesalka po tem, kako je narejena, ali sesalka s pipo ali pa sesalka z zaklopnicami« /44/.

Več kot stoletje po izumu se je vakuumska črpalka Tušku še vedno zdela zelo pomembna. Zato jo je, poleg teleskopa, Voltove baterije, naprave za naelektritev s trenjem, elektroskopa in drugih naprav, postavil tudi v naslovnico svojega prevoda.



Slika 11: Naslovnica Tuškove knjige o fiziki /44/

## 6 Sklep

V razvoju zgodnjih vakuumskih naprav je še veliko belih lis. Ker naprave iz 17. stoletja niso ohranjene, je marsikatera podrobnost utonila v pozabo. Rokopisi italijanskih jezuitskih profesorjev nam tako pomagajo zapolniti vrzel v poznavanju poskusov, s katerimi so naši predniki dokazovali obstoj vakuuma oziroma prostora z znižanim tlakom.

## Literatura in uporabljene okrajšave

- Anonimno. Okoli 1700. De Physica. 400 strani. APUG 1532, SLU-film 7135.1. De Physico auditu considerat Physica compositus naturale. APUG 1532, SLU-film 3600.5.
- APUG - Arhiv Pontificia Università Gregoriana, Rim. Zapisane številke označujejo folijo in stran.
- AR - Académie Royale des Sciences, Paris.
- The philosophy of science of Ruđer Bošković. Proceedings of the symposium of the Institute of philosophy and Theology, S.J. 1987. Zagreb: Jumena.
- Boyle, Robert. 1660. New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air, and its effects; Made, for the Most Part in a New Pneumatical Engine. Written by Way of letter to the Right Honourable Charles Lord Viscount of Dungarvan eldest Son to the Earl of Corke. Oxford. (Ponatis: Boyle, 1965, I: 1-117).
- Boyle, Robert. 1662. A defence of the doctrine Touching the Spring and Weight of the Air. Poroposed by Mr. R. Boyle, in his New Physico-Mechanical Experiments; Against the Objections of Franciscus Linus. Wherewith the Objector's Funicular Hypothesis is also examined. London. (Citirano tudi kot: New Experiments Physico-mechanical, Touching the Spring of the Air and its Effect. Prevod: Defensio contra Franciscum Linum. Ponatis: Boyle, 1965, I: 118-178).
- Boyle, Robert. 1669. A continuation of New Experiments Physico-mechanical, touching the Spring and Weight of the Air, and their effects. The first part. Written by Way of letter to the Right Honourable the Lord Clifford and Dungarvan. Whereto is annexed A Short Discourse of the Atmospheres of Consistent Bodies. London. (Citirano tudi kot: New Experiments Physico-mechanical, Touching the Spring and Weight of the Air. Second continuation. Latinski prevod: Experimentorum novorum physico-mechanicorum continuatio secunda. 1682. Geneve: Tournes. Ponatis: Boyle, 1966, III: 175-276).
- Boyle, Robert. 1965-1966. The works. Knjige I-VI. Ponatis 1772. Uredil Thomas Birch. Hildesheim: Georg Olms Verlagbuchhandlung.
- Rimski kolegij - Višji študij v Rimu, ki so ga vodili jezuiti med letoma 1551 in 1773. Obiskovali so ga dijaki po končani gimnaziji. Absolventi višjih študijev so se lahko vpisali na univerzo.
- FRS - Fellow of the Royal Society
- Kircher, Athanasius (1602-1680). 1650. Musurgia universalis sive Ars magna consoni et dissoni in X libros digesta, etc. Romae.
- Linus, Franciscus alias Hall (1595-1675). 1661. Tractatus de Corporum Inseparabilitate; in quo Experimenta de Vacuo, tam Torricelliana, quam Magdeburgica, et Boyleana, examinatur, veraque eorum causa detecta, ostenditur, vacuum naturaliter dari non posse: unde et Aristotelica de Rarefactione sententia tam contra Assertores Vacuitatum, quam Corpusculorum demonstratur. London.
- Middleton, W.E. Knowles. 1964. The history of the barometer. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- Nichols, Richard. 1999. Robert Hooke and the Royal Society. Sussex: The Book Guild Ltd.
- NUK - Signature v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani.
- Panici, Joannes (Giovanni Jacobo). 1700. Panici P. In Libros Aristotelis De Physico Auditio Disputationes. APUG 1093, SLU-film 3564.2.
- Reilly, Conor S.J. 1969. Francis Line S.J. An Exyled English Scientist 1595-1675. Roma: Institutum Historicum S.I.
- RS - Royal Society of London.
- Schoedler, Friedrich Karl Ludwig. 1860. Das Buch der Natur. 11. Auflage. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Shapin, Steven in Simon Schaffer. 1993. Leviathan and the Air Pump. Hobbes, Boyle, and the Experimental Life. 1985. New Jersey: Princeton University Press. Francoski prevod. Paris: Editions de Découverte.
- SLU - Saint Louis University, ZDA.
- Tolomeo, Rita. 1991. Ruggerio Giuseppe Boscovich Letteri per una storia della scienza (1763-1786). Roma: Accademia nazionale delle scienze detta dei XV.

