

HOČEVARJEVI VAKUUMSKI POSKUSI

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Franc Hočevar je bil poglaviti belokranjski znanstvenik; čeprav spada večina njegovih del k matematiki, je objavil nekaj fizikalnih razprav o električnih poskusih z uporabo vakuumskih tehnik. Z njimi je marsikje oral ledino pri novih prijemih za poučevanje dijakov in prispeval k temeljnemu poznanju vakuumskih tehnik v povezavi z uporabo Geisslerjevih vakuumskih elektronk v elektroforju.

Gljučne besede: Franc Hočevar, Metlika, zgodovina vakuumskih tehnik, zgodovina elektrike

Hočevar's vacuum experiments

ABSTRACT

Franz Hočevar was the most successful scientist from White Carniola. His main works belonged to mathematics, but he also published several physics papers about electrical experiments using the modern vacuum technique. He used innovative techniques in his pedagogical achievements and considerably improved vacuum techniques of his times with the early use of the Geissler vacuum tubes in the electrophorus.

Keywords: Franz Hočevar, Metlika, History of Vacuum Technology, History of Electricity

1 UVOD

Vakuumska tehnika se je že pri Guerickejevih začetkih prepletala s preizkušanjem električnih naprav; tako je Otto Guericke dejansko izumil temeljni napravi za obe področji. Najpomembnejša londonska izdelovalca vakuumskih črpalk, Hauksbee in Ramsden, sta Guerickejevo elektrostatsko trenje izboljšala v sodobno napravo s ploščami,¹ v leidenski Musschenbroekovi tovarni vakuumskih črpalk oziroma v univerzitetnem laboratoriju čez cesto pa je nastala Musschenbroekova leidenska steklenica kot prvi električni kondenzator. Prepletanje vakuumskih in električnih raziskav se je nadaljevalo v 19. stoletju s poskusi ljubljanskega profesorja Hummela in Belokranjca Hočevarja, ko se je v Geisslerjevih vakuumskih elektronkah končno zliilo v enovito področje raziskav, ki še trajajo.

2 HOČEVAR V LJUBLJANI

Franc Hočevar je bil sin okrajnega komisarja in sodnega pristava v Metliki; glede na priimek je bil morda kočevskega rodu. Z njim smo stoletja po Klemenu Kukcu dobili še drugega velikega metliškega matematika in fizika. Med letoma 1864 in 1871 je

obiskoval gimnazijo v Ljubljani pri priljubljenem matematiku Nejedliju;² seveda bi si lahko privoščil precej bližjo novomeško frančiškansko gimnazijo s prvovrstnim fizikom Bernardom Vovkom, ki je vzgojil Ignaca Klemenčiča, vendar je Hočevarjev oče imel dovolj pod palcem, da je lahko sinu privoščil kar najboljši pouk.

Josip Nejedli iz Prage ni bil le matematik, temveč obenem še eden pomembnejših ljubljanskih filozofov. V Ljubljano je prišel že kot priznan raziskovalec in pedagog pri enainštiridesetih letih; ljubljanske gimnazijce je mučil z matematiko polnih triindvajset let. V svojih prvih ljubljanskih letih je sodeloval s fizikom in ravnateljem Mitteisom. Kmalu za Nejedlijem je na ljubljansko gimnazijo prišel še matematik in fizik dr. Jakob Rumpf iz Gradca, tako da so bile matematične vede izredno dobro pokrite. Skupaj z njima je nekaj časa na ljubljanski gimnaziji poučeval še suplent Zindler, ki je pozneje, leta 1870, v Poročilih gimnazije Senj objavil razpravo o aritmetiki in teoriji števil. Opisal je nov izrek o povezavi periodičnih desetiških ulomkov z navadnimi ulomki. Pozneje je bil Nejedliju na ljubljanski gimnaziji najbližje Matej Vodušek, ki je objavljajl zanimive matematično dobro podprte raziskave teorijske astronomije v gimnazijskih izvestjih in v knjigah. Vodušek je bil sicer profesor klasičnih jezikov; pred njim se je že ljubljanski profesor klasičnih jezikov Karl Grünwald uspešno ukvarjal z astronomijo, vendar bolj z opazovanjem kot s teorijo.

V ljubljanskih gimnazijskih Poročilih je Nejedli objavil številne razprave o algebrski analizi. Leta 1863 je obravnaval Eulerjev postopek za reševanje nedoločenih enačb prvega reda. Močnikovo obravnavo Cauchyjevih metod je leta 1865 dopolnil z razpravo o Budarjevih in Hornerjevih algoritmihi za reševanje numeričnih enačb višjih redov. Leta 1868 je razstavljal racionalne funkcije na delne ulomke. Leta 1870 je pisal o večkratnih in poljubnih vrednostih, leta 1874 pa o kvadratni enačbi. Leta 1882 je objavil svojo zadnjo razpravo o teoriji zaznave, s katero je seveda globlje posegel v filozofske vede. Podobno filozofsko delo je leta 1878 v ljubljanskem gimnazijskih izvestjih objavil njegov sodelavec H. M. Gartenauer; komentiral ga je sloviti Wallentin. Povezava matematike s filozofijo ima v Ljubljani tako že dolgo tradicijo. Najboljši Nejedlijev ljubljanski dijak je bil ravno Franc Hočevar.³

¹ Ganot, 1886, 692

² Razpet, 2009, 136

Hočevar je kot mlad gimnazijec do leta 1866 poslušal fizikalna predavanja pri ravnatelju Heinrichu Mitteis, nato pa se je Mihael Wurner med letoma 1868/69–1887/88 kot znamenit meteorolog vrnil na ljubljansko klasično gimnazijo in postal Hočevarjev profesor fizike v zadnjih letnikih. Wurner je študiral naravoslovje in matematiko na Dunaju istočasno z Jožefom Stefanom med letoma 1853–1856; tam se je navzel zanimanja za nove vakuumske tehnike pri preučevanju molekul in meteorologije, ki ga je prenesel tudi na dijaka Hočevarja.

3 ŠTUDIJ NA DUNAJU

Hočevar je po Wurnerjevem zgledu študiral na dunajski univerzi pri Stefanu in Boltzmannu; slednji je bil kot Mothov naslednik imenovan za rednega profesorja matematike na dunajski univerzi (30. 8. 1873) v nasprotju z upi njegovega tekmeca za dunajsko katedro Antona Winklerja iz Prage. Boltzmann je dunajsko katedro obdržal do leta 1876. V poletnem semestru leta 1874 je predaval tri ure tedensko o diferencialnih enačbah in dve uri na teden o mehanski teoriji toplote; pri slednjem je z raziskovanjem prehajanja toplote skozi vakuum tlakoval pot za edini fizikalni zakon, imenovan po Slovencu, in sicer po Boltzmannovem učitelju Stefanu. V zimskem semestru 1874/75 je pet ur na teden predaval o diferencialnem in integralnem računu, v naslednjem semestru pa po tri ure na teden teorijo števil, dve uri na teden pa višjo analizo. Predavanja o integralnem in diferencialnem računu je nadaljeval v naslednjem semestru, ko jim je dodal še vaje v matematičnem seminarju. Boltzmann je potrdil disertacijo, ki jo je Hočevar pripravil na dunajski tehniški visoki šoli pri Antonu Winklerju.⁴ To je bila ena redkih matematičnih disertacij pod okriljem fizika Boltzmann.⁵

Po doktoratu pri Boltzmannu leta 1875/76⁶ je Hočevar postal Winklerjev asistent na dunajski tehniški visoki šoli. Malo po Hočevarju je Dolenjec Ignac Klemenčič iz Trebnjega leta 1879 doktoriral pri Boltzmannu z raziskovanjem vedenja stekla po razbremenitvi;⁷ Boltzmann je bil tisti čas znova profesor v Gradcu.

Pod Boltzmannovim in Stefanovim vplivom je Hočevar v zgodnjih 1880-ih letih še vztrajal pri objavljanju fizikalno obarvanih razprav z vakuumskimi poskusi, še posebej po prehodu s položaja dunajskega asistenta v službo gimnazijskega profesorja v Inns-



Slika 1: Hočevarjev portret

bruck. Tam je imel na razpolago zavidanja vreden fizikalni kabinet, v katerem je postavil več odmevnih poskusov z Wheatstonovim mostom, s Holtzovim elektroforjem in z Geisslerjevimi vakuumskimi elektronkami. Pisal je matematično-fizikalne razprave o funkciji gama, Varignovem teoremu in Hamiltonianu, po letu 1882 pa se je z izjemo nekaj pedagoško usmerjenih razmišljanj povsem posvetil čisti matematiki. Svoje raziskave vakuumskih tehnik v elektriki je začel ob odprtju mednarodne razstave na Dunaju leta 1873, končal pa jih je desetletje pozneje ob še bolj pomembni tretji mednarodni električni razstavi na Dunaju leta 1883, ki jo je po tehniški in znanstveni plati vodil Jožef Stefan.

4 NA TIROLSKEM IN MORAVSKEM

Od leta 1879 do 1891 je bil Hočevar profesor na gimnaziji v Innsbrucku, kjer je bil leta 1883 habilitiran za privatnega docenta na univerzi; pomagala so mu poznanstva s tamkajšnjimi matematiki,⁸ podpora fizika Pfaundlerja in odmevne objave pri dunajski akademiji. Desetletje pozneje je innsbruško univerzitetno katedro za fiziko po Pfaundlerjevemu nasledniku Ernstu Lecherju prevzel Hočevarjev dolenjski rojak Ignac Klemenčič leta 1895; Lecher je v Innsbrucku leta 1882 preverjal Kirchhoffov in poznejši Stefanov zakon sevanja. Tako je bil Innsbruck Hočevarjevih in Klemenčičevih dni dejansko eno pomembnejših

³ Razpet, 2009, 136

⁴ Höflechner, 1994, 1: 38, 46

⁵ Boltzmann, 1994, 1: 46; Dick, Kerber, 1993, 35

⁶ Razpet, 2009, 136

⁷ Razpet, 2009, 137

⁸ Razpet, 2009, 137

središč uporabe novih vakuumskih tehnologij na temeljih dolge tradicije, saj so pouk v Innsbrucku tako na srednji kot na univerzitetni stopnji zelo uspešno vodili jezuiti, ki so sredi 18. stoletja zasnovali fizikalni kabinet z vakuumskimi napravami. Med jezuitskimi dijaki v Innsbrucku je bil celo prenekateri prihodnji habsburški cesar.

Klemenčič je pozneje odšel v Innsbruck tako kot Hočevar, saj v Gradcu sprva ni bilo kruha za nobenega od njiju. Graške šole so bile namreč tisti čas še posebej politično naostrene zaradi porajajočih se nasprotij med Nemci in Slovenci, tako da zaveden Slovenec ni zlahka dobil službe na graški univerzi. Leta 1891 je Hočevar postal izredni profesor matematike na nemški tehniški visoki šoli v Brnu; leta 1894 je napredoval v rednega profesorja. Že naslednje leto 1895 so ga poklicali na graško Tehniško visoko šolo, kjer je predaval matematiko do smrti.⁹ Katedro je dobil, čeprav je minister Kleeman nekaj let pred tem pojasnil Boltzmannu in poslancu Franu Šukljetu, da Klemenčiču kot zavednemu Slovencu ne sme zaupati položaja Boltzmannovega naslednika na katedri za fiziko graške univerze; takšno imenovanje je imelo veliko politično težo v nestalnem ravnovesju med nemškimi in slovenskimi nacionalisti v mestu. Namesto Klemenčiča je položaj v Gradcu dobil Pfaundler leta 1890/91; možak je bil sicer Hočevarju zelo blizu, saj je njegove fizikalne razprave predstavljal dunajski akademiji. Kmalu je Pfaundlerju v Gradec sledil še Hočevar, čeprav ne na univerzo, temveč na tehniko. Hočevar je na tehniki dolga leta opravljal funkcijo dekana strojne fakultete;¹⁰ malo pred smrtjo je dobil uradni častni naslov cesarskega dvornega svetnika¹¹ v cesarstvu, ki je pravzaprav že šlo po gobe. V drugih okoliščinah bi svetniška čast Hočevarju odprla pot do plemiškega naslova, ki pa je po vojni izgubil pomen.

Leta 1881 je Hočevar v Poročilih innsbruške gimnazije objavil razpravi o kombinatoriki in teoriji deljivosti celih števil. Od leta 1876 do 1907 je pri dunajski akademiji dal natisniti številne razprave o diferencialnem in integralnem računu, ki se ga je naučil pri Boltzmannu. Napisal je še tri razprave o algebri, po eno pa o teoriji števil, kombinatoriki, vrstah in analitični geometriji prostora. Veliko je objavljal v *Monatshefte für Mathematik und Physik*, podobno kot pozneje Plemelj. Razmišljal je o celi vrsti področij od srednješolskega pouka matematike do mehanike in elektrotehnike, predvsem pa o diferencialnem računu, algebri, teoriji števil, numerični

analizi, analitični geometriji v prostoru, neskončnih vrstah in produktih.¹² Zaslovel je predvsem s pisanjem učbenikov; od leta 1886 dalje je z njimi zaobsegel vsa področja matematike, prirejena za različne vrste in stopnje srednjih šol. David Segen je Hočevarjeve učbenike priredil za Hrvate, Bosutić pa za Bosance; oboji so jih uporabljali še po prvi svetovni vojni. Zaradi težav pri uvajanju slovenščine v habsburške srednje šole niso izdali slovenskih prevodov Hočevarjevih učbenikov pred letom 1910, pozneje pa so prevladale priredbe Močnika.

Hočevar se je zavzemal za uvedbo poučevanja odvodov in integralov pri pravilni obravnavi srednješolskih fizikalnih problemov po idejah Felixa Kleina. V prispevku *Ali gre uvajati elemente infinitesimalnega računa v srednje šole ali ne?* je najprej orisal poučevanje matematike na avstrijskih univerzah, visokih tehniških in srednjih šolah vključno z izobraževanjem profesorjev. Dokazoval je, da je treba v teorijo funkcij vpeljati odvod in integral; predlagal je skrčenje nekaterih vsebin na račun novih.¹³ Devetdeset let in en dan po smrti so mu rojaki Metličani odkrili spominsko ploščo v sodelovanju z Društvom matematikov, fizikov in astronomov, občino Metliko in z Belokranjskim muzejskim društvom na pobudo metliškega učitelja matematike Jožeta Vraničarja 20. 6. 2009.¹⁴

5 HOČEVAR O HOLTZOVEM INFLUENČNEM STROJU IN GEISSLERJEVIH VAKUUMSKIH ELEKTRONKAH

Temelje influenčnega stroja so ob vakuumskih in električnih poskusih zasnovali Hallersteinovi jezuiti v Pekingu. Evropsko inačico influenčnega stroja je prvi objavil A. Volta leta 1775 in si s tem pridobil srednješolsko katedro v Comu kot jezuitom močno naklonjeni predavatelj; vmes je v močvirjih Lago Maggioreja izoliral plin metan z vakuumskimi postopki. Leta 1792 si je v Parizu ogledal vakuumske poskuse Lavoisierja in Laplacea; mimogrede si je pridobil še zunanje članstvo v Pariški akademiji in londonski Kraljevi družbi.¹⁵

Med Ilirskimi provincami so se Voltova odkritja hitro uveljavila v Ljubljani, saj je Kersnik elektrofor že leta 1811 uvrstil med električne in vakuumske naprave svojega fizikalnega kabineta. Hummel je leta 1833, tik preden je postal Kersnikov sodelavec matematik na ljubljanskem liceju, objavil razpravo o preprostem elektroforju za zbiranje električnega naboja s

⁹ Razpet, 2009, 137

¹⁰ Razpet, 2009, 138

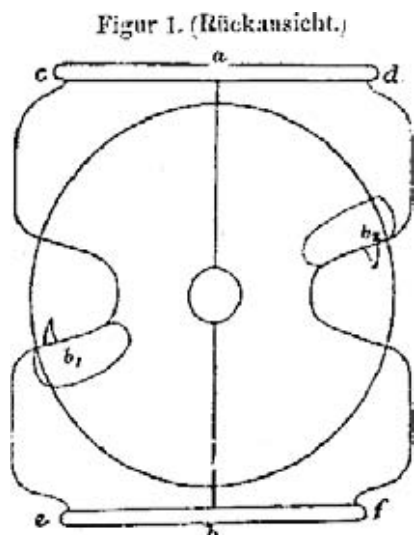
¹¹ Povšič, 1978, 7

¹² Razpet, 2009, 139

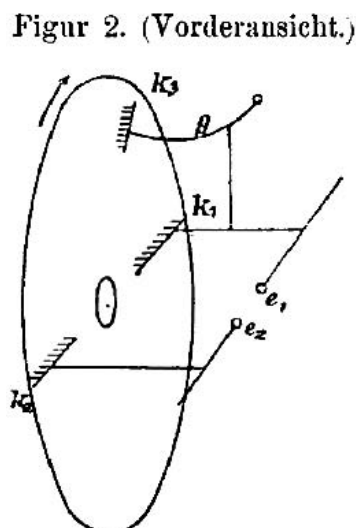
¹³ Hočevar, 1881, 79

¹⁴ Razpet, 2009, 138

¹⁵ Segre, 1086, 197–198; Ganot, 1886, 691



Slika 2: Hočevarjeva skica Holtzove influenčne naprave (Hočevar, 1881, 709)



Slika 3: Hočevarjeva skica Holtzovega elektroforja (Hočevar, 1881, 710)

trenjem¹⁶ v Baumgartnerjevem in Ettingshausnovem prvem časopisu za matematično-fizikalne vede v habsburški monarhiji. Za pridobivanje statične elektrike je uporabljal mačjo dlako, predvsem pa ga je zanimala naravna elektrika molekul, ki se sprosti ob trenju v vakuumu.¹⁷ Leidensko steklenico je imenoval po Kleistu in prevajal njeno elektriko z uporabo zaklopk, razvitih z vakuumsko tehnologijo. Steklenico je izoliral s smolo in polnil s Pfaffovo mešanico vključno z beneškim terpentinom;¹⁸ zdravnik Pfaff je zagovarjal Voltovo teorijo elektrolize, leta 1801 pa je postal redni profesor medicine, kemije in fizike v Kielu.¹⁹ Hummel je delovanje električne baterije povzel po Gehlerjevem učbeniku,²⁰ raziskavah Lichtenberga in Erxlebena; pozneje jo je uporabljal v ljubljanskem Kersnikovem kabinetu. Zanimal ga je najvišji možni naboj naelektritve Voltovega elektroforja, ki ga je meril z Voltovim elektroskopom na zlate lističe. Iskal je geometrijsko obliko elektroforja, ki bi omogočala največji učinek. Po odhodu iz Ljubljane leta 1850 je Hummel predaval fiziko na graški univerzi kot predhodnik Boltzmann in Töplerja; slednji je prav tako razvijal elektrofor in vakuumске črpalke.

Poznejši goriški fizik in Boltzmannov svak Šantel je v Gradcu poslušal Töplerjevo eksperimentalno fiziko, ki je slovela predvsem zaradi Töplerjeve vakuumske črpalke, zasnovane za razpisano nagrado 1000 mark. Vendar je Töpler pospravil le pol denarja, saj je

Geissler istočasno izumil morebiti celo boljšo črpalko; pri izumu influenčnega kolovrata pa je bil Töplerjev tekmeč Berlinčan A. W. Holtz, ki je s svojo napravo dajal večje iskre, čeprav je bila občutljiva na vlago in je zahtevala začetno naelektritev. Holtz je bil v času svojega izuma profesor fizike v Halleju in nato od leta 1884 v Greifswaldu.²¹ Uporabil je dvojni elektrofor, ki ga je Lichtenberg sestavil kmalu po Voltovem izumu, prav tako pa ojačevalnik (podvojevalnik) elektrike pastorja iz Bentleyja Abrahama Benneta. Anglež italijanskega rodu in Voltov dopisnik Tiberius Cavallo je prvi postavil plošči elektroforja pravokotno drugo na drugo v obliki pomnoževalke, Anglež Nicholson pa je povečal učinkovitost plošč s srebrnim premazom; Nicholsonove knjige je Žiga Zois bral na Bregu v Ljubljani, kjer ga je pogosto obiskoval profesor fizike Kersnik. Voltov mlajši sodelavec, pavijski profesor fizike Giuseppe Belli, je leta 1831 sestavil vrtljiv elektrofor in odkritje objavil v Benetkah; leta 1865 in 1867 je svoje izboljšave predlagal poznejši graški profesor August Töpler. Leta 1869 je Poggendorff iz Holtzovih idej sestavil prednika sodobnega dinama Zénobeja Théophila Grammeja.²² Töpler je svoje vreteno za sprožanje meter dolgih električnih isker poslal na svetovno razstavo v Pariz; žal se je naprava po poti strla.²³

Holtz je raziskoval obliko iskre pri razelektritvi,²⁴ namesto vodnika pa je v prostor razelektritve postavil

¹⁶ Hummel, 1833, 213–235

¹⁷ Hummel, 1833, 214, 218

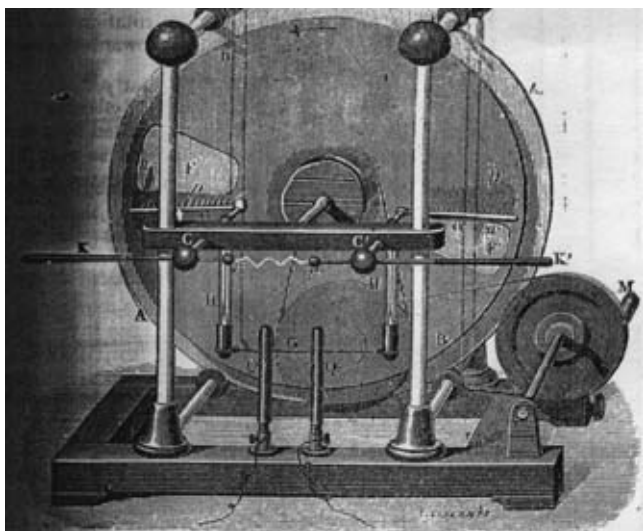
¹⁸ Hummel, 1833, 221, 222

¹⁹ Rosenberger, 1890, 286

²⁰ Hummel, 1833, 224–225

²¹ Rosenberger, 1890, 803

²² Rosenberger, 1890, 802–803; Holtz, 1865, 126: 157; Poggendorff, 1865, *Ann. Phys.* 135: 469; Töpler, 1867, *Ann. Phys.* 127: 178; Poggendorff, 1869, *Ann. Phys.* 139: 513



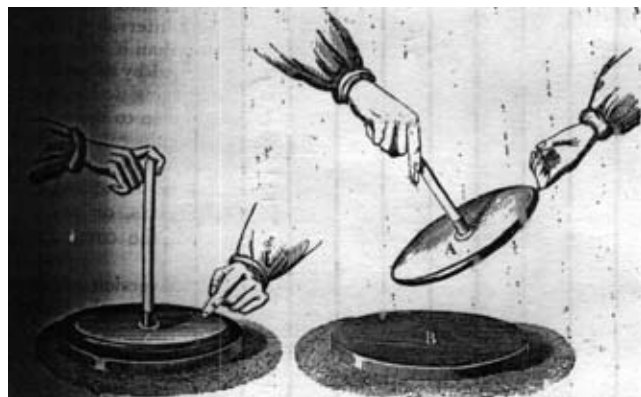
Slika 4: Holtzov elektrofor (Ganot, 1886, 697; Holtz, 1865, 192/193 (sl. 1, tab. 1))

nedavno, leta 1854/55 izumljeno Geisslerjevo vakuumsko elektronko. Notranjost elektronke je zasvetila s stalno šibko modrikasto svetlobo, podobno, kot če bi priostreni elektrodi zelo približali drugo drugo. Pri velikem naboju ali ob njegovem osredinjenju na omenjeno majhno ploskev je vakuumska elektronka svetila dovolj izrazito, da je bila razelektritev zlahka opazna celo pri belem dnevu.

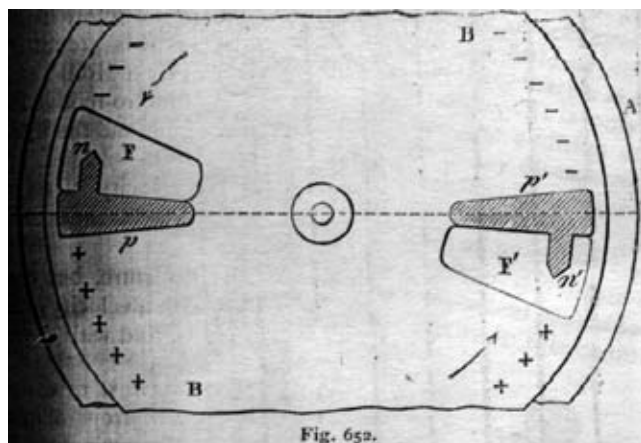
Holtza so zanimali tudi fiziološki učinki, zato je vakuumsko elektronko nadomestil s človeškim telesom, ne da bi se zavedal morebitnih nevarnosti ob segrevanju, merjenem s termometrom na zrak Petra Theophila Riessa. Nato je vakuumsko elektronko zamenjal še s fosforjem, ki je prav tako zažarel. Preverjal je kemične učinke razelektritve in meril magnetne pojave s spiralno napravo Emila Stöhrerja, izumljeno leta 1844.²⁵ Po domislicah berlinskega profesorja fizike dr. A. Paalzowa je sestavil še manjši elektrofor.²⁶ Urednik Holtzove razprave Poggendorff se je seveda spomnil, da je že sam opisal podobno napravo v mesečnem akademskem poročilu, na kratko pa je tovrstne poskuse povzel tudi Töpler v Poggendorfovi reviji *Ann. Phys.*²⁷

Poldrugo desetletje za Holtzom je 31. 3. 1881 innsbruški gimnazijski profesor Hočev var dopolnil Holtzove raziskave. Ker Hočev var ni bil akademik, je svoje delo dunajski akademiji predložil preko svojega pokrovitelja, profesorja L. Pfaundlerja z univerze v Innsbrucku. Pfaundler je bil seveda voljan pomagati,

saj je Hočev var domiselno opisal poskuse s Holtzovim influenčnim strojem oziroma elektroforjem, s katerim sta se pred njim ubadala Hummel in Holtz; to je bila poleg razprav o mehaniki in Wheatstonovem mostu edina Hočev varjeva eksperimentalna fizikalna razprava.²⁸ Hočev varjev mentor Pfaundler je bil ugledni vitez železne krone 3. razreda, nosilec zlatega križca s krono za zasluge in član mnogih akademij in društev. Privoščil si je izdajanje svojega lastnega *Compendiuma der Experimentalphysik*, kjer je med drugim objavil izum živosrebrne vakuumske črpalke A. Štandla, zasnovan leta 1883 tako, da je padajoče živo srebro črpalo zrak iz posode. Na graškem fizikalnem inštitutu je Pfaundler takoj po Röntgenovem odkritju snemal rentgenske fotografije,²⁹ 21. 1. 1896 pa je na seji dunajske akademije objavil rentgenske fotografije igle v dlani za potrebe kirurgije z osvetlitvami, dolgimi od 15 do 20 minut.³⁰ Vsekakor je bil Pfaundler za



Slika 5: Voltov elektrofor (Ganot, 1886, 691)



Slika 6: Skica delovanja Holtzovega elektroforja (Ganot, 1886, 69; Holtz, 1865, 192/193 (sl. 2–5, tab. 1))

²³ Anton Šantel, 2006, 400, 421, 427–428

²⁴ Holtz, 1865, 168, 192/193 (fig. 4 tab. 1)

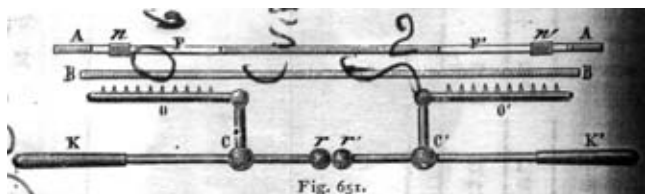
²⁵ Holtz, 1865, 169; Rosenberger, 1890, 281

²⁶ Holtz, 1865, 171; Rosenberger, 1890, 668

²⁷ Holtz, 1865, 157; Poggendorff, april 1865, *Monatsberichte der Akademie*; Töpler, *Ann. Phys.* 125: 469

²⁸ Povšič, 1978, 8

²⁹ Šubic, 1896, 187



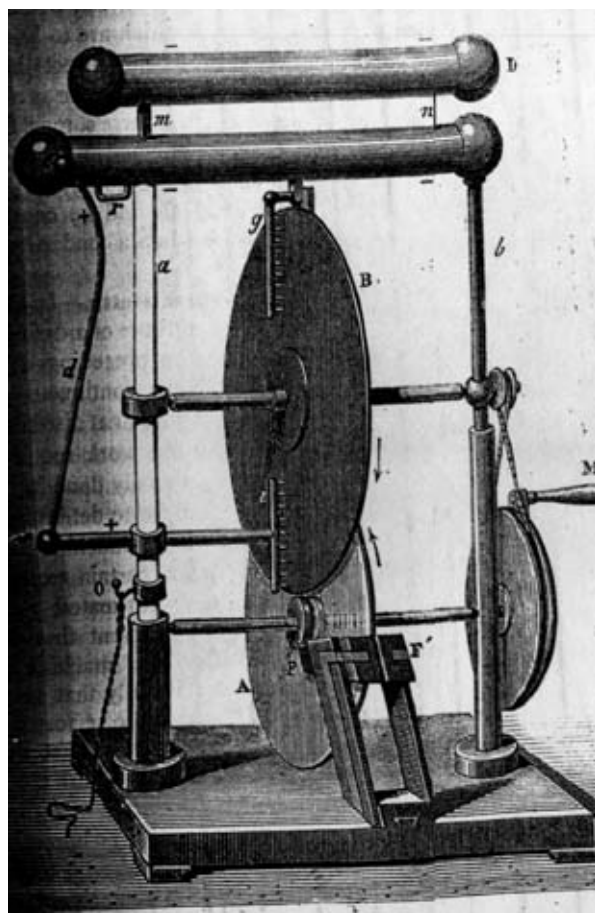
Slika 7: Skica delovanja Holtzovega elektroforja (Ganot, 1886, 698)

Hočevarja nadvse dobrodošel vir podatkov o najnovejših vakuumskih tehnikah, predvsem pa vplivna zveza za Hočevarjevo pridobitev visokošolske katedre.

Hočevar je uporabil Holtzov influenčni stroj (elektrofor) z neenakima ploščama premera 60 cm na razdalji 3 mm;³¹ tiste dni je bil gimnazijski profesor v Innsbrucku in si je napravo omislil kar v domačem laboratoriju. Holtzova naprava so še do nedavna s pridom uporabljali v srednješolskih predavalnicah,³² saj so dobljene napetosti večje od navadnih elektrostatskih kolovratov ali baterij odkritelja naprševanja Groveja po meritvah Rudolpha Kohlrauscha in Rossettija. Električni tok iz Holtzove naprave je bil skoraj sorazmeren hitrosti vrtenja. Težavo je občasno zakuhala mokrota, ki je ovirala iskrenje Holtzove naprave, vendar jo je pariški strokovnjak nemškega rodu Ruhmkorff ugnal z nekaj kapljicami petroleja. Carré je uspešno dopolnil Holtzovo napravo s trenjem kolovrata in izboljšal rezultate brez neljubih problemov z vlago.³³

Hočevar je po Holtzovem namigu postavil Geisslerjevo katodno elektronko med pola Holtzovega influenčnega stroja in tako opazoval razelektritev v vakuumu. Hočevarjev opis Holtzovega elektroforja z vakuumsko Geisslerjevo elektronko je vzbudil obilo pozornosti; v vodilni berlinski fizikalni reviji ga je povzel tedaj še rosno mladi Otto Lummer, ki je pozneje med letoma 1896 in 1899 v Berlinu zaslovel s preverjanjem Stefanovega zakona ob meritvah sevanja električno segrevanega votlega platinastega valja v vakuumu.

Vlacovich je v Kopru in Trstu elektriko pridobival z generatorjem Carla Winterja,³⁴ ki je svoji plošči prvič sestavil leta 1869 na Dunaju kot izboljšavo Holtzovega izuma.³⁵ Enak Winterjev pripomoček je leta 1852 Robida kupil za svoj fizikalni kabinet v Celovcu, kjer je pozneje učil Jožefa Stefana; Hočevar si je Winterjevo izboljšavo Holtzove naprave nemudoma nabavil v Innsbrucku. Burni razvoj elektroforjev Hočevarjevih dni je kronal Van de Graaffov generator



Slika 8: Carréjeva izboljšava Holtzovega elektroforja (Ganot, 1886, 701)

leta 1931; med letoma 1953 in 1957 so ga sestavili na Institutu »Jožef Stefan« v Ljubljani.

6 HOČEVAR O WHEATSTONOVEM MOSTU

Vlacovich in Klemenčič sta prva med slovenskimi fiziki merila hitrost elektromagnetne motnje v vakuumu in v snovi. Prvo uporabno meritev hitrosti elektrike je izpeljal Anglež Wheatstone leta 1834 in 1835. Pomembne meritve so se Dolenjcu Klemenčiču posrečile leta 1884 v Gradcu malo po Maxwellovih razpravah o enotni naravi elektromagnetnih in svetlobnih valov v vakuumu. Wheatstone ni omenjal Vlacovicha ali Klemenčiča, čeprav je objavljaj celo v francoščini ob zavidljivem znanju italijanščine in nemščine, kar je bilo med tedanjimi britanskimi elektrotehniki Faradayevega kroga izjemno redko.

Faraday je na svojih predavanjih kazal le lastne in Wheatstoneove poskuse, saj se je Wheatstone težko odločal za javne nastope zaradi sramežljivosti, čeprav

³⁰ Glasser, 1959, 186

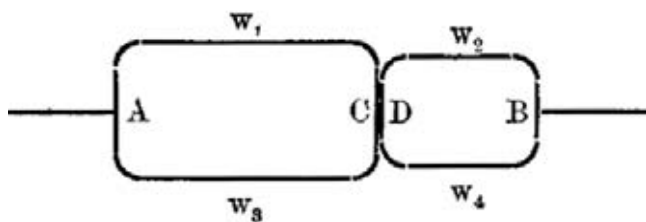
³¹ Ganot, 1886, 698

³² Opomba profesorja Rasta Snoja z Vegove gimnazije v Ljubljani

³³ Ganot, 1886, 199, 700–702

³⁴ Vlacovich, 1862, 57

³⁵ Hočevar, 1881, 179



Slika 9: Hočevarjeva skica Wheatstoneovega mostu (Hočev-
var, 1882, 468)

je seveda predaval svoje Bakerove lekcije.³⁶ Nekoč jo je baje »po francosko« odkuril tik pred svojim lastnim napovedanim predavanjem; polno dvorano radovednih obiskovalcev je pustil z dolgimi nosovi. Skupaj z Babbagom je obsojal znanstvenike, ki bi se udeleževali spiritističnih seans. Kljub temu je leta 1880 ob Faradayevem predavanju v *Royal Institutionu* sedel ob spiritizmu naklonjenem vakuumistu Crookesu, za Crookesom pa je bil bradati Charles Darwin.³⁷ Wheatstone je skupaj z bratom prodajal vakuumske in druge fizikalne naprave v Londonu.³⁸ V *King's Collegeu* je usmerjal posamezne študente v eksperimentalne vede; predaval je bore malo, če sploh kaj, brezmejno sramežljiv zaradi svoje majhne postave. Nihal je med znanostjo in poslom, pri čemer je po mladostnih znanstvenih snovanjih zašel predvsem v izboljševanje vakuumskih merilnih tehnik. Po Chladniju je sestavil valovno napravo za prikaz vozlov valovanja, ki sta si jo v Londonu ogledala Geisslerjev bonnski sodelavec vakuumist Plücker leta 1848 in P. A. Secchi naslednje leto. Sprva je Wheatstone meril hitrost zvoka, nato pa se je lotil hitrosti svetlobe in elektrike. Opozoril je na možnost obstoja dveh električnih fluidov in o rezultatih poročal družbi *Royal Society* 14. 7. 1834, o njegovem delu pa je W. H. Fox Talbot pisal za *Philosophical Magazineu*. Seveda Wheatstone v *King's Collegeu* ni imel dovolj prostora za odločilni poskus s hitrostjo elektrike; zato je uporabil postopek z zrcali, ki ga je 15 let pozneje uspešno dopolnil Foucault.³⁹

Hočevar se je svoje razprave o Wheatstonovem mostu lotil takoj za poskusi z Geisslerjevo vakuumsko elektronko med ploščama Holtzovega elektroforja. Čeprav je bil Hočevar tisti čas že v razmeroma odročnem Innsbrucku, se je že čutilo ozračje pričakovanja za leto 1883 napovedane dunajske električne razstave pod vodstvom Hočevarjevega profesorja Stefana; vendar je po Stefanovi razstavi Hočevar svojo znanstveno nadarjenost preusmeril predvsem v matematiko.

³⁶ Bowers, 2001, 21

³⁷ Bowers, 2001, 191, 213

³⁸ Bowers, 2001, 69

³⁹ Bowers, 2001, 43, 57, 59, 61, 68

7 SKLEP

Hočevar je pri svojih zgodnjih vakuumskih poskusih nadgradil dotedanje poznanje elektroforja in zgodnjih vakuumskih elektronk pod blagodejnim vplivom svojih dunajskih profesorjev Stefana in Boltzmann. Čeprav se je pozneje posvetil predvsem matematiki, je uvodoma izpričal zavidljivo fizikalno nadarjenost ob domiselni uporabi Geisslerjevih vakuumskih elektronk. Hočevarjeva hkratna usmerjenost v eksperimentalno vakuumsko tehniko in čisto matematiko ni bila tako nenavadna, kot se morda danes zdi na prvi pogled, saj se je znanstvenega dela na podoben način lotil tudi Geisslerjev sodelavec, bonnski profesor Plücker.

