

STEFANOV MENTOR ZA SREDNJEVROPSKE VAKUUMSKE TEHNIKE

Stanislav Južnič

Fara, Kostel, Slovenija

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Nadvse siromašno celovško predmestno mladostno okolje Jožefa Stefana nikoli ne bi pripeljalo na Parnas vakuumskih ved, če bi ga ne podpirali dobrohotni »strici iz ozadja«. Poglavitni med njimi je bil Bohinjec Marian Koller, njega dni vsemogočni svetovalec habsburškega ministrstva za izobraževanje, tudi sam prvovrsten vakuumist, profesor fizike in ustanovni član Cesarske akademije znanosti na Dunaju. V Stefanovih rosnih mladostnih dneh se je Koller v družbi s poznejšima mentorjema Stefanovega doktorata napotil v znanstvena središča Nemčije, Danske, Anglije in Francije. Ta trojica vodilnih učenjakov naše tedanje monarhije se je med obiski seznanila z najnovejšimi dosežki vakuumskih tehnik in ustrezno opremila svoje laboratorije. Stefan sam domala ni rad potoval, je pa prevzel laboratorij Kollerjevega sopotnika Andreasa pl. Ettingshausna; predvsem je podedoval osebne vezi, ki jih je Koller s svojima spremljevalcema skoval vzdolž Evrope. Rezultat ni izostal, čeprav doslej ni bilo znano, da so več kot dvajset Stefanovih dunajskih akademskih razprav sproti prevajali v angleščino za londonski *Philosophical Magazine*, številne pa so tiskali tudi v francoskem jeziku v Parizu in Ženevi.

Ključne besede: Razprave Jožefa Stefana v *Philosophical Magazine*, Marian Koller, vakuumske tehnike 19. stoletja

Stefan's mentor for Central European vacuum techniques

ABSTRACT

Jožef Stefan grew up in an extremely poor Klagenfurt suburban environment which could never carry his vacuum sciences on Parnassus without the support of his benevolent »uncles from the background«. The leading among them was Marian Koller from Bohinj, who became an omnipotent adviser to the Habsburg ministry of education, a first-class vacuum experimenter himself, a professor of physics and a founding member of the Imperial Academy of Sciences in Vienna. In Stefan's juvenile days, Koller accompanied the future mentors of Stefan's doctorate to the scientific centers of Germany, Denmark, England and France. During their visits, these three leading scholars of our then Habsburgian monarchy got acquainted with the latest achievements of vacuum techniques and equipped their laboratories accordingly. Stefan himself disliked travelling, but he took over the laboratory of Koller's travel companion Andreas von Ettingshausen, and above all, he inherited those close personal ties that Koller and his companions forged along Europe. Those high level scientific connections of his bosses enabled Stefan to widely publish abroad. More than twenty of Stefan's Viennese academic treatises were almost simultaneously translated into English for the Londoner *Philosophical Magazine*, and many were also printed in French language in Paris and Geneva, which has not been known so far.

Keywords: Jožef Stefan's papers in *Philosophical Magazine*, Marian Koller, 19th century vacuum techniques

1 UVOD

Nadarjenost je zgolj predpogoj za uspešno znanstveno delo. Odločilno prispevajo uveljavljeni podporniki, ki ti zgladijo čeri začetnih raziskovalnih prijemov. Jožef Stefan je imel tu prvovrstno srečo: njegov celovški gimnazijski razrednik je bil uveljavljeni vakuumist ježiški benediktinec Karl Robida, ki

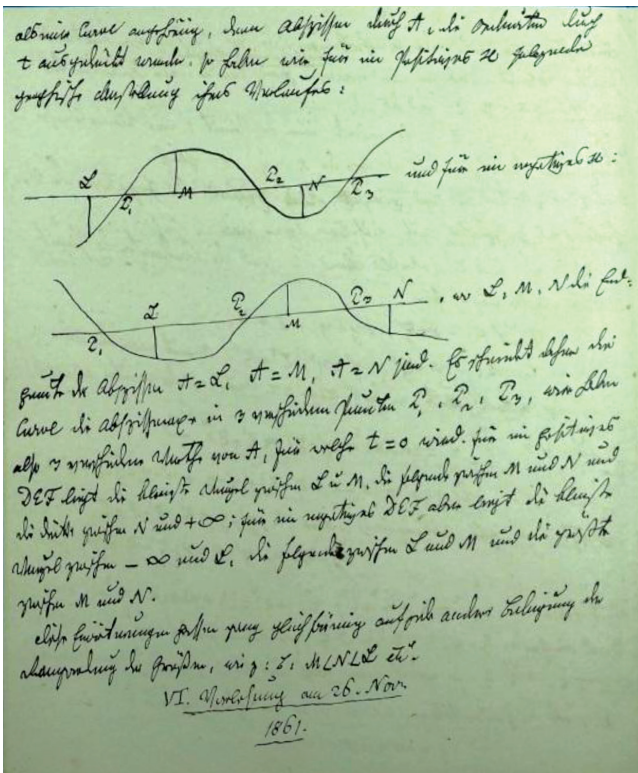
ga je priporočil bohinjskemu sobratu benediktincu Marianu Kollerju. V Stefanovih srednješolskih letih je bil župan Celovca Kollerjev brat, katerega zet Anton Janežič je Stefana učil slovenščine. Kot dunajskega študenta pa sta Stefana dobila v roke Kollerjeva sopotnika z evropskega oglednega popotovanja po poglavitnih laboratorijih onih dni, Andreas pl. Ettingshausen in August Kunzek pl. Lichten.

Po Stefanovem doktoratu pri Ettingshausnu je Koller priskrbel Stefanu predavateljski in asistentski položaj v Ettingshausnovem laboratoriju, ki pa nista bila plačana. Če si šel na Dunaj, si pustil trebuh zunaj zavoljo tamkajšnje draginje: zato je Koller kot ministrski svetovalec za izboljševanje tehniških visokih in srednjih šol priskrbel Stefanu dobro plačano službo profesorja na tehniški realki, kjer ga je v razredu za nameček kot ministrski referent še počastil s prestižnimi inšpekcijami. Stefanov ugled je skokovito rasel, nakar je Koller zaporedoma obiskoval še šest semestrov Stefanovih predavanj na univerzi. Stefanova predavanja in poskuse si je pridno skiciral v zajetne knjige kot kakšen šolarček, čeprav je bil ondan veliko uglednejši profesor fizike od Stefana.

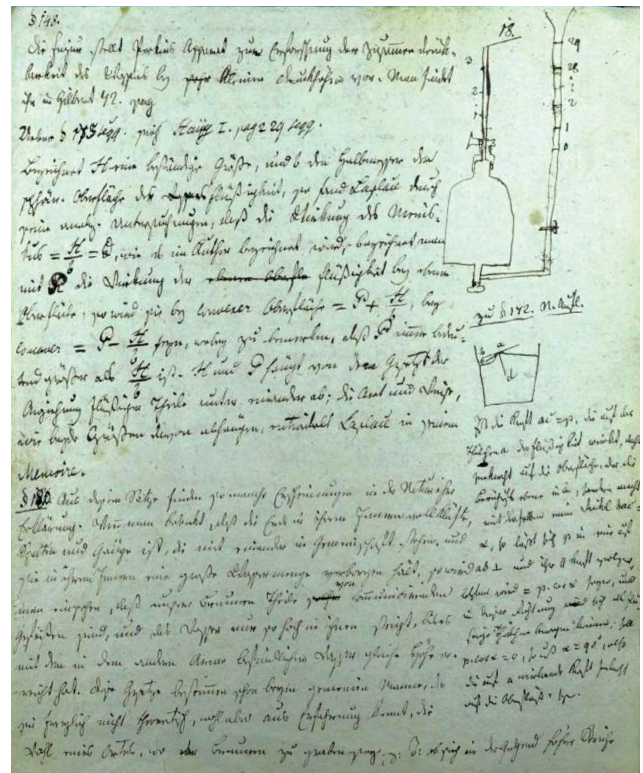
Ob tolikšni podpori Stefanov uspeh ni mogel izostati: postal je dotlej najmlajši redni profesor dunajske univerze, član Cesarske akademije znanosti na Dunaju, katere soustanovitelja sta bila Koller in Ettingshausen, končno pa je prevzel še vodenje poglavitnega prestolničnega laboratorija obolelega Ettingshausna s cesarskim ukazom dne 1. oktobra 1866, zgolj ducat dni po Kollerjevi nenadni smrti. Koller je sam pripeval veliko znanstvenih odkritij, a največje med njimi je bil Stefan, podobno kot Humphryja Davyja najbolj krasi »najdba« Michaela Faradaya.

2 KOLLERJEVA POT V EVROPO V STEFANOV PRID

Jeseni 1838 so se Koller, Ettingshausen in Kunzek najprej odpravili v Prago k C. Dopplerju in drugim češkimi učenjakom. Nato so se vkrcali na vlak za Berlin. V bližnji Hamburg so pripotovali domala sočasno s slovitim sirom Johnom Herschlom, zato so družno zapluli na parniku proti Londonu. Tam je Faraday pokazal Kollerju in sopotnikom poglavitne novosti vakuumske tehnike, ki so jih nato prvovrstni londonski mojstri pošiljali v habsburške laboratorije. Pot jih je naposled zanesla v Pariz. Po obisku proizva-



Slika 1: Kollerjev povzetek četrtega Stefanovega predavanja o Gabriel Laméjevi teoriji elastičnosti trdnin, ponazorjeni s sinusoidami 12. novembra 1861 (Koller-Manuskripte, 18: 37). Foto: A. Kraml.



Slika 2: Kollerjeva skica Torricellijevega vakuumskega barometra, polnega idrijskega živega srebra (Koller-Manuskripte, 15a: 252, Foto A. Kraml).

jalcev vakuumске tehnike Henri-Prudencea Gambeya in Louisa Françoisa Clémenta Bregueta se je 27. avgusta Koller udeležil seje pariške Akademije znanosti; tam so ga občudovali učenjaki François Arago, Félix Savary, baron Siméon-Denis Poisson, Jacques Babinet in začetnik sodobnega raziskovanja faznih prehodov baron Charles Cagniard de la Tour.

Pol stoletja kasneje je Kollerjev varovanec Jožef Stefan nadgradil de la Tourovo preučevanje faznih prehodov iz trdnine v tekočino v šestih razpravah med letoma 1889 in 1891. Transportne pojave izparevanja z vzporednimi kemijskimi reakcijami je Stefan preučeval med letoma 1873 in 1889. Zelo nerad je potoval; Kollerjevi in Ettingshausnovi gostitelji pa so tako proslavili njegov dunajski laboratorij, da so v angleščino prevedli najmanj dvajset nemških Stefanovih razprav za *Philosophical Magazine*, številne druge pa so Francozi prevedli v Ženevi in Parizu.

3 KOLLERJEVA VAKUUMSKA LABORATORIJSKA OPREMA V KREMSMÜNSTRU

Domala poldrugo desetletje je Koller skrbel za fizikalni laboratorij svojih visokošolskih predavalnic v

opatiji Kremsmünster.¹ Pri tem je med drugim nabavil več naprav, povezanih z vakuumskimi tehnikami.

Leta 1833 je dobil zračno puško (Windbüchse), ki jo je zasnoval Bartolomeo Girardoni (Girandoni). Od leta 1780 so jo uporabljali tudi v habsburški armadi, Kollerju pa jo je podaril samostanski ekonomist Friedrich Häusler. Ob njej je Kollerju za demonstracije študentom služila še naprava za prikaz Mariottovega zakona za stisnjen in razredčen zrak.²

Koller je imel anortoskop Josepha Plateauja, ob njem pa še podoben stroboskop svojega najboljšega prijatelja Simona Stampferja, ki ga je 8. decembra 1835 nabavil za 4 fl.³

Koller je leta 1827 nabavil napravo za predstavitev vseh pomembnih elektromagnetnih poskusov Hansa Christiana Oersteda, Ampèra in sodelavcev, tako imenovani Ampèrov okvir. Kollerjev prijatelj Andreas Baumgartner ga je opisal v prvem zvezku Baumgartnerjevega in Ettingshausnovega dunajskega časopisa *Zeitschrift für Physik und Mathematik* leta 1826. Zanj je Koller odštel kar 200 fl.⁴

¹ Fellöcker 1864, 258–261

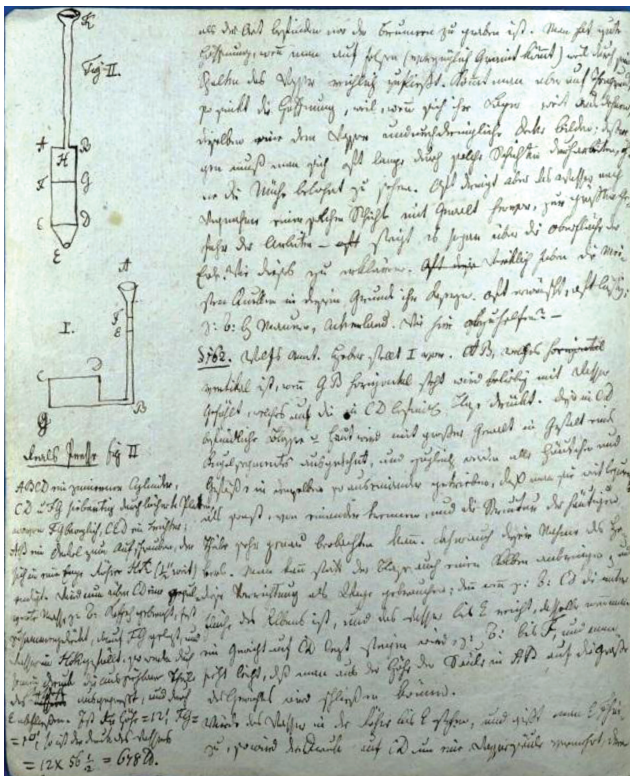
² Fellöcker 1864, 259

³ Fellöcker 1864, 260

4 KOLLERJEVA PREDAVANJA O VAKUUMU

Koller je med predavanji mehanike v Kremismünstru navedel učbenik Renéja Justa Haüyja in Laplaceove poskuse z živim srebrom; ilustriral je Torricellijev vakuumski barometer po Baumgartnerjevih podatkih.⁵ Baumgartner je tretjo izdajo učbenika posvetil svojemu svaku Ettingshausnu z dunajskim uvodom januarja 1829, medtem ko so na Dunaju leta 1832 tiskali četrto izboljšano izdajo. Torej je Koller svoje zapiske sestavil konec leta 1829, leta 1830 ali leta 1831.

Kollerjeva razlaga ravnotežja plinov v ozračju je vključevala vakuum, kot je bil zasnovan v aparatu Johanna Josepha pl. Prechtla, rektorja dunajske politehnike. Z njegovo napravo je Koller meril temperaturne spremembe elastičnosti plinov v ozračju.⁶ Tako kot Stefan je tudi Koller preučeval lastnosti hlapov in zakonitosti izhlapevanja⁷ z glasgowskim aparatom dr. Andrewa Ura, ki ga je Koller lepo ilustriral. Ure je bil škotski zdravnik, ustanovitelj



Slika 3: Kollerjeva skica Torricellijevega vakuumskega barometra (Koller-Manuskripte, 15a: 253, Foto A. Kraml).

⁴ Fellöcker 1864, 261

⁵ Baumgartner 1829 3: 131 # 172; Koller-Manuskripte 15a: 251, # 148

⁶ Koller-Manuskripte 15a: 410 # 199; Baumgartner-Ettingshausen Zeitschrift für Physik in Mathematik, Dunaj, zvezek 1: str. 383–390

⁷ Koller-Manuskripte 15a: 414 # 250

⁸ Koller-Manuskripte 15a: 417, 420 # 253, 422, 423, 424, 427–428, 437, 442–443

⁹ Pouillet 1828 1: 234; Koller-Manuskripte 15a: 586–588; Hachette 1827, 35: 34–53; Clément Desormes 1827, 69–81

¹⁰ Koller-Manuskripte 15b: 313–320

¹¹ Koller-Manuskripte 15b: 318

¹² Pouillet 1828, zvezek 1, točka 2; Koller-Manuskripte 15b: 320, 325

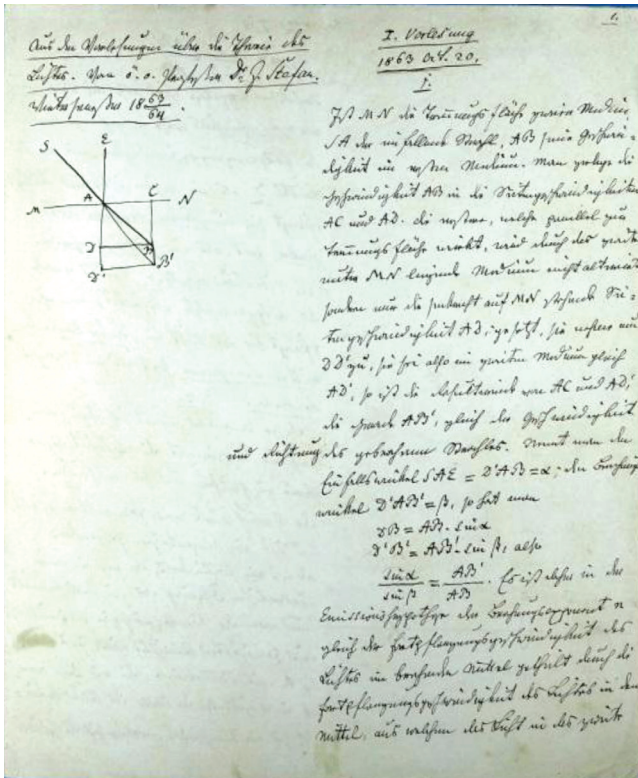
Andersonove institucije, ki se je razvila v Univerzo v Strathclydu. Kot predavatelj, zainteresiran za zgodovino tehnologije je Koller opisal in ponazoril obisk Samuela Sorbièra v delavnici južnega londonskega okraja Vauxhall leta 1663. Tam si je ogledal »hidravlični stroj«, ki ga je Edward Somerset 2. markiz Worcester izumil kot enega najstarejših zahodnjaških parnih strojev.⁸

Vakuum in hidrodinamiko vibracij sta raziskovala član Napoleonove egiptovske odprave Pierre-Simon Girard in Kollerjev znanec baron Charles Cagniard de la Tour. Koller je dodal Hachettovo dolgo francosko poročilo o delu Gay-Lussaca, pa tudi o meritvah Charles-Bernard Desormesovega zeta Nicolasa Clémenta.⁹

Matematično nadarjenemu Kollerju¹⁰ je bila všeč zamisel o geometrijski vrsti, ki predstavlja hitrost hlajenja prostega zraka, izrekajočega iz balona skozi cev; takšnega hlajenje v vakuumu se je malce po Kollerjevih zapiskih prijelo ime Joule-Thompsonov pojav po letu 1852. Koller je dodal lastno besedilo, ki ni bilo vključeno v Baumgartnerjev učbenik leta 1826. Hlajenje je pojasnil tudi z izgubo toplote s sevanjem v vakuumski posodi, povezano s kasnejšim Stefanovim in Dewarjevim pristopom. Koller¹¹ je razpravljal o Dulong-Petitovem eksperimentu in pohvalil njune meritve hitrosti hlajenja v vakuumu. Domneval je, da hlajenje napreduje v geometrijski vrsti, medtem ko se razdalja med opazovanimi delci večja v aritmetični vrsti; zato je enačba eksponentna. V svojem komentarju je opozoril na hlajenje zraka in drugih plinov. Hlajenje v vodiku je hitrejše kot v CO₂ ali drugih plinih, saj je odvisno od gibljivosti delcev plina, torej od velikosti molekul, kot jo pojmujejo dandanes.¹² Po rezultatih Dulong-Petita je obravnaval še sevanje, kar je kmalu posodobil J. Stefan.

5 KOLLERJEV VAROVANEC STEFAN O SREDNJEŠOLSKEM VAKUUMU

Marian Koller je že 17. 5. 1860 obiskal Stefanova predavanja na dunajski realki Bauernmarkte, ki jo je povzdignil iz nižje v višjo realko z dekretoma svojega ministrstva za uk in bogočastje. Stefan je tam dobil svojo prvo plačano namestitev v letu 1857/58 kot predavatelj fizike štiri ure na teden v četrtem razredu, leta 1858/59 pa kot razrednik v petem razredu,



Slika 4: Kollerjevo začetno poročilo o Stefanovi razlagi Fresnelove valovne teorije svetlobnega etra 20. oktobra 1863 (Koller-Manuskripte, 26: 2, Foto A. Kraml).

medtem ko je istočasno na univerzi poučeval matematično fiziko tri ure na teden in hidromehaniko eno uro na teden. Leta 1858/59 je Stefan svoja realčna predavanja mehanike v petem razredu začel s termometri in končal z vakuumskimi črpalkami, zaključni izpit pa je vodil uro in pol, začeniši ob 10:30 dopoldne v petek, 29. 7. 1859. Izprašal je 12 od svojih 14 dijakov petega razreda, starih od 15 do 18 let. Med njimi so bili poleg katoliških Nemcev: en protestant, dva židovske vere, dva Slovana in trije Madžari.

Zaključni šesti razred je Koller vpeljal naslednje leto, ko je v petem razredu Stefan predaval podobno z manj poudarka na termometrih. V zaključnem šestem razredu je štiri ure tedenskega pouka začel z valovanjem vode. Pri akustiki je opisal resonanco in uho, pri optiki pa oko, optične naprave, interferenco, uklon in polarizacijo. Nato se je lotil magnetizma, električne sile, elektrolize, polarizacije, Ohmovega zakona, povezave med elektriko in magnetizmom, elektrodinamike, fizioloških učinkov elektrike, toplotnih učinkov termoelektrike, elektrike v zraku ter uporabnosti elektrike in magnetizma. Uvodoma je pojasnil toplotno raztezanje, termometrijo, kalorimetrijo, mehansko teorije toplote, fazne prehode, vodne pare,

izvire toplote, povezave med termičnimi pojavi in kemijsko sestavo teles, prevajanja toplote, radiacije (sevanja) in porazdelitve toplote vzdolž zemlje. Tretje možnosti širjenja toplote z mešanjem ni izpostavil v posebnem poglavju, vsekakor pa ni puščal nobenih dvomov v kinetično atomistično mehansko teorijo toplote, ki jo je sicer nekoliko agnostično zatajil vsaj v Kollerjevih zapiskih dve leti pozneje. Zaključna poglavja je namenil določevanju točk na Zemlji in na nebu, sukanju osi Zemlje, merjenju časa, dolžini dneva, letnim časom in klasifikaciji nebesnih teles.

Semester so zaključili 17. februarja 1860 in po tednu dni počitnic nadaljevali s poukom v drugem semestru 23. februarja, torej nekako z enomesečnim zamikom glede na sodobne zimske počitnice.

Čim je postal redni univerzitetni profesor, je Stefan svoje izkušnje srednješolskega predavatelja unovčil s kritikami v glasilu habsburških gimnazij. Najprej je ocenil učbenik tedanjega direktorja trgovske šole v Aachnu, poznejšega profesorja tamkajšnje politehnik. Ta učbenik Stefanovega vrstnika Adolfa Wüllnerja je kljub naslovu temeljil na delu Gillesa Celestina Jamina zgolj v uvodu in v prvem poglavju o ravnovesju in gibanju tekočin in trdnin. Sledila je Wüllnerjeva razlaga atomizma, ki jo je Stefan še posebej odobral. Pri določitvi povprečne gostote Zemlje je navajal tako H. Cavendisheve poskuse kot meritve Kollerjevega prijatelja Georga Biddella Airyja.¹³ Pri obravnavi kapilarnosti je upošteval poskuse Kollerjevih prijateljev Félixja Savarta in Heinricha Gustava Magnusa. V tretjem poglavju je opisal vakuumsko črpalko, poskuse Henrija Victorja Regnaulta in raziskovanja Roberta Wilhelma Bunsena o absorpciji plinov, podobna Stefanovemu doktoratu.

V poglavju o valovanju je upošteval poskuse Kollerjevega znanca Charlesa Wheatstona¹⁴ in Helmholtzeve poskuse z zvokom. V naslednjem delu učbenika, posvečenem optiki, je Wüllner gradil na Cauchyjevi valovni teoriji disperzije¹⁵ proti optiki delcev, ob napovedi odločilnih Foucaultovih in Fraunhoferjevih poskusov. Upošteval je eksperimente Davida Brewsterja in zakon Gustava Kirchhoffa o ekvivalentnosti absorpcije in sevanja svetlobe. Obravnaval je tudi Fresnelova zrcala, ki so bila bistven del tedanjih Stefanovih predavanj.¹⁶ Za zaključek Stefan ni pohvalil le Wüllnerja, temveč celo zeta in dediča njegovega Leipziškega založnika prostozidarja Benedictusa Gotthelfa Teubnerja, ki sta tiskala tudi matematično revijo Kollerjevega prijatelja Oscarja Xaverja Schlömilcha v kateri je objavljala tudi Stefan.¹⁷ V tretjem delu svoje najbolj znamenite razprave je

¹³ Stefan, 1864, 161

¹⁴ Stefan, 1864, 162

¹⁵ Stefan, 1864, 163

¹⁶ Stefan, 1864, 164

Stefan leta 1879 začel s poročilom o Wüllnerjevi učbeniški prilagoditvi John Tyndallovih poskusov soglasnih s Stefanovim zakonom; ta polovica tiskane strani je bila bistveni del Stefanovega prispevka. Vendar Stefan v rokopisnem osnutku svojega dela ni omenil ne Wüllnerja, ne Tyndalla. Tudi v Stefanovem objavljenem članku se je zdel njun rezultat manj pomemben od ameriških meritev Herschlovega dopisovalca protiklerikalnega darvinista Johna Williama Draperja in Johna Ericssona v New Yorku, s katerimi je Stefan nadaljeval tretje poglavje svojega prispevka. Zelo verjetno je Stefan izvedel za Wüllnerjevo objavo rezultatov Tyndalla šele potem, ko je že napisal svoj rokopis, vendar pred končno objavo; zato je Wüllnerjeve podatke dodal svojemu delu, vendar bolj kot manjši dokaz, saj je bilo očitno, da Tyndall ni zelo natančno meril. Pozneje je prav Tyndallov prispevek najbolj podpiral Stefanov zakon; Tyndall je bil pač vesel, ko je v njem videl svoje ocene, čeprav so vsi poznali njih pomanjkljivosti.

