

O ZGODOVINI VAKUUMSKE TEHNIKE NA SLOVENSKEM (I. del) Slovenski vakuumisti nekoč in danes

Stanislav Južnič*

On the history of vacuum technique in Slovene area (Part I)
Slovene Vacuumists Before and Now

ABSTRACT

To honor the fortieth anniversary of the Slovenian Vacuum Society we publish a short review of development of knowledge and research of vacuum among Slovenians in past centuries. In the first part we discuss teaching about vacuum on high and middle schools in Slovene area between end of XVIth and middle of XIXth century. We end this part with the first discoveries about vacuum that were made among Slovenians.

POVZETEK

V počastitev 40. obletnice DVTS objavljamo kratek oris razvoja poznavanja in raziskovanja vakuuma med Slovenci v preteklih stoletjih. V prvem delu razprave obravnavamo pouk o vakuumu na višjih in srednjih šolah na Slovenskem med koncem 17. in sredo 19. stoletja. Razpravo zaključujejo prva odkritja, povezana z vakuumom, ki so nastala med Slovenci.

1. Uvod

Okrogla obletnica DVTS je priložnost, da opozorimo na slovenski prispevek k razvoju vakuumске tehnike. V zadnjih šestih letih smo v Vakuumistu sicer že obravnavali večino dogodkov, ki jih povzema ta razprava. Ob 40-letnici DVTS pa jih prvič priobčujemo v strnjeni obliki.

2. Knjige o vakuumu v Ljubljani ob koncu 17. stoletja

Najstarejše podatke o poznavanju vakuuma na nekdanjem Kranjskem nam kaže razširjenost knjig o vakuumu. Mayrjev katalog knjig je leta 1678 strankam v Ljubljani ponujal 2566 del različnih strok.¹ Mayr je prodajal tudi dela tedaj najpomembnejših jezuitskih raziskovalcev vakuuma: 4 knjige Athanasiusa Kircherja (1602-1680), 3 dela Honorata Fabra (1607-1688), med njimi njegova pisma,² in 6 del profesorja matematike v Würzburgu, jezuita Kasparja Schotta (1608-1666). Med laičnimi raziskovalci vakuuma v Mayrjevi ponudbi izstopajo predvsem 3 knjige Roberta Boyla (1627-1691), med njimi razprava o zraku, v kateri so bili opisani tudi poskusi z vakuumom.³ Poleg tega je Mayr v Ljubljani ponujal tedaj najpomembnejši znanstveni

Acta Laboratorij Chymici Monacensis,	8
von der Beck Experimenta & Meditationes circa naturalium Rerum principia,	8
Beverwicks Schriften/	fol.
Bitterkraut Wehmütige Klag, Thranen der löblich höchst, bedrangten Arzney Kunst/	4
Böhmen von bewehrten Ross, Arzneyen/	8
Bohn Epistola de Alkali & Acidi Insufficiencia pro Principior. seu Elementar. corpor. naturalium munere gerendo,	8
Bolnesti Aurora Chymica,	8
Borrichij Dissertatio de Ortu & Progressu Chymia,	4
Lingua Pharmacopæorum,	4
Hermetis Egyptiorum & Chemicorum sapientia,	4
Docimastice metallica clarè & compendiariò tradita,	4
Botalli Schuß, Wundt vnd Franckosen Cur/	8
Boyle Tractatus de Aëre,	12
Specimen de Origine & Virtutibus Gemmarum,	12
	G 2 Boyle

Slika 1: Stran 51 Mayerjeve knjigotrške ponudbe Ljubljančanom iz leta 1678, ki vsebuje dve deli Roberta Boyla (1627-1691), sicer uvrščeni med "Libri medici", ki pa so po tedanji razdelitvi obsegala tudi kemijo.

časopis Philosophical Transactions, kjer je tudi Boyle objavljaj svoja dela.⁴

Med ponujenimi Schottovimi deli ni bilo dela "Mechanica hydraulico-pneumatica", kjer je bila leta 1657 prvič opisana zračna črpalka von Guericcka. Zato pa je Mayr ponujal Schottovo "Technica curiosa" iz leta 1664, ki je v prvem delu opisovala tudi Guericckovo zračno črpalko in njegove nove poskuse. Ponujali so tudi Schottovo novo "Magia universalis Naturae & Artis", kjer je v 7.

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

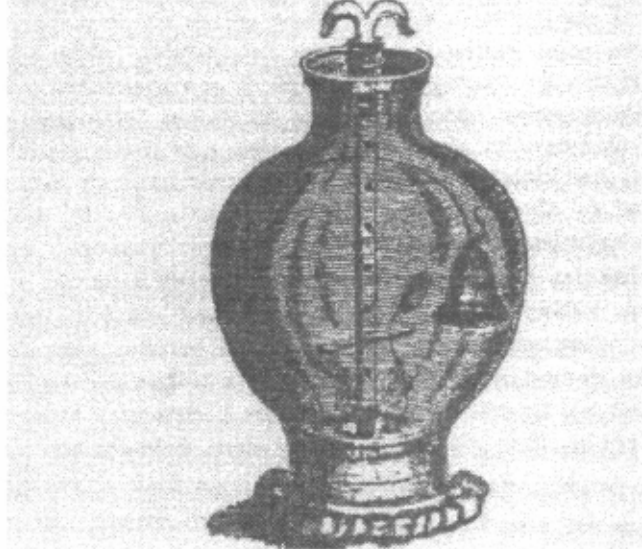
1 Catalogus Librorum qui Nundinis Labacensibus Autumnalibus in Officina Libraria Joannis Baptistae Mayr, Venales profant. Anno 1678. Ponatis pri Mladinski knjigi, Ljubljana, 1966.

2 Fabri, Tractatus duo de Plantis & de Generatione animalum, posterior de Homine, Paris, 1666; Normbergae, 1677; Epistolae tres de sua Hypothesi Philosophica (Mayr, n.d., str. 53 in 74).

3 Boyle, Tractatus de Aëre (Mayr, n.d., str. 51-52); Specimen de Origine & Virtutibus Gemmarum (An essay about the origins and virtue of Gems, 1672); Tractatus de Cosmicis Rerum Qualitatibus (Tractatus about the cosmical qualities of things etc., 1670).

4 Oldenburger, Acta Philosophica (Mayr, n.d., str. 84). Henry Oldenburg (1628-1678) je bil tajnik Royal Society in urednik Philosophical Transactions, ki so jih polatinili v "Acta Philosophica". Mayer je torej leta 1678 Ljubljančanom ponujal tudi razmeroma novo glasilo londonske RS, katere član je 14.12.1687 postal tudi Kranjec Janez Vajkard Valvasor.

ie Glocke (der vorher manchmal überhaupt nicht und zu hören war) nun sehr wohl schwach hören. Liebet etwas mehr Luft herein, so wurde der Ton immer ehmbär...“

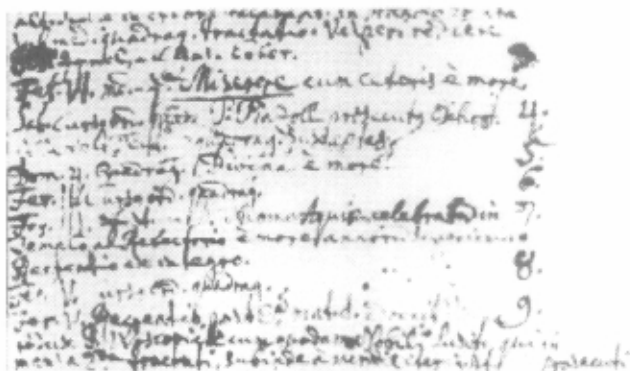


Slika 2: Lesorez iz Boylove knjige s poskusom zvonjenja v vakuumu, kot so ga po letu 1755 študentom kazali tudi v jezuitskem kolegiju v Ljubljani (James B. Conant, *Naturwissenschaft in der Welt*, Julius Betz, Weinheim, 1958, str.75)

knjigi "Magia Aerotechnica" opisal teorijo Fabra in poskuse drugih jezuitov z vakuumom, v nadaljevanju pa je opisal tudi Guerickove magdeburške poskuse z evakuiranim prostorom med polkroglama.⁵

Mayr je takoj za Schottovimi deli popisal tudi štiri knjige Sturm, profesorja matematike na univerzi Altrof, katerega Izbor iz fizike so pri Jezuitskem kolegiju v Ljubljani nabavili leta 1754. Tudi Sturm se je glede vprašanj vakuuma skliceval predvsem na Fabra, opisal pa je tudi Guerickove poskuse.⁶

Mayr je ponujal ljubljanskim bralcem tudi Kircherjevo "Ars Magna", ki je najstarejša ohranjena fizikalna knjiga z datiranim ekslibrisom iz knjižnice jezuitskega kolegija v Ljubljani. Jezuiti so jo nabavili leta 1697 iz knjižnice grofa Wolfganga Engelberta Auersperga, dvajset let za Mayrjevo ponudbo in desetletje pred začetkom pouka fizike v Ljubljani leta 1706. Poleg enega prvih opisov luminiscence je Kircher tu opisal tudi Torricellijev poskus z živosrebrnim barometrom, s katerim je dokazal obstoj vakuuma.⁷ Zaradi idrijskega rudnika, kjer so že dve stoletji kopali živo srebro, so bili poskusi z njim za Kranjsko še posebno pomembni.



Slika 3: 89. stran Mayerjeve knjigotrške ponudbe Ljubljančanom iz leta 1678, ki na dnu ponuja tudi 6 del Kasparja Schotta (1608-1666)

Ne vemo, koliko knjig so pri Mayru kupovali Ljubljančani, saj poznamo kataloge večjih knjižnic na Kranjskem šele za 18. stoletje. Gotovo pa ponujane knjige o vakuumu kažejo, da so se naši predniki zanimali zanj že zelo zgodaj. Posebej ponujena Boylova dela, ki tudi danes veljajo za temelje sodobne fizike, kemije in vakuumske tehnike, kažejo, da Ljubljana pred tremi stoletji ni bila provincialno mesto brez stika z napredkom pri raziskovanju vakuuma v tedanjih evropskih središčih.

3. Pouk vakuuma na Jezuitskem kolegiju v Ljubljani (1706-1773)

A) Začetki pouka fizike v Ljubljani v 18. stoletju

Na Jezuitskem kolegiju v Ljubljani so začeli poučevati fiziko leta 1706. Prvi domači avtor fizikalnega učbenika je bil Anton Erberg iz Dola pri Ljubljani, profesor v Ljubljani in zadnji dve leti pred smrtjo tudi rektor kolegija. Za potrebe terezijanskih reform pouka je napisal Splošno in Posebno fiziko, ki sta bili natisnjeni po njegovi smrti. Opisal je poskuse z vakuumom Torricellijija, Huygensa in Boyla ter Guerickove poskuse z magdeburškima polkroglama. Vendar se ni otesel Aristotlovih dvomov o naravnosti gibanja kamna, vrženega skozi vakuum.⁸

Mlajši bratranec A. Erberga, ljubljanski profesor fizike Bernhard Ferdinand Erberg (1718-1773) iz Dola, je leta 1754 v Ljubljani izdal Fiziko magnetov znamenitega nizozemskega fizika Musschenbroeka. V istem letu so pri ljubljanskem kolegiju kupili vsaj 3 Musschenbroekove knjige, med njimi Esej o fiziki, kjer je praznemu prostoru posvetil celo 3. poglavje prve knjige na straneh 60-74. V nasprotju s kartezijanci je trdil, da je praznega prostora mnogo več od tistega, ki ga zavzemajo telesa. Menil je tudi, da se voda hitreje hladi v

5 Gaspar Schott (1608-1666), *Magia universalis naturae et artis sive recondita naturalium & artificialium rerum scientia...* lat. Herbiboli 1657, Bamberg 1671, Bibliopolae Francofurtensis 1677, str. 518-533 in 554-555 (Mayr, n.d., str. 89). Izvod istega dela so po požaru 1.3.1775 popisali pod številko 605 kot del nekdanje jezuitske knjižnice. Ker ohranjeni izvod v NUK nima ekslibrisa, ni mogoče datirati nabave.

6 Johann Christoph Sturm (1635-1703) *Philosophiae Naturalis & Mathematicum Prof. Publ. Collegium experimentale sive curiosum, Normbergae, 1676-1685; Scientia cosmica, sive Astronomia tam Theoretica, quam Sphaerica, Normbergae, 1670; Des unvergleichischen Arhimedes, Normbergae, 1670 (Mayr, n.d., str. 91 in 119); Physica electiva sive Hypothetica... Normbergae... 1697, str. XVIII, 38, 40 in 293.*

7 Athanasius Kircher (1602-1680), *Ars Magna Lucis et umbrae, Romae, 1664, str. 26-29 (Mayr, n.d., str. 79).* Na naslovnici je ohranjen jezuitski ekslibris iz leta 1697.

8 Anton Erberg (1695-1746), *Cursus philosophicus, Viennae Austriae 1750. Tractatus II, str. 351-353 in 1751. Tractatus III, str. 492-497.*

praznem prostoru kot na zraku, kar je napačno dokazoval s prenehanjem gorenja v praznem prostoru.⁹ Napaka je bila posledica nepoznavanja vloge kisika pri gorenju, ki so jo raziskali šele Priestley, Scheele in predvsem Lavoisier v naslednji generaciji.

Rečan Franc Tricarico (1719-1788) je leta 1757 poučeval fiziko v Ljubljani. Dve leti pred tem je natisnil 30 izpitnih tez v Gradcu, med katerimi je teze iz fizike postavil za enajstimi tezami iz metafizike. Po opisu razlike med fiziko in kemijo so v 13. tezi študentje morali dokazati obstojnost vakuumu in njegovo razširjenost. Ob svojih tezah je natisnil tudi poljudne fizikalne pogo- vore francoskega jezuita Regnaulta, v katerih so bili opisani tudi poskusi Torricellija z živosrebrnim barometrom, zavračanje ideje "horror vacui" v delih Galileja in Kircherja ter poskusi Pascala, Mariotta, Boyla in Guericka s tlakom in vakuumom.¹⁰

Inocent Taufferer (1722-1794) iz Turna pri Višnji Gori je kot profesor fizike v Ljubljani dal leta 1760 natisniti po 19 izpitnih tez iz splošne in posebne fizike, ki so se končala z dvema tezama iz biologije. V 16. in 17. tezi je pojasnil Torricellijeve poskuse z barometerskimi cevmi, elastični eter in prazni prostor v porah teles.¹¹ Majhni delci teles naj bi z nihanjem povzročali toploto in zvok, okoli njih pa naj bi bil prazen prostor. Svoje ideje o vakuumu je povzel po prvih dveh poglavjih knjige taj- nika pariške akademije Mairana, ki jo je kot promotor dal natisniti ob svojih izpitnih tezah. Mairan je opisal vakuum v cevi nad stolpom Hg.¹²

B) Vpliv Boškovičeve fizike v Ljubljani v drugi polovici 18. stoletja do ukinitve Jezuitskega kolegija leta 1773

Sredi petdesetih let 18. stoletja so jezuitje posodobili pouk fizike na ljubljanskem kolegiju. Po letu 1753 so nabavili številne fizikalne knjige tudi nejezuitskih avtor-jev, leta 1755 pa so utemeljili fizikalni kabinet z nabavo enainpetdesetih eksperimentalnih naprav za pouk matematike in fizike. 9.3.1758 je ljubljanski kolegij obiskal sloviti jezuitski fizik Rudjer Bošković (1711-1787). V tem času je fizika tudi v ljubljanskem kolegiju dejansko nehala biti del filozofije ob metafiziki in logiki, saj od leta 1764 dalje profesorjev fizike v Ljubljani niso več menjavali vsako leto temveč so fiziko predavali po več let zapored.

Med eksperimentalnimi napravami, ki jih je 17.9.1755 popisal tedanji profesor matematike B.F.Erberg, jih je bilo kar 10 namenjenih raziskovanju vakuumu, nad- tlaka in upora zraka. Med njimi je bila pnevmatska črpalka z lastno skrinjo in dvojno skledo, s katero so izčrpali zrak iz steklenega zvonika. Tako je že Boyle dokazoval, da vakuum ne prevaja zvoka. Pri poskusih s črpalko so poleg zvonika uporabljali tudi žarečo ploščo, s katero so demonstrirali prevajanje toplotnega sevanja skozi vakuum. Ob črpalki so uporabljali tudi posebno svetilo. Za tesnitev vakuumske posode so uporabljali smolasto zmes svinca in srebra. Tako je kar 6 naprav popisanih na 20., 21., 22., 23., 24. in 28. mestu sestavljalo komplet za raziskovanje vakuumu.

Za demonstracijo delovanja zračnega tlaka so uporabljali tudi Guerickovi magdeburški polkrogli. Dvigovanje curka vode s stisnjenim zrakom so kazali v Heronovem vodometu iz bronu, ki je bil znan že v antični Aleksandiji. Nabavili so tudi barometer za me- teorološka opazovanja in kartezijanski plavač, pritrjen na polprazno votlo kroglo, ki se je pod pritiskom na zamašek cevi spuščal s površja proti dnu kapljevine.¹³

Vsi ljubljanski profesorji fizike so bili v zadnjem de- setletju pred ukinitvijo jezuitskega reda leta 1773 in tudi po njej zagovorniki Boškovičeve fizike. Po Boškoviću je bil vakuum sicer čisto imaginaren, a vendarle ne povsem nič, saj je spreminjal povsem realne razdalje med masami.¹⁴

Dunajčan Karel Dillher (1710-1778), predzadnji rektor ljubljanskega kolegija med leti 1763-1766 in 1769-1772, je leta 1746 v Gradcu kot promotor izdal razpravo o barometru.¹⁵ Delo je sestavljalo 220 oštevilčenih odstavkov. Četrty med njimi je zanikal "horror vacui", deseti pa je pravilno opisal dvigovanje živega srebra v barometru zaradi teže zraka. Sledili so opisi poskusov Kircherja, Boyla in drugih raziskovalcev. V 104. od- stavku je bila opisana možnost za redčenje in zgoščevanje zraka s črpalko oziroma tlačilko.

Janez Krstnik Pogrietschnig, rojen leta 1722 na Koroškem, je bil profesor fizike v Ljubljani med letoma 1764-1768. Leta 1765 je dal objaviti svoje teze za izpit iz fizike, ki so jih njegovi študentje dali vezati s knjigami slovitih avtorjev, ob ponatis Asclepijeve astronomske razprave in Boškovičeve fizike.¹⁶ Ravnovesje živega srebra v barometru je pojasnil v 38. in 39. tezi, ne da bi posebej omenil vakuum.¹⁷

-
- 9 Pieter van Musschenbroek (1692-1761), Leyden 1729, latinski prevod: *Dissertatio physica experimentalis de Magnete*, Labacii 1754; *Essai de physique*, Leyden 1739, francoski prevod nabavljen na jezuitskem kolegiju v Ljubljani leta 1754, str. 60 in 472.
- 10 Noël Regnault (1683-1762), *Physicae Recentioris Origo Antiqua per Dialogos Epistolares Demonstrata*, prevod iz francoščine: Graecii, 1755, str. 67 in 349-357.
- 11 *Tentamen publicum ex universa philosophia... Innocentii Taufferer... Labaci... 1760.*
- 12 Jean Jacques D'Ortous de Mairan (1678-1771), *Dissertation sur les variations du baromètre*, Bordeaux 1715. Latinski prevod: *Dissertatio De Causa variationum Barometri, Labacii, 1760, 2. poglavje, 2. princip.*
- 13 Naprave našete pod številkami 20-24 in 26-29 (Vakuumist 14/1 (1994) str. 27).
- 14 Željko Marković, Rudjer Bošković, Zagreb 1968, I, str. 160.
- 15 *Tractatus Philosophicus de Barometro*, Authore R.P. Laurentio Gobart Societate Jesu. Starejše izdaje Gradec 1706 in Dunaj 1716 (Vakuumist 14/1 str. 30-31).
- 16 Giuseppe Maria Asclepi (1706-1776), *De objectivi micrometri usu in planetarum diametris metiendis. Exercitatio Optico-Astronomica habita in Collegio Romano a Patribus Societatis Jesu Anno 1765. Il Non-Sept. Romae; Boscovich, Theoria Philosophiae Naturalis... Venetiis 1763.*
- 17 *Assertiones ex Universa Philosophia.. Gymnasio Labaci... 1765.*

Boškovičevo in Asclepijevo delo je istega leta 1765 in leta 1768 ob svojih izpitnih tezah v Gradcu ponatisnil tudi Dunajčan Leopold Biwald (1731-1805),¹⁸ najpomembnejši pisec fizikalnih učbenikov v tedanji habsburški monarhiji. Med 23.10.1755 in 1757 ter leta 1761 je poučeval na jezuitskem kolegiju v Ljubljani. Njegove teze za izpit iz fizike so bile pozneje večkrat ponatisnjene z neznatnimi spremembami. V njih ni bilo posebnih vprašanj o teoriji vakuuma, toliko bolj pa so Biwaldovi študentje morali poznati poskuse s črpalkami, sifonom in različnimi umetno narejenimi vrelci, s katerimi so pojasnjevali delovanje barometra.¹⁹ Neproznost teles so pojasnjevali s heterogeno zgradbo delov telesa in z neenakomerno porazdelitvijo masnih delcev in praznih prostorov v telesu.

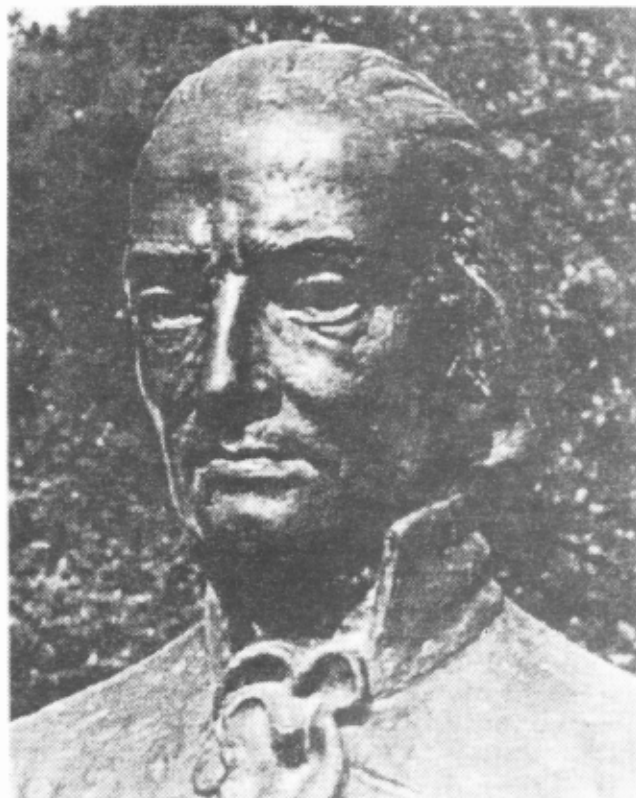
4. Pouk o vakuumu na liceju v Ljubljani od leta 1773 do ukinitve 20.10.1785

Jurij Vega (1754-1802) je leta 1775 opravil zaključni izpit na liceju v Ljubljani po osemtridesetih fizikalnih tezah Štajerca Gregorja Schöttla (1732-1777), ki je poučeval fiziko v Ljubljani med letoma 1769-1773.²⁰ V 13. tezi je od študentov zahteval opis materije, ki naj bi jo poleg snovi sestavljale tudi pore z vakuumom. V 32. izpitni tezi so študentje opisovali širjenje svetlobe skozi vakuum in se pri tem gotovo sklicevali na demonstracijske poskuse z 20 let prej nabavljenimi napravami, ki so jih spoznali med poukom.

V svojih poznejših učbenikih je Vega s pridom uporabil znanje aerostatike, ki si ga je pridobil med študijem v Ljubljani. Leta 1800 je Vega celo poglavje svojega učbenika posvetil zračnim črpalkam, sestavljenim iz bata, veznih posod, table, recipientov in pipe. Napravo je bilo mogoče uporabljati tako za zgoščevanje kot za črpanje zraka. Posebej je opisal Torricellijeve in Guerickejeve poskuse s polkroglama. Menil je, da z Guerickejevo črpalko, ki je ob izumu leta 1654 dosegala okoli 8 mbar, ni mogoče doseči tako dobrega vakuuma kot v Torricellijevem barometru.

Vega je opisal 12 poskusov z vakuumom ob uporabi zračnih črpalk:

- 1) Višino živosrebrnega stolpa je povečeval z izčrpanjem zraka nad njim.
- 2) Redčil je zrak v cevi, tako da je šlo živo srebro v odprto cev, poveznjeno v posodo z živim srebrom. Ko je v cev spustil atmosferski zrak, je živo srebro padlo navzdol v posodo.
- 3) Ko je črpal zrak, je naraščal zunanji tlak na steno steklene posode. Pri velikem razredčenju je lahko prišlo do deformacije posode.
- 4) S spuščanjem atmosferskega zraka v izpraznjeno posodo je izravnal zunanji in notranji tlak.



Slika 5: Jurij Vega

- 5) Opisal je Guerickeov poskus, v katerem 15 konj brez uspeha vleče vsaksebi polkrogli z evakuiranim vmesnim prostorom.
- 6, 7) V razredčenem zraku je sveča ugasnila, žival pa se je zadušila.
- 8) Z redčenjem zraka je zmanjševal jakost zvoka zvonca v vakuumu tako, da je zvonec skoraj povsem potihnil.
- 9) Kartezijanski plavač, ki je bil vštet med nabavami leta 1755, tako kot poskus z zvoncem. Vega ju je gotovo videl med poukom fizike v Ljubljani.
- 10) Kljub močnemu redčenju zraka se voda v recipientih med črpanjem le malo segreje.
- 11) Pivo, mleko in kvasilo izločajo zelo veliko zračnih mehurčkov v razredčenem zraku.
- 12) Nekaj vode je iz recipientov izparelo, ko je zrak nad njo močno razredčil. Nastane povsem prozorna para, ki se kondenzira na stenah, ko v posodo spustimo atmosferski zrak.

Vega je s tehtanjem izpraznjene votle krogle dokazoval, da ima zrak težo. S tehtanjem teles v vakuumu

18 V. Varičak, U povodu državnog izdanja Boškovičeva djela "Theoria philosophia naturalis", Rad 69/230 (1925) str.198-199.

19 Assertiones ex Universa Philosophia... Univer. Graec. Anno 1771 Mense augusto, 35. teza.

20 Tentamen philosophicum ex logica, metaphysica; algebra, geometria, trigonometria, geodesia, stereometrisa (sic!), geometria curvarum, balistica et physica, tam generalia, quam particulari, quod anno MDCCLXXV. mense augusto die in archid. academia Labacensi..., str.33-52.

je pokazal povečanje teže, saj ni več vzgona, ki nasprotuje sili teže.²¹

Po ukinitvi jezuitskega reda je fiziko na liceju v Ljubljani 12 let (1773-1785) predaval nekdanji jezuit Anton Ambschel (1751-1821) iz Győra, prav tako zagovornik Boškovičeve fizike, poznejši profesor na dunajski univerzi.

Ambschel je leta 1778 objavil 56 izpitnih tez, med katerimi je obravnaval tudi barometer. Dve leti pozneje je opisal prazne prostore v snovi.²²

5. Vakuum pri pouku fizike na Liceju v Ljubljani v prvi polovici 19. stoletja

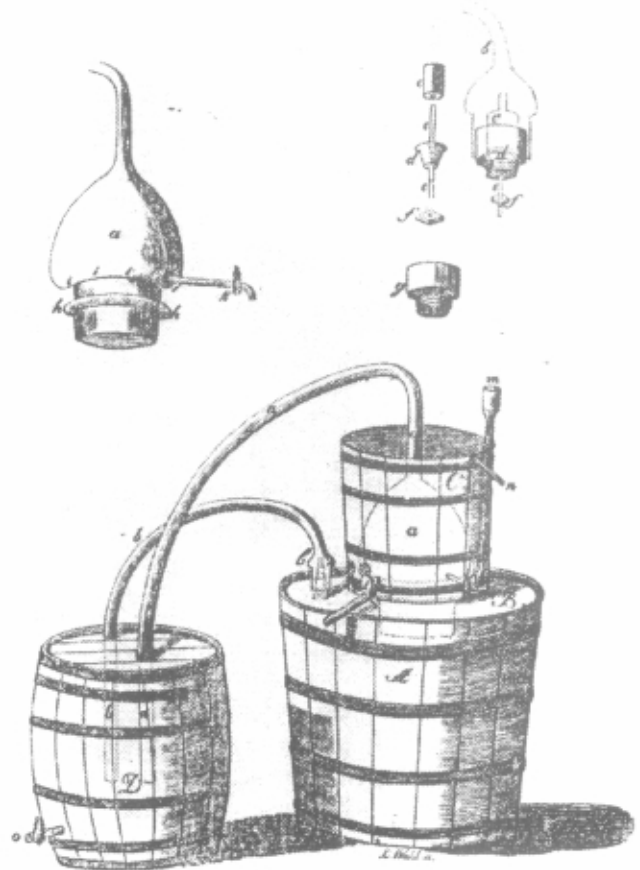
Po ponovni ustanovitvi liceja v Ljubljani 24.4.1788 je začel fiziko predavati nekdanji jezuit Jernej Schaller, rojen leta 1745 v vojvodini Avstriji. Ob njegovi boleznici ga je 15 let pozneje 3.3.1803 za tri leta, do jeseni 1806, nadomestil Philip Neumann (1774-1849) iz Moravske, poznejši profesor popularne astronomije na Joanneumu v Gradcu in fizike na Dunaju. V Gradcu je med leti 1808-1812 izdal učbenik *Compendiaria Physica*, v nemškem prevodu *Lehrbuch der Physik*. Knjigo so takoj po natisu nabavili tudi pri licejski knjižnici v Ljubljani. Nekdanji Neumannov licejski študent Janez Krstnik Kersnik (1783-1850), ded slovitnega pisatelja, jo je uporabljal pri latinskem pouku fizike v prvem letniku Filozofske fakultete Akademije v Ljubljani 1810/11.²³

Kersnik je bil gotovo med slovenskimi profesorji fizike z najdaljšim stažem, saj je poučeval fiziko od 10.12.1808 do smrti, skoraj 42 let. Med francosko zasedbo je bil profesor fizike na Écoles centrales v Ljubljani, prestolnici Ilirskih provinc. Leta 1811 je popisal naprave v fizikalno-kemijskem kabinetu v Ljubljani.²⁴ Med številnimi napravami za raziskovanje plinov in vakuuma je popisal tudi Magdeburški polkrogli, ki sta še poldrugo stoletje po iznajdbi ostali najbolj priročni za demonstracijo vakuuma pred študenti.

Po restavraciji je Janez Kersnik leta 1825 poučeval fiziko na ljubljanskem liceju po učbeniku piarista Remigia S.Döttlerja. Döttler je prevzel predavanja fizike in mehanike na dunajski univerzi po Ambschlu (1804-1809) in katedro obdržal do svoje smrti leta 1812. Döttlerjev učbenik je temeljil na Boškovičevi dinamiki in se je delil na splošno in posebno fiziko.²⁵ Guerickove poskuse, posledice redčenja in zgoščevanja zraka ter izdelavo različnih Torricelijevih cevi ali barometrov je obravnaval v prvem poglavju posebne fizike.²⁶

Hummel z Moravske je bil poldrugo desetletje Kersnikov kolega, saj je predaval elementarno matematiko v prvem letniku liceja v Ljubljani od leta

1835 do odhoda v Gradec. Na graški univerzi je leta 1850 postal prvi profesor fizike in katedro obdržal do upokojitve 31.5.1867. Še pred imenovanjem za suplenta in leta 1837 za pravega profesorja v Ljubljani je Hummel leta 1821 sestavil napravo za izboljšano vrenje vina in piva.²⁷ V napravi za vrenje je uporabljal tesnila in recipiente, značilne za tedanje naprave z vakuumom in nadtlakom.



Slika 6: Hummlova naprava za vrenje vina v: *Abhandlung über die Weinbereitung nach Elisabeth Gervais. Frey übersetzt aus dem Französischen von Anton Alb. Freyherrn v. Maston... Nebst einem Anhang der Hummel'schen Anfindung des Wein- und Bier- Apparates, zu Folge k. k. Privilegiums. Mit einer Abbildung der zur Weinbereitung gehörigen Geräthschaften. Laibach... nedatirano, Kleinmayr, slika za str.56)*

Leta 1833 je Hummel objavil razpravo o preprostem kondenzatorju, imenovanem elektrofor, kjer so zbirali

- 21 Vega, *Vorlesungen über die Mathematik*, IV Bd. Anleitung zur Hydrodynamik, Wien 1800, poglavja 62-66, 70-74, 76 (str.141), 80 (str. 146-147), 81 in 82 (str.149).
- 22 Ambschel, *Dissertatio de motu*, Labacii 1780.
- 23 *Bibliotheca Lic. Reg. Laibach. Catalogi Supplementum*, nedatirano, št. 17; Vlado Schmidt, *Zgodovina šolstva in pedagogike na Slovenskem*, II, DZS, Ljubljana 1964, str. 97.
- 24 *Vakuumist* 14/1 (1994) str. 27-28.
- 25 *Elementa physicae mathematico-experimentalis*, in usum auditorum suorum conscripta a Remigio Döttler... Viena et Tergesti 1815, Tomus I, str. 12-15 in 33. Nemška izdaja 1812.
- 26 Döttler, n.d., Tomus II, str. 4-25 (pogl. 313-321).
- 27 Carl Hummel (1801-1879), *Abhandlung über die Weinbereitung nach Elisabeth Gervais. Frey übersetzt aus dem Französischen von Anton Alb. Freyherrn v. Maston... Nebst einem Anhang der Hummel'schen Anfindung des Wein- und Bier- Apparates, zu Folge k. k. Privilegiums. Mit einer Abbildung der zur Weinbereitung gehörigen Geräthschaften. Laibach... nedatirano, Kleinmayr, str. 49-56.*

električni naboj, pridobljen s trenjem.²⁸ Elektrofor so uporabljali kot elektrostatični generator, pozneje pa ga je izboljšal Američan Robert Van de Graaff (1901-1967). Stoletje po Hummlovem lahodu iz Ljubljane v Gradec so leta 1954 na IJS v laboratoriju Edvarda Cilenška uporabljali električni del Van de Graaffovega pospeševalnika lastne izdelave.²⁹

6. Vakuum na slovenskih srednjih šolah v dobi velikega napredka vakuumske tehnike v drugi polovici 19. stoletja: razprševanje kovin v fizikalnem kabinetu Karla Robide na gimnaziji v Celovcu

Stefanov gimnazijski profesor v Celovcu Robida je menil, da je vakuum popoln električni izolator. Vendar popolnega vakuuma ni mogoče doseči.³⁰

Robida ni mogel opraviti tehtnih poskusov brez primernih črpalk in tesnil, saj leta 1857 še ni nabavil Geisslerjeve elektronke. Zato se je skliceval na poskuse berlinskega profesorja Petra Theodorja Riessa (1805-1883) iz leta 1838, ki so bili sicer na zelo slabem glasu pri dunajskih raziskovalcih. Ni omenil podobnih raziskovanj berlinskega profesorja Paula Ermana (1764-1851) iz leta 1802.³¹ Oba sta menila, da so trajne le magnetne lastnosti snovi (naravnega magnet), ne pa električne. Zato se vsaka snov sčasoma razelektri.

Robida je tri desetletja pred Hertzom objavil kvalitativne meritve detekcije elektromagnetnega valovanja naelektrenega Fechnerjevega elektroskopa in Zambonijevega suhega člana. Grailichov asistent na dunajskem Fizikalnem inštitutu Pietro Blaserna (1836-1918) je leta 1858 brez uspeha ponovil Robidov poskus detekcije elektromagnetnih valov s Fechnerjevim elektroskopom po drgnjenju kovinske plošče z violinskim lokom. Zavrnil je domnevno odkritje elektromagnetnih valov, saj ni mogel ponoviti Robidovih rezultatov. Trdil je, da Robidove meritve niso bile izpeljane korektno.

Robida je z vibracijsko teorijo longitudinalnih valov elektrike pojasnjeval tudi pojave pri praznjenju petdesetih elementov Grovejeve celice skozi elektrodi iz platine v izčrpani posodi. Kot prvi slovenski raziskovalec je razpršil koničasto elektrodo iz platine in "naredil bel okrogel madež iz velikanskega števila zrn platine, ki so se pri visoki temperaturi prijela plošče... Madež je bil tem bolj bel, čim tesneje so delci platine ležali drug na drugem".³² Robidova razprava je bila objavljena le 5 let za Grovejevim odkritjem razprševanja kovin in nekaj mesecev pred Plückerjevimi opisi,³³ zato ga velja podrobno citirati:

"Odložena izločena snov tvori kolobar zelo pravilne oblike na negativni plošči pri koničasti pozitivni (elektrodi). Središče kolobarja je projekcija konice na ploščo. To se zgodi tako pri vodoravni, kot pri navpični postavitvi plošče, tako da gre za določeno usmeritev gibanja snovi od pozitivnega proti negativnemu polu. S (praznjenjem) petdesetih elementov Grovejeve celice v močno izčrpanem zraku, ko je plošča iz platine pozitivna, konica pa negativna, se na prvi pojavi sprva modrikasti, popolnoma okrogli madež takoj pod Nobiljevimi kolobarji.³⁴ Na atmosferskem zraku opazimo isti madež pol manjšega premera in mnogo manj živih barv. Ko pola obrnemo, dobi plošča od pozitivno naelektrene konice bel okrogli madež, sestavljen iz velikanskega števila zrn platine, ki so se pri visoki temperaturi prijela plošče. Madež je v razredčenem zraku veliko večji kot v vakuumu. Konice iz železa, srebra in bakra so dajale podobne rezultate. Pozitivne elektrode iz srebrnih in bakrenih plošč kažejo zelo različne vdolbine. Konica in plošča iz bakra dajeta lok v lepi zeleni svetlobi. Če sta obe konici iz enake kovine, bo le pozitivna žarela po vsej dolžini.

Neeff je eksperimentalno ugotovil, kateri pol oddaja svetlobo in kateri toploto. Z mikroskopom je razločil dve različni vrsti svetlobe. Prvo sestavljajo nemerljivo majhne točke živahnega leska, ki obtičijo na platini, ko je plošča ali konica platinastega vodnika negativni pol. Svetlobne točke so zelo tanke konice hrapave površine, katerih svetlobo pri torni elektriki imenujemo svetlobo konice. Drugo vrsto svetlobe je Neeff imenoval ogenj, ki se kaže v šibki vijolični barvi. Na konici se kaže kot svetleča ovojnica, na plošči pa leži v njeni ravnini. Podoben svetlobni pojav se premika tudi od negativnega pola. Čim manj izrazit je svetlobni pojav, tem bolj je bel. Čim izrazitejši je, tem bolj se kaže vijoličen. Ker svetloba nastopa izljučno na negativnem polu, se po Neeffu toplota oddaja predvsem na pozitivnemu polu. Moigno je trdil,³⁵ da izvir svetlobe najbolj vidimo pri uporabi Ruhmkorffa. Kroglji iz Pt sta v vakuumu pola indukcijskega toka. Negativna krogla bo svetla in relativno mrzla, pozitivna pa temna in relativno topla.

Z vibracijsko teorijo pojasnimo termično delovanje elektrike. Intenzivno nihanje izvirov toka se združi s tvorbo maloštevilnih elementarnih valov in preko teh nosi delce, ki niso primerni za električno nihanje. Zato pride do toplotnega in svetlobnega nihanja in sicer negativno električnega kot svetlobnega nihanja in pozitivno električnega kot toplotnega nihanja.

Nihanje delcev snovi povzroča toploto. Od tod imamo toploto pri trenju, trku, udarcu. Toplotno nihanje, ki povzroča elektriko, smo si ogledali v 5. poglavju.

28 Erscheinungen und Theorie des Electrophors, (Baumgartner's) Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften, Wien, 2 (1833) str. 213-235.

29 Vakuumist 15/2 (1995) str. 21.

30 Karel Lucas Robida (1804-1877), Vibrations-Theorie der Elektrizität, Izvestja gimnazije Celovec, 1857, str. 5, 11 in 12.

31 Robida, n.d., 1857; Ferdinand Rosenberger, Die Geschichte der Physik in grundzügen mit synchronistischen Tabellen, III. del, Braunschweig, 1890, str. 775.

32 Robida, n.d., 1857, str. 4, 31 in 33; Joseph Wilhelm Grailich (1829-1859) Vibrationstheorie der Elektrizität von Prof. K. Robida, recenzija v Zeitschrift für die österreichischen Gymnasien 9 (1858) str. 426.

33 William Robert Grove (1811-1896), On the Electro-Chemical Polarity of Gases, Phil. Trans. 142 (1.4.1852) str. 90 Julius Plücker (1801-1868), Über die Einwirkung des Magnetes auf die elektrische Einladung in verdünnten Gasen, Ann. Phys. 103 (27.12.1857) str. 105.

34 Leopold Nobili (1784-1835), profesor fizike v Nadvojvodskem muzeju v Firencah.

35 Pariški matematik Franç. Napoleon Marie Moigno (1804-1884).

Nasprotno tu opazujemo električno nihanje, ki povzroča toplotno nihanje. Pri topljenju električnih vodnikov povzroča električno nihanje s toplotnim nihanjem naraščanje prostornine in premikanje delcev. Pri tem je temperatura vodnika pod tališčem in se odbijajo že stopljene površinske plasti. Zdi se, da te plasti kopičijo snov le na negativni elektrodi, zmanjšujejo pa na pozitivni. Moigno ni opazil segrevanja pozitivne elektrode in tudi ne odletavanja nihajočih delcev v smeri nihanja, ki se nanašajo na negativno elektrodo.

Svetlobno nihanje, pri katerem manj intenzivno žarčenje svetlobe vzbuja električno nihanje, smo omenili v 4. poglavju o elektrokemiji. Svetlobno nihanje se zaradi električnega nihanja usmerja proti negativnemu polu. Svetlobni valovi nastajajo iz električnih elementarnih valov in prekrivajo površino negativne plošče pola ter ovijejo konico negativnega pola. V 11. poglavju opisano razlago električnega toka potrjuje nastanek kolobarjev ali okroglih madežev na elektrodi. Če je ena elektroda plošča, druga pa konica, potem središče kolobarja sovpada s podaljškom konice. (Svetlobni) madež na pozitivni plošči je v razredčenem zraku živo moder in večji kot na atmosferskem zraku. (Toplotni) madež na negativni plošči je sestavljen iz zrn platine in je v razredčenem zraku večji kot v vakuumu. Svetloba se laže širi v redkejšem, toplota pa v gostejšem zraku. Madež je tem bolj bel, čim tesneje delci platine ležijo drug na drugem in tem bolj vijoličen, čim bolj se razmahne svetlobno nihanje. Svetlobni lok med poloma obdrži obliko elementarnih valov v vodniku in ima pri

VII. On the Electro-Chemical Polarity of Gases.
By W. R. Grove, Esq., M.A., F.R.S.

Received January 7.—Read April 1, 1852.

THE different effect of electricity upon gases and liquids has long been a subject of interest to physical inquirers. There are, as far as I am aware, no experiments which show any analogy in the electrification of gases to those effects now commonly comprehended under the term electrolysis. Whether gases at all conduct electricity, properly speaking, or whether its transmission is not always by the disruptive discharge, the discharge by convection, or something closely analogous, is perhaps a doubtful question; but I feel strongly convinced that gases do not conduct in any similar manner to metals or electrolytes.

In a paper published in the year 1849*, I have shown that hydrogen or atmospheric air intensely heated, showed no sign of conduction for voltaic electricity even when a battery of very high intensity was employed.

In the Eleventh, Twelfth and Thirteenth Series of FARADAY'S Experimental Researches, the line of demarcation between induction across a dielectric and electrolytic discharge is repeatedly adverted to; induction is regarded as an action on contiguous particles, and as a state of polarization anterior to discharge, whether disruptive, as in the case of dielectrics, or electrolytic, as in electrolytes. §§ 1164—1298—1345—1368, &c.

Mr. GAUSS, in a paper published in the year 1845†, has shown that the static effects, or effects of tension, produced by a voltaic battery, are in some direct ratio with the chemical energies of the substances of which the battery is composed. In other words, that in a voltaic series, whatever increases the decomposing power of the battery when the terminals are united by an electrolyte, also increases the effect of tension produced by it, when its terminals are separated by a dielectric.

In none of the above papers, and in no researches on electricity of which I am aware, is there any experimental evidence that the polarization of the dielectric, or may be chemical in its nature, that, assuming a dielectric to consist of two substances having antagonist chemical relations, as for instance, oxygen and hydrogen; the particles of the oxygen would be determined in one direction, and those of the hydrogen in the other; the only experimental result bearing on this point which I am acquainted, is the curious fact which was observed by Mr. GAUSS, at

* Philosophical Transactions, 1849, p. 35.

† Philosophical Transactions, 1845, p. 29.

Slika 7: Naslovnica Grovejeve razprave o odkritju razprševanja kovin (Phil. Trans. 142 (1852) str. 87)

slabih vodnikih veliko plasti. Tam kjer se srečajo pozitivni in negativni električni valovi, se na pri vrhu konveksno krivijo".³⁶

Nedvomno je Robida opazoval katodno razprševanje, saj se je material odlagal na pozitivni elektrodi in izhajal iz negativne konice.³⁷ Zaradi Grailichove kritike to Robidovo delo ni imelo posebnega odmeva. Veliko večji vpliv je imela Robidova poznejša atomistika in še posebno polemika s Clausiusom v znameniti fizikalni reviji iz Leipziga,³⁸ ki je gotovo vplivala tudi na njegovega nekdanjega gimnazijskega dijaka Stefana. Ta se je prav tedaj začel uveljavljati na Dunaju, kjer je nasledil zgodaj umrlega Robidovega kritika Grailicha.

Vibrations-Theorie der Elektrizität.

Von Professor Karl Robida.

—♦—♦—♦—

INHALTSGEBIETH.

Die bestehende Fluidumhypothese der Elektrizität, mag man sie nach Franklin oder nach Symmer analoge, kann den Physiker nicht befriedigen, und zwar wegen der Inconsequenz bei der daraus geschöpften Erklärung mancher Erscheinungen, z. B. jener des Elektrophors; ferner wegen der Unmöglichkeit irgend eine Erklärung vieler Erscheinungen aus dieser Hypothese zu geben, z. B. der elektrischen Induction, der elektrischen Wirkungen; endlich wegen des Widerspruchs, in welchem manche Erscheinung mit den Grundgesetzen dieser Hypothese steht, z. B. die innige Berührung der Elektromotoren, somit auch der geweckten ungleichnamigen Elektrizitäten und dementsprechend keine Neutralisirung dieser Elektrizitäten.

Drei Bedenken haben mich veranlasst, auf eine Theorie der Elektrizität zu sinnen, welche sich der Naturwissenschaft besser anschliesst und von den berührten Mängeln frei ist. Seit Anfang des laufenden Jahres habe ich die Vibrations-Theorie der Fluidumhypothese substituiert, und die elektrischen Erscheinungen aus ihr zu erklären versucht. Bei diesen Versuchen schien mir manche Erscheinung mit Schwingungen unvereinbar, und ich war öfters daran, diese Theorie wieder aufzugeben. Allein sie drängte sich mir neuerdings auf, und bei längerem Nachdenken fand ich die unmöglich scheinende Erklärung. Meine Vibrations-Theorie lautet: Die elektrischen Erscheinungen beruhen auf entgegengesetzten Longitudinalschwingungen der Theilchen elektrischer Körper in der Fortpflanzungsrichtung der Elektrizität.

1857. Jahrgang.

Slika 8: Naslovnica Robidove razprave o vibracijski teoriji elektrike, tiskane v Izvestjah gimnazije Celovec leta 1857)

7. Sklep

Slovenske dežele v preteklosti in še posebej v drugi polovici 18. stoletja niso bile zelo oddaljene od osnovnih tokov razvoja fizike. Tudi v raziskovanju vakuuma smo tvorno sodelovali v evropskem in svetovnem pretoku idej. Enega največjih uspehov pa so slovenski raziskovalci vakuuma dosegli sredi preteklega stoletja v delu Stefanovega gimnazijskega učitelja fizike Robide, benediktinca iz Male vasi pri Ježici, ki ga omenjajo tudi podrobnejše zgodovine fizike.

36 Robida, n.d., 1857, str. 31-33.

37 Robida, n.d., 1857, str. 31.

38 Robida, Zur Theorie der Gase, Z. Math. Phys. 9 (1864) str. 218-221; Rudolf Clausius (1822-1888), Ueber den Einfluss der Schwere auf die Bewegungen der Gasmoleküle, Z. Math. Phys. 9 (1864) str. 375-376; Robida, Einige Bemerkungen zur Abhandlung des Prof. Dr. Krönig in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. 123, S. 299 ff.: "Condensation der Luftarten", Z. Math. Phys. 10 (1865) str. 227-232.