8 SEZNAM OSEB

- Giuseppe Belli (* 1791; † 1860)
 Abraham Bennet (* 1750; † 1799)
 Johann Christian Polykarp Erxleben (* 1744; † 1777)
 Franc Hočevar (* 10. 10. 1853 Metlika; † 19. 6. 1919 Gradec)
 A. Wilhelm Holtz (* 15. 10. 1836 Saatel bei Barth v Mecklenburgu; † 1913)
 Karl Hummel (Carl, * 1801 Šatov (Schattau) na Moravskem; † 1879 Gradec)
 Ignac Klemenčič (* 1853; † 1901)
 Rudolph Kohlrausch (* 1809 Göttingen; † 1858 Erlangen)
 Klemen Kukec (Clemens Kukitz, * okoli 1500 Metlika; † 1541 Dunaj)
 Ernst Lecher (* 1856; † 1926)
 Georg Christoph Lichtenberg (* 1742; † 1799)
 Otto Lummer (* 1860; † 1925)
 Heinrich Mitteis (* 1. 4. 1822 Praga; † 15. 5. 1878 Dunaj)
 A. Paalzow (* 5. 8. 1823)
 Christian Heinrich Pfaff (* 1773 Stuttgart; † 1852 Kiel)
 Leopold von Pfandler (* 1839; † 1920)
 Julius Plücker (* 1801; † 1868)
 Jakob Rumpf (* 1827 Gradec)
 W. H. Fox Talbot (* 1800; † 1877)
 Pierre Varignon (* 1654; † 22. 12. 1722)
 Charles Wheatstone (* 1802; † 1875)
 Michael Werner (* 30. 12. 1829 Ljubljana; † 31. 1. 1891 Feldhof pri Gradcu)

9 LITERATURA

- Bowers, Brian. 2001. *Sir Charles Wheatstone FRS 1802–1875*. London: The Science Museum
- Dick, Auguste; Kerber, Gabriele. 1993. The dissertations prepared under the supervision of L. Boltzmann. *Proceedings of the International Symposium on Ludwig Boltzmann, Rome 1989* (ur. Battimelli, Giovanni; Iannello, Maria Grazia; Kresten, Otto). Vienna: Österreichische Akademie der Wissenschaften, 29–45
- Ganot, A. 1886 (12. izdaja). *Elementary Treatise on Physics*. New York: William Wood and Co. Publishers
- Glasser, Otto. 1959. *Wilhelm Conrad Röntgen*. Springer-Verlag
- Hočevar, Franz. 1881. Über einige Versuche mit einer Holtz'schen Influenzmaschine. *Wien Ber. (Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Wien) Mat. nat. II.* 83: 709–715. Recenzije: Lummer, Otto. 1881. *Die Fortschritte der Physik* (Berlin). 37: 902; *Anzeiger der k. Akademie der Wissenschaften, Wien*, 18, 1881, s. 79–80; *Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie*, 1881, 801

- Hočevar, Franz. 1881. Über das Combiniren zu einen bestimmten Summe. Zur Lehre von der Theilbarkeit der ganzen Zahlen (30 strani). *Programm des k. k. Gymnasiums zu Innsbruck*. Recenzija: Lazarus. 1881. *Jahrbuch über die Fortschichte der Mathematik*, Berlin, 152
- Hočevar, Franz. 1882. Ueber die Wheatstone'sche Brücke. *Zeitschrift für das Realschulwesen*, 7: 467–468
- Hočevar, Franz. 1906. Sind die Elemente der Infinitesimalrechnung an den Mittelschulen einzuführen oder nicht? *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 15: 262–265; *Zeitschrift für das Realschulwesen*, 31
- Höflechner, Walter (ur.). 1994. *Ludwig Boltzmann, Dokumentation eines Professorlebens. Prvi del knjige: Ludwig Boltzmann, Leben und Briefe*. Graz: Akademisch Druck und Verlagsanstalt
- Holtz, A.W. 1965. Ueber eine neue Elektrisirmaschine; von W. Holtz in Berlin. *Ann.Phys.* (5) 202–126/ 9, 157–171
- Hummel, Karl. 1833. Erscheinungen und Theorie des Electrophors. (*Baumgartner's*) *Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften*. Wien. 2: 213–235 (NUK-11658)
- Povšič, Jože. 1978. *Bibliografija Franca Hočevarja*. Ljubljana: SAZU
- Povšič, Jože. 1980. *Bibliografiji Franca Hočevarja in Riharda Zupančiča*. Ljubljana: Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko
- Razpet, Marko. 2009. Spominska plošča Francu Hočevarju. *Obzornik za matematiko in fiziko*. 56/4, 136–143
- Razpet, Marko. 2009. Recenzija: William P. Berlinghoff in Fernando Q. Gouvêa: matematika skozi stoletja, Modrijan, Ljubljana 2008, 224 strani. *Obzornik za matematiko in fiziko*. 56/4, 160–161
- Rosenberger, Ferdinand. 1890. *Die Geschichte der Physik*. III. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn
- Segrè, Emilio. 1986. Von den fallenden Körper zu den elektromagnetischen Wellen. München/Zürich: Piper
- Šantel, Anton. 1883. Physikalische Kleinigkeiten. I. Ein leicht herstellbarer Apparat zur Luftverdünnung mittelst Quecksilbers. *Dreiundreissigster Jahresbericht des k. k. Staats-Gymnasiums in Görz*. Görz. 27–36. Ponatis: Kaulbaum-Šantelsche Luftpumpe *Leopold von Pfaundler's Compendium der Experimentalphysik*
- Šubic, Simon. 1896. Fotografovanje nevidnih stvari. *Dom in svet*. 9, 155–159, 186–189
- Vlacovich, Nicolo. 1862. Sulla scarica istantanea della bottiglia di Leyda. *Il Nuovo Cimento* (Bologna), 16/8, 30–73