- Tušek, Ivan. 1869. Schoedler. Fizika. Poslovenil Ivan Tušek (1835-1877), profesor na véliki realki v Zagrebu. Ljubljana: Slovenska matica.
- Villoslada, Riccardo G. S.J. 1954. Storia del Collegio Romano dal suo inizio (1551) alla soppressione della Compagnia di Gesu (1773). Romae: Apud Aedes Universitatis Gregorianae.
- Ziggelaar August. S.J. 1987. Ruder Bošković's Experimental Approach to Optical Questions. In The philosophy of science of Ruder Bošković. Proceedings of the symposium of the Institute of philosophy and Theology, S.J. 139-162.
- Zucchi, Nicola (1586-1670). 1648. Experimenta vulgata non vacuum probare, sed plenum et antiperistasim instabilire. Romae.
- Zucchi, Nicola. 1649. Nova de machinis philosophiae, etc. Romae.
- /1/ Zahvaljujem se univerzi Saint Louis za NEH fellowship, ki je omogočil to raziskavo.
- /2/ Linus je bil jezuit angleškega rodu, v pregnanstvu profesor matematike na angleškem kolidžu v belgijskem mestu Liège. Po letu 1658 se je za kratek čas vrnil v London. Posebno znan je bil po polemiki z Newtonom glede teorije barv, ki jo je vodil tik pred smrtjo v Phil.Trans. RS v Londonu (Linus, 1661; Boyle, 1662; Reilly, 1969; Shapin, 1993, 76, 161-165).
- /3/ Leta 1699/1700 je poučeval fiziko na Rimskem kolegiju. Poučeval je tudi logiko (1698/99), metafiziko (1700/1701) in retoriko (1701/1702). Napisal je tudi neobjavljeno delo o metafiziki na 600 neoštevilčenih straneh (APUG 880, SLU film 3555.4).
- /4/ Guarini je bil rojen v mestu Lecce na peti italijanskega škornja in je postal jezuit leta 1693. Bil je profesor fizike na kolegiju v Sieni leta 1703 in profesor matematike na Rimskem kolegiju med letoma 1710 in 1712. Leta 1739 je odšel v Nemčijo in umrl v Dresdenu (Villoslada, 1958, 290, 325, 328, 330, 334, 335).
- /5/ Fistulae (Guarini, 1706, 339).
- /6/ Panici, 1700, 990-992, 996, poglavja 1242-1245, 1251.
- /7/ Giovanni Batista de Benedictis (1622-1706), profesor fizike v Rimu leta 1666.
- /8/ Panici, 1700, 992, poglavje 1246.
- /9/ Gaspar Berti je bil rojen v Mantovi okoli leta 1600, umrl pa je v Rimu v drugi polovici leta 1643 (Zucchi, 1648; Zucchi, 1649; Kircher, 1650; Middleton, 1964, 15; Hellyer, 1998, 187).
- /10/ Panici, 1700, 992, poglavje 1246.
- /11/ Accademia del Cimento.
- /12/ Panici, 1700, 994-995, poglavja 1249-1250.
- /13/ Guarini, Ignazio, Philosophiae Pars Secunda seu Disputationes de Physico Auditu quas Ab Adm. Rev. P'dre Ignatio Guarino e Soc. Jesu, Philosophicus Trienius in Collegio Sienense prelegate Audit ac scripsit Joannes Phillipus Buoninsegni Anno Dni 1706. APUG 2 Adiuncta, SLU-filma 7172.5, 7173.1, 1706, 77.
- /14/ Guarini, 1706, 295.
- /15/ Guarini, 1706, 304-305.
- /16/ Guarini, 1706, 309-314.
- /17/ Guarini, 1706, 319.
- /18/ Hellyer, 1998, 389.
- /19/ Ziggelaar, 1987, 139. Borgondi je poučeval tudi papeža Benedikta XIV in je bil član Accademia degli Arcadi v Rimu. Objavil je delo o sistemu Descartesa na povabilo Pariške akademije. Boškoviću je prepustil svojo katedro za matematiko, ko je leta 1740 je postal rektor Rimskega kolegija. Začel je z reformami in posodabljanjem pouka, vendar je naslednje leto umrl.
- /20/ Carlo Noceti (1694-1759) iz Bagnone je bil tudi profesor logike leta 1729/30, metafizike leta 1731/32, in sholastične teologije med letoma 1733-1742 na Rimskem kolegiju (Tolomeo, 1991, 9).
- /21/ Middleton, 1964, 59-60.
- /22/ Shapin, 1993, 167, 235, 275.
- /23/ Esteran, Manuel, S. J., Liber 4ur Physica. (Philosophia pars 2do Physica Proemium... Pertenca ad P. Manuel Esteran). APUG 2144a, b. SLU-filma 7168.3, 7169.1, okoli 1720, 311 levo
- /24/ Jezuit Kaspar Schott (Gaspar, 1608-1666) je bil nekaj časa Kircherjev pomočnik v Rimu (Boyle, 1965, I: 33-39, 168-169 (17. poskus in njegova obramba pred kritiki); Hellyer, 1998, 288)
- /25/ Guarini, 1706, 333, 342; Middleton, 1964, 48-49, 54.
- /26/ Guarini, 1706, 341/342 desno; Guarini, 1706, slika 7; Guarini, 1706, slika 8.
- /27/ Guarini, 1706, 341/342 b; slika 9; Anonimno, okoli 1700, 181, slika XXVI.
- /28/ Esteran, okoli 1720, 406 levo; Anonimno, okoli 1700, 181; Anonimno, okoli 1700, 181, slika XXII.
- /29/ Tušek, 1869, 93-94.
- /30/ Esteran, okoli 1720, 32 levo.
- /31/ Esteran, okoli 1720, 32 levo.
- /32/ Kircher je prvi predlagal poskus z magnetnim odklonom za zvonjenje zvona v vakuumu. Kircher je poučeval matematiko na Rimskem kolegiju leta 1639/40 in med letoma 1644-1646. Pozneje je imel tam muzej in v njem verjetno tudi vakuumsko črpalko.
- /33/ Esteran, okoli 1720, slike 10, 21, 14, 8, 7, 5, 27; 320 levo.
- /34/ Panici, 1700, 4, slika e; Boyle, 1660 Boyle, 1965, 86/87; Panici, 1700, 4, slika d; Boyle, 1966, III: prva slika v prilogi na koncu knjige.
- /35/ Shapin, 1993, 62, 232-237, 264-268, 273-277.
- /36/ V Magdeburgu, Oxfordu, Londonu, Parizu in Nizozemskem naj bi med letoma 1647 in 1670 sestavili skupno 15 črpalk (Hellyer, 1998, 295).
- /37/ Johann Philip von Schönborn (1605-1673) je bil škof v Würzburgu ter nadškof in elektor v Mainzu (Hellyer, 1998, 265-268).
- /38/ Londonski mojster Ralph Greatorex, ki je umrl okoli leta 1712.
- /39/ Nichols, 1999, 22, slika za stranjo 86.
- /40/ Boyle, 1682. Franz Xaver Wilde (1753-1828) je knjigo popisal v knjižnici Liceja v Ljubljani do leta 1803, danes pa jo hranijo v Ljubljani (NUK-8340), vezano s šestimi deli drugih avtorjev.
- /41/ Hellyer, 1998, 295, 335.
- /42/ Dadić, Žarko. 1982. Povijest egzaktnih znanosti u Hrvata. Zagreb: SNL, 1982, 240.
- /43/ Hellyer, Marcus, The last of the Aristotelians: The transformation of Jesuit Physics in Germany 1690-1773. Dissertation. University of California, San Diego. Hellyer, 1998, 309.
- /44/ Tušek, 1869, 91-92; Tušek, 1869, naslovnica.