
Naslovnica

NAVODILA AVTORJEM PRI PRIPRAVI PRISPEVKOV

Tematsko Vakuumist obsega širše področje vakuumskih znanosti in tehnologij, fiziko in kemijo tankih plasti in površin, analitiko površin, fiziko plazme, vakuumsko metalurgijo ter zgodovino vakuumске znanosti. Vsebinsko objavljamo štiri skupine prispevkov:

- **znanstveni članki** o aktualnih raziskavah s področja vakuumске znanosti in sorodnih področij;
- **strokovni članki**, kot so predstavitev novosti v svetu, zgoščen pregled nekega področja, primeri uvajanja tehnologij v prakso ipd.;
- **praktični nasveti** reševanja konkretnih vakuumskih problemov v laboratoriju;
- **kratke novice** o društvenem dogajanju, organizaciji konferenc, predstavitve knjig ipd.

Znanstveni in strokovni prispevki so recenzirani. Če je članek sprejet (po recenzentovem in lektorjevem pregledu), avtor vrne popravljen članek uredniku Vakuumista. Prispevki morajo biti napisani v slovenskem jeziku.

Avtorji prispevka so v celoti odgovorni za vsebino objavljenega sestavka. Z objavo preidejo avtorske pravice na izdajatelja. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti periodična publikacija Vakuumist navedena kot vir.

VSEBINA ROKOPISA

Rokopis naj bo sestavljen iz naslednjih delov:

1. naslov članka (v slovenskem in angleškem jeziku)
 2. podatki o avtorjih (ime in priimek, institucija, naslov institucije)
 3. povzetek (v slovenskem in angleškem jeziku, 100–200 besed)
 4. ključne besede (v slovenskem in angleškem jeziku, 3–6 besed)
 5. besedilo članka v skladu s shemo IMRAD (uvod, eksperimentalne metode, rezultati in diskusija, sklepi)
 6. seznam literature
 7. morebitne tabele z nadnapisi
 8. podnapisi k slikam
 9. slike (risbe, fotografije), ki naj bodo priložene posebej
- Praktični nasveti in kratke novice so brez povzetka, ključnih besed in literature, vsebinska zasnova besedila pa ni strogo določena.

TEHNIČNE ZAHTEVE ZA ROKOPIS

- Tekst naj bo shranjen v formatu doc, docx ali rtf. Formata tex ali pdf za tekst nista primerna.
- V dokumentu naj bo čim manj avtomatskih indeksov, križnih povezav (linkov) in stilističnih posebnosti (različni fonti, formati, poravnave, deljenje besed). Pri oblikovanju se omejite na ukaze **mastno**, *poševno*, ^{indeks} ^{potenca} in posebni znaki. Formule oblikujte bodisi tekstovno ali z urejevalnikom (npr. equation editor), lahko pa jih vključite v tekst kot slikovni objekt.
- Tekst naj bo smiselno razdeljen na poglavja in podpoglavja (detaljnější delitev ni želena), naslovi pa naj bodo oštevilčeni z vrstilci, npr. »2.1 Meritve tlaka«.

- Na vse literaturne vire, tabele in slike morajo biti sklici v tekstu. Vrstni red literaturnih virov, tabel in slik naj sledi vrstnemu redu prvega sklica nanje.
- Primeri sklicevanja: na literaturne vire [1], na enačbe (1), na tabele tabela 1, na slike slika 1. Vse samostojno stoječe enačbe naj bodo ob robu označene, npr. (1). Če je slika iz več delov, naj bodo posamezni deli označeni s črkami: a), b), c), č) itd., in sicer tako na sliki kot na podnapisu.
- Literaturni viri morajo biti popolni (brez okrajšav et al., ibid ...). Izogibajte se težko dostopnih virov (prospekti, seminarske naloge, neobjavljene raziskave, osebna korespondenca). Primeri pravilnih zapisov:
 - monografija: S. Južnič, Zgodovina raziskovanja vakuuma in vakuumskih tehnik, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana, 2004, str. 203
 - članek v periodični publikaciji: M. Finšgar, I. Milošev, *Vakuumist*, 29 (2009) 4, 4–8
 - prispevek v zbornikih posvetovanj: Novejši razvoj trdih zaščitnih PVD-prevlek za zaščito orodij in strojnih delov, Zbornik posvetovanja Orodjarstvo, Portorož, 2003, 121–124
 - dostopno na svetovnem spletu: UK ESCA Users Group Database of Auger parameters, <http://www.uksaf.org/data/table.html>, zadnjič dostopano: 11. 2. 2010
- Tabele naj bodo oblikovno enostavne. V rokopisu naj stojijo na koncu dokumenta. Za ločevanje stolpcev uporabljajte tabulatorje (ne presledkov) ali tabelarično formo urejevalnika.
- Slike naj bodo shranjene posebej v navadnih formatih (tif, png, jpg), lahko tudi združeni v en dokument (pdf, ppt). Slik ne vstavljajte v tekstualni del rokopisa! Poskrbite za ustrezno resolucijo, še posebej pri linijskih slikah. Slike naj bodo črno-bele ali v sivih tonih, ne barvne.
- Črkovne oznake na slikah naj bodo take velikosti, da je po pomanjšavi na širino enega stolpca (7,9 cm) velikost znakov najmanj 1,2 mm. Priporočljiv je oblikovno enostaven font, npr. Arial.
- Pri pisanju veličin in enot se držite načel standarda ISO-31 (veličine pišemo poševno, enote pokončno, isto pravilo velja tudi za grške črke). Osi grafov in vodilne vrstice tabel pišemo v obliki *veličina*/enota, npr. *m/kg*.