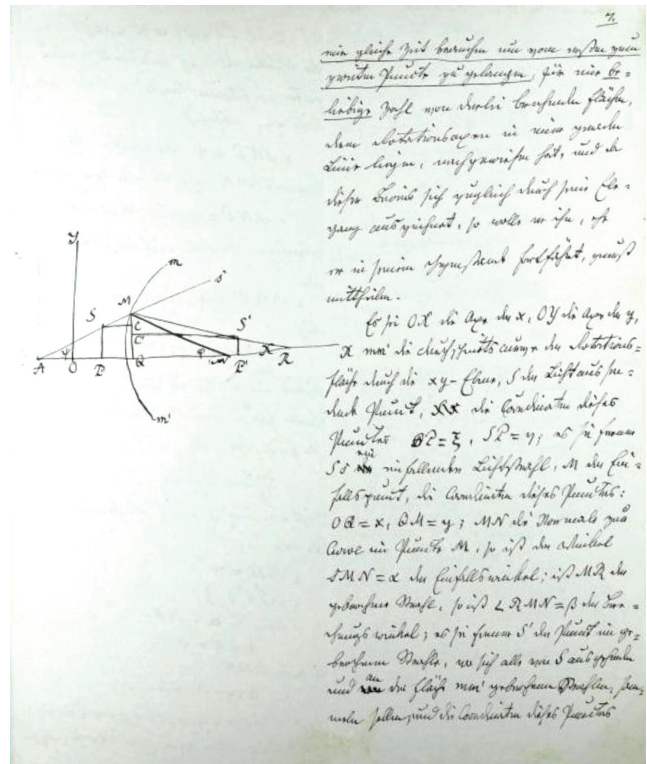
Stefan je imel svoje šesto predavanje o optiki 24. novembra 1863,¹⁸ vseskozi utemeljeno na tedaj prevladujoči teoriji etra. Stefanove učne ure so lahko dragocene tudi za sodobne študente, če zamenjamo njegove delce etra s posodobljenim pojmom skoraj enako skrivnostnega vakuuma kot medija širjenja svetlobe.

6 STEFAN O VAKUUMU PO KOLLERJEVI SMRTI

Da bi razumeli razvoj raziskovanj danes zelo priljubljenega Stefanovega problema in Stefanovega števila, se kaže poglobiti v sočasne podpore Stefanovega zakona. Dne 1. julija 1876 je Bartoli z bolonjske univerze sporočil, da toplotno sevanje v vakuumu radiometra nasprotuje drugemu zakonu termodinamike. Bartoli je postavil pod vprašaj vsa Boltzmannova prizadevanja. Njegove ideje so izhajale iz raziskav vakuuma v radiometru, ki jih je Crookes predstavil pred londonsko Royal Society tri leta prej. Za razliko od Crookesa je bil Bartoli takoj prepričan, da radiometer ne meri absolutnega vakuuma, ker se je Bartoli zanašal na raziskave vakuuma svojih florentinskih akademskih prednikov, vključno s Torricelijem.

Rus Lebedev je avgusta 1901 v Moskvi objavil svoje poskuse na temeljih Bartolijevih domnev; uporabil je berlinsko vakuumsko črpalko G. Kahlbauma in meril tlake z McLeodovim manometrom. Tako so eksperimentalni podatki o sevanju skozi vakuum vplivali na raziskave pred objavo Stefanovega zakona.

25. oktobra 1883 se je Stefan kot znanstveni vodja Dunajske razstave elektrike srečal s častnim predsed-



Slika 5: Kollerjevo poročilo o tretjem Stefanovem predavanju z razlago loma po Fresnelovi valovni teoriji svetlobnega etra 3. novembra 1863 (Koller-Manuskripte, 26: 26, Foto A. Kraml).

nikom Tehnično-znanstvene komisije Williamom Thomsonom, kasnejšim lordom Kelvinom. Oba so skupaj z Williamom Siemensom slovesno sprejeli na dunajskem angleškem veleposlaništvu. Na Dunaju je William Siemens kot na Nemškem rojeni britanski industrialec celo predaval o sevanju v vakuumu. Žal Stefanovega zakona ni omenil, čeprav je Stefana dobro poznal. Iz te kratke obravnave ne zvemo, kaj si je mislil o Stefanovem zakonu, saj je Siemens nenadoma umrl v Londonu le petnajst dni po koncu dunajske razstave.

Štiri leta po Edisonovem izumu je Stefan dunajskemu županu Eduardu Uhlu in drugim občinskim možem predstavil delovanje Edisonove vakuumske svetilke. Pridružil se jim je celo habsburški prestolonaslednik Rudolf takoj po rojstvu njegove edine zakonske hčerke Elisabeth 2. septembra 1883.

Stefan je nekaj let po dunajski razstavi ocenjeval zmogljivost in uporabnost žarnic. Pričakoval je, da bodo prav poskusi s sevanjem v vakuumskih žarnicah pomagali promovirati njegovo teorijo sevanja. Sodobni poskusi so popolnoma upravičili njegova upanja.

¹⁷ Stefan, 1864, 165–166

¹⁸ Koller-Manuskripte, 26: stran 61

7 SKLEP

Ob zgodnjem raziskovanju katodnih elektronk po pomladi narodov leta 1848 je par desetletij na Dunaju delovala »slovenska naveza«, ki je že uveljavljenemu Kollerju omogočila promocijo mladega Stefana. Znanost je resda mednarodna, znotraj nje pa je še kako pomembno, da Slovenci podpiramo drug drugega. Sodelovanje Koller-Stefan nam je vsekakor svetel zgled.

9 LITERATURA

9.1 Arhivski viri

Direktions-Archiv der Sternwarte Kremsmünster

Koller, Marian, Predavanja iz celotne fizike na filozofskih študijih v Kremsmünstru 1826–1839 (Vorlesungen »aus der gesamten Physik in der 8^{ten} Classe des Lyzeum« an der philosophischen Lehranstalt zu Kremsmünster), Koller-Manuskripte 15a (I. Abteilung: Chemie, Mechanik, Akustik na 694 straneh skupaj z pozneje zapisano naslovnico) in Koller-Manuskripte 15b (II. Abteilung: Optik, Magnetismus, Elektrizität, na 672 straneh skupaj z pozneje zapisano naslovnico).

Koller, Marian. Zapiski s predavanj Dr. Jožefa Stefana: »Theorie der Elasticität fester Körper«. 1862, predavanja v zimskem semestru 1862, 36 folijev (=144 strani), Koller-Manuskripte, 18. »Über die Theorie des Lichtes«. 1863/64, predavanja v zimskem semestru 1864, 30 folijev (=120 strani), Koller-Manuskripte, 26.

9.2 Tiskani viri

- Baumgartner, Andreas. 1826. *Die Naturlehre*, Druga izdaja; 1829. *Die Naturlehre*, Dunaj: Heubner, 3. izdaja; 1832. 4. izboljšana izdaja.
- Clément Desormes, Nicolas. 1827. Rapport fait à l'Académie des Sciences de l'Institut, sur un Mémoire relatif à un phénomène que présente l'écoulement des fluides élastiques, et au danger des soupapes de sûreté employées dans les appareils à vapeur; présenté; par M. Clément Desormes dans la séance du 4 décembre 1826 (Ocenjevalci: Biot, Poisson & Navier, Pariz 10 September 1827). *Annales de chimie et de physique*, 1827, 36: 69–80.
- Desormes, Charles; Clément Desormes, Nicolas. 1819. Détermination expérimentale du zéro absolu de la chaleur et du calorique spécifique des gaz, *Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle*, tome 89/N° 7: p. 321–331–346, 428–455.
- Fellöcker, Sigismund. 1864. *Geschichte der Sternwarte der Benediktiner-Abtei Kremsmünster*. Linz: J. Feichtinger's Erben. Prvi od štirih delov.
- Hachette, Jean Nicolas Pierre. 1827. De l'écoulement des fluides aëriiformes dans l'air atmosphérique et de l'action combinée du choc de l'air et de la pression atmosphérique, *Annales de chimie et de physique*, 35: 34–53.
- Pouillet, Claude Servais Mathias. 1828. *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, Pariz.
- Stefan, Jožef. 1864. Recenzija: Ad. Wüllner. Lehrbuch der Experimentalphysik mit theilweiser benutzung von Jamin's cours de physique de l'École Polytechnique (prva dva dela: mehanika, optika. Leipzig: B.G. Teubner, 1863, *Zeitschrift für die österreichischen Gymnasien*, 15: 158–166.
- Wüllner, Adolph. 1862, 1863. *Lehrbuch der Experimentalphysik*. Leipzig: B. G. Teubner.

Vabilo na vakuumski tečaj Osnove vakuumske tehnike

Spomladi 2022 bo Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije organiziralo dvodnevni tečaj iz osnov vakuumske tehnike, namenjen mladim raziskovalcem in vsem tistim, ki delajo na področju vakuumskih tehnologij. Tečaj bo potekal na Institutu »Jožef Stefan«, ter bo obsegal teoretični in praktični del. Cena tečaja je 400 EUR (DDV ni vključen).

Vsebinska vakuumskega tečaja:

Fizikalne osnove vakuumske tehnike, Črpalke za grobi in srednji vakuum, Črpalke za visoki in ultravisoki vakuum, Vakuumski sistemi, Meritve totalnega in parcialnega tlaka, Metode iskanja netesnih mest, Vakuumski materiali, Vakuumski spoji in elementi, Priprava tankih plasti v vakuumu, Vakuumske tehnologije, Čiščenje in priprava materialov za ultravisoki vakuum, Fizikalno-vakuumski poskusi (vaje), Pomen in preiskave površin, Neravnovesna stanja plina in plazma, Ogled laboratorijev, povezanih z vakuumskimi tehnologijami.

Na tečaj se prijavite dr. Matjažu Panjanu na elektronski naslov: matjaz.panjan@ijs.si.

Vabljeni.

Uredništvo Vakuumista