UREDNIŠTVO

Rokopise pošljite na naslov miha.cekada@ijs.si. Kontaktni podatki uredništva so:

doc. dr. Miha Čekada
glavni in odgovorni urednik Vakuumista
Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 38 29

faks: (01) 251 93 85

VSEBINA

ČLANKI

Korozijska zaščita na področju pridobivanja energentov	
Matjaž Finšgar	4
Vakuumski merilniki Tobije Gruberja (Ob dvestoletnici obnove Družbe Jezusove leta 1814)	
Stanislav Južnič	8
Recenzija knjige o vakuumu	
Stanislav Južnič	19

DRUŠTVENE NOVICE

21. Mednarodni sestanek »Vakuumska znanost in tehnika«, Samobor, 8.–9. maj 2014	
Janez Kovač	21

VAKUUMIST

Časopis za vakuumsko znanost, tehniko in tehnologije, vakuumsko metalurgijo, tanke plasti, površine in fiziko plazme

Izid publikacije je finančno podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz naslova razpisa za sofinanciranje domačih znanstvenih periodičnih publikacij

Glavni in odgovorni urednik: doc. dr. Miha Čekada

Uredniški odbor: dr. Matjaž Finšgar, dr. Jože Gasperič, prof. dr. Monika Jenko, dr. Stanislav Južnič, doc. dr. Marta Klanjšek Gunde, doc. dr. Janez Kovač, prof. dr. Urška Lavrenčič Štangar, dr. Peter Panjan, mag. Andrej Pregelj, dr. Drago Resnik, doc. dr. Alenka Vesel, prof. dr. Franc Zupanič

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: dr. Matjaž Finšgar

Oblikovanje naslovnice: Ignac Kofol

Tisk: Littera picta, d. o. o., Rožna dolina, c. IV/32–36, 1000 Ljubljana

Naklada: 350 izvodov

Vakuumist on-line: <http://www.dvts.si/arhiv>

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: info@dvts.si

Domača stran društva: <http://www.dvts.si>

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 38 29

faks.: (01) 251 93 85

KOROZIJSKA ZAŠČITA NA PODROČJU PRIDOBIVANJA ENERGENTOV

Matjaž Finšgar

STROKOVNI ČLANEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

POVZETEK

Čeprav se poskuša najti alternativo fosilnim gorivom, se potrebe po tej vrsti energije še povečujejo. Nafta in plin pomenita sedaj 60 % svetovne potrebe po energiji. Tako tudi ni pričakovati, da bi se pridobivanje fosilnih goriv na konvencionalen način ustavilo v naslednjih desetletjih. Pri tem postopku včasih pride do nezaželenih izpustov raztopin kislin v okolje. Tako bo skrb za manjše onesnaževanja okolja pri tem postopku in varnost osebja, ki so vključeni v proces pridobivanja energentov, tudi v bližnji prihodnosti izrednega pomena.

Ključne besede: visokotemperaturna korozija, korozija, korozijski inhibitor, mešanice korozijskih inhibitorjev

Corrosion control in the drilling industry

ABSTRACT

The use of fossil fuels is still growing, even though alternatives to such energy sources are currently being sought. Oil and natural gas currently represent 60 % of all global human energy needs. Therefore, the conventional method of extracting fossil fuels will not disappear within the next few decades. Accidental discharges of the necessary acidizing fluids into the environment sometimes occur in this process. Thus, concerns regarding environmental pollution and the safety of personnel in the drilling industry will remain for the foreseeable future.

Keywords: high-temperature corrosion, corrosion, corrosion inhibitor, corrosion inhibitor formulation

1 UVOD

Za povečanje proizvodnje nafte in plina se izvede stimulacija kamnin (kjer je naravni izvir) in kasnejše čiščenje vrtin. Oboje se poimenuje kislinski postopek. Ta lahko povzroči zelo korozivno okolje za jekla, ki so konstrukcijski material za izdelavo vrtin. Kislinski postopek se izvede tako, da se kisline pod visokim tlakom vnesejo skozi vrtino v pore kamnin, kjer kemijsko reagirajo z njimi in jih raztopijo (pogosto kalcit, apnenec in dolomit). To poveča pretočne kanale ali ustvari nove kanale do vrtine. Kot je že omenjeno, se kisline uporablja tudi za čiščenje vrtin, torej za odstranjevanje oborin na ceveh ali odstranjevanje ostankov pri vrtanju, preden se vrtino uporabi za proizvodnjo. Kislinski postopek se pogosto ponovi in vedno pride do vnosa kisline skozi sistem jeklenih cevi.

V globokih vrtinah je lahko temperatura višja od 150 °C. Med kislinskim postopkom lahko pridejo kovinski materiali v stik s H₂S in CO₂ pri povišani temperaturi. Vsi ti vplivi so zelo korozivno okolje za jekla, če le-ta niso primerno zaščitena. Tako je v kislinskem postopku potrebna visoka stopnja korozijske zaščite cevovodov. V industriji pridobivanja ener-

gentov se za korozijsko zaščito jeklenih cevovodov uporablja korozijske inhibitorje.

V vrtinah prihaja H₂S iz sulfatov, ki jih reducirajo bakterije, in zaradi razpada organskih snovi. CO₂ prihaja iz zemeljskega plina, surove nafte in okoljske atmosfere. Prisotnost H₂S in CO₂ v vrtini povzroča tako imenovano kislino in sladko korozijo. Nastanek kisle korozije se kaže v nastanku več oblik sulfidnega prenapetostnega pokanja in vodikove krhkosti, kar povzroči neuporabnost materiala pri obremenitvah, nižjih od običajne. Posledice sladke korozije so nastanek jamic, splošne (enakomerne) korozije in transgularnega pokanja. Ne obstaja še noben teoretičen način za napovedovanje korozijskega pokanja [1].

V industriji pridobivanja energentov je korozija cevovodov in druge opreme velik strošek in potencialna nevarnost za prisotno osebje. Tako je ključna izbira inhibirana kislina. Korozijski inhibitor je kemijska snov (pogosto organska spojina), ki se doda določenemu korozivnemu mediju. Korozijski inhibitor se adsorbira na kovinsko površino in na določen način upočasni hitrost korozije kovinskega materiala. Same organske molekule, ki se uporabljajo kot korozijski inhibitorji v industriji pridobivanja energentov, po navadi niso dovolj učinkovite. Za doseganje višje učinkovitosti proti koroziji je treba zasnovati primerno mešanico, kjer se korozijskim inhibitorjem doda ojačevalce, surfaktante, topila in sotpila. Ta mešanica se potem imenuje mešanica korozijskih inhibitorjev (MKI).

2 ZAHTEVE NA PODROČJU KOROZIJSKE ZAŠČITE VRTIN

Večina razvitih korozijskih inhibitorjev ali njihovih mešanic ne izpolnjujejo zahtev komisije OSPARCOM (angl. *Oslo Paris Commission, Fourth North Sea Minister's Conference Esbjerg*, Norveška, 8.–9. junija, 1995) [1, 2], ker so lahko njihove sestavine nevarne, če pride do izpusta v okolje. Cilj OSPARCOM je zamenjati ali opustiti vse okoljsko nevarne kemikalije do leta 2020. To je velik problem za MKI, ki so bile razvite predvsem za HCl. Industrija se bo morala zahtevam OSPARCOM prilagoditi in sedanje MKI reformulirati ali zamenjati.

Cilj preiskav je predstaviti zanesljive korozijske podatke o okoljsko sprejemljivih MKI podjetjem, ki se ukvarjajo s pridobivanjem energentov. Ta podjetja bodo kasneje izvedla poskuse v sistemu večjega

Tabela 1: Indeks jamičasti

Opis	Indeks jamičasti
Brez jamic, površina je enaka kot pred preizkusom	0
Intergranularna korozija na robu vzorca, kar daje valovit videz. Nič jamic na večini površine.	1
Majhne, plitve jamice na meji, kjer je bil vzorec izrezan. Brez jamic na večini površine.	2
Razpršene in zelo plitve jamice, manj kot 25 jamic na obeh straneh, spredaj in zadaj	3
Več kot 25 jamic indeksa 3 na obeh straneh	4
Deset ali manj jamic, od 0,8 mm do 1,6 mm (od 1/32 do 1/16 inča) širokih, od 0,4 mm do 0,8 mm (od 1/64 do 1/32 inča) globokih	5
Od 11 do 25 jamic indeksa 5	6
Več kot 25 jamic indeksa 5	7
Jamice večje kot 1,6 mm (1/16 inča), vendar manj kot 3,2 mm (1/8 inča) v premer in globlje od 0,8 mm (1/32 inča), 100 ali manj jamic.	8
Večje jamice in tudi večjo število kot pri indeksu 8	9

Indeks jamičasti od 1 do 4 se po navadi ne ocenjuje kot nevaren [3].

obsega (v dejanski vrtini). Potrebno je poudariti, da so ta podjetja zelo zainteresirana za uporabo varnejših in okoljsko sprejemljivih alternativ, kot se sedaj uporabljajo, še posebej zato, da zadostijo zahtevam OSPARCOM. Največkrat sprašujejo po rešitvah pri 150 °C, korozijski hitrosti manjši od 0,243 kg/m²(med preizkusom) oz. 0,05 lb/ft² (med preskusom), in indeksu jamičasti, ki ne sme biti večji od 3 (**tabela 1**).

Splošno še velja, da mora MKI ustrezati številnim merilom pred njegovo uporabo. Kot kislini inhibitor mora biti MKI stabilen (disperziven – neseepariran) v kislini vsaj 24–72 h, kar je čas skladiščenja kisline (MKI) na mestu pred njegovo uporabo. Nadalje, MKI mora biti tekoč v širokem temperaturnem območju za uporabo v hladnih in toplih področjih sveta. Ne sme imeti težav s separacijo in zgoščevanjem. Mora biti tekoč vsaj pri –20 °C in mora imeti rok uporabe vsaj 1 leto. Učinkovitost glede na ceno MKI je tudi zelo pomemben faktor pri odločitvi za njegovo uporabo.

3 KOROZIJSKI INHIBITORJI

Da bi preprečili ali upočasnili hitrost korozije, se v kisline doda korozijski inhibitor (po navadi organska spojina). Korozijski inhibitor je kemijska snov, ki je učinkovita pri zelo majhni koncentraciji. Vendar pa so korozijski inhibitorji učinkoviti samo za določen kovinski material v določenem okolju. Že majhna sprememba sestave materiala ali raztopine lahko pomembno vpliva na učinkovitost inhibicije. Ker mehanizmi delovanja korozijskih inhibitorjev po navadi niso znani, se kljub nekaterim predlaganim modelom za napovedovanje učinkovitosti korozijskih inhibitorjev empiričnim poizkusom še vedno ne moremo izogniti [2].

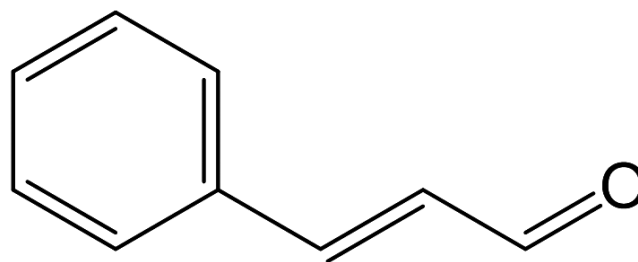
Številne organske spojine lahko delujejo kot korozijski inhibitorji med kisliniskim postopkom, kot so acetilenski alkoholi, aromatski aldehidi, alkenilfenoni [4–8], amini [9], amidi, dušik vsebujoči heterocikli

(npr. na osnovi imidazolina [10–12]), nitrili, iminijeve soli, triazoli, piridin in njegovi derivati ali soli [13–15], derivati kinolina, derivati tiouree, tiosemikarbazidi, tiocianati, kvarterne soli [13–15] in kondenzacijski produkti karbonilov in aminov ([16–20] in reference, navedene v tej literaturi).

Za molekule, ki vsebujejo dušik in acetilenske alkohole, trdijo, da tvorijo plast na površini kovin in da lahko zato zmanjšajo hitrost raztapljanja kovine (anodna reakcija) ter izločanje vodika (katodna reakcija) [21]. Propargil alkohol je topen v kislinah, ampak topnost drugih acetilenskih alkoholov se zmanjšuje z večanjem dolžine stranske verige. Vendar je mogoče topnost acetilenskih alkoholov povečati z dodatkom kvarternih amonijevih surfaktantov [21]. Acetilenski alkoholi se pogosto uporabljajo, saj so zelo učinkoviti glede na svojo ceno. Propargil alkohol se pogosto uporablja kot standardni korozijski inhibitor v kisliniskem postopku [17] in ima mnogokrat sinergistični učinek z drugimi snovmi. Kot korozijski inhibitor ali iniciator polimerizacije določenih korozijskih inhibitorjev se v korozijski zaščiti pogosto uporablja tudi cimetov aldehyd (**slika 1**).

4 MEŠANICE KOROZIJSKIH INHIBITORJEV

Smith in Dollarhide [3] sta leta 1978 predstavila celovito študijo o tem, kako je treba zasnovati MKI. Nadalje je Schmitt leta 1984 [18] objavil zelo po-

**Slika 1:** Struktura cimetovega aldehida

memben pregledni članek o uporabi korozijskih inhibitorjev v kislih medijih.

Spodaj je navedeno nekaj zgledov, kako so raziskovalci zasnovali MKI za raztopine kislin:

1) Beale in Kucera [22] sta preizkušala različne kombinacije acetilenskih alkoholov kot MKI za jeklo C1010 v HCl, H₂SO₄, sulfonski, fosforni in očetni kislini pri 93,3 °C. Te kombinacije so omogočile uporabo manjše količine inhibitorjev za doseg istega učinka. Poročata, da je prednost uporabe mešanic več kot dveh komponent in da je največji učinek, kadar se uporabi ista količina različnih snovi. Največji učinek je, kadar se uporabi snov z manjšo molsko maso (3–6 ogljikovih atomov) in snov z večjo molsko maso (7–11 ogljikovih atomov).

2) Gao s sodel. [23] je pokazal, da različne α,β -nenasičene karbonilne spojine (cimetov aldehyd, benzal-aceton in fenil stiril keton), zmešane s propargilnim alkoholom, delujejo kot zelo učinkoviti MKI za jeklo N80 v 20-odstotni raztopini HCl pri 90 °C. Ti avtorji trdijo, da je glavni razlog za visoko učinkovitost inhibicije pri povišanih temperaturah polimerizacija in adsorpcija teh spojin na površino jekla. Nadalje, Sastri [24] je poudaril, da komercialni MKI vedno vsebujejo acetilenske alkohole za uporabo pri visokih temperaturah. Visoko inhibicijsko učinkovitost propargil alkohola pripisujejo nastanku železovega kompleksa, ki katalizira nastanek zaščitne polimerne plasti, še posebej pri visokih temperaturah.

3) Ali s sodel. [25] je razkril mešanico za železo vsebujoče materiale v mineralnih kislinah, viskoelastično površinsko želirno sredstvo in sistem korozijskih inhibitorjev, ki vsebuje vsaj eno spojino: alkenil fenon ali α,β -nenasičen aldehyd (cimetov aldehyd ali njegov derivat sta se izkazala za posebej učinkovita), nenasičen keton ali nenasičen aldehyd, ki je različen od alkenil fenona ali α,β -nenasičenega aldehyda, disperzivno snov (kot so organski amini [13]), jod in alkoholno topilo. Ta MKI lahko vsebuje tudi mešanice ojačevalcev CuI in CuCl. Kot viskoelastično površinsko želirno sredstvo so predlagali surfaktant erucilamidopropil betain. Ta MKI je bil zasnovan, da se izognejo uporabi mravljinčne kisline kot ojačevalca, ki lahko povzroči korozijo cevovodov.

4) Baddini [16] poroča o zasnovi MKI na podlagi cimetovega aldehyda, benzalacetona in finil stiril ketona s propargil alkoholom, ki je zelo učinkovit za zmanjšanje korozije jekel v 20-odstotni HCl pri 90 °C.

5) Hill in Romijn [26] sta predlagala naslednje snovi za zasnovo MKI:

- mešanico fenil vinil ketonov in acetilenskih alkoholov z dodatkom kalijevega jodida in mravljinčne kisline za jekla J55, N80 in L80 pri temperaturi do 149 °C;

- mešanico na osnovi kvarternih aminov in cimetovega aldehyda (to je potrdil tudi Growcock s sodel. [27]) z dodatkom kalijevega jodida in mravljinčne kisline ter etoksiliranega nonilfenola ali etoksiliranega linearnega alkohola, ki se uporabi kot surfaktant pri temperaturi do 121 °C;
- mešanica fenil vinil ketonov s kalijevim jodidom in mravljinčno kislino ter surfaktantom na osnovi etoksiliranega nonilfenola in toluena za jeklo 13Cr;
- kinolinijeve in piridinijeve soli z antimonijevim kloridom [8, 9];

Mannichovi kondenzacijski produkti ali kvarterne soli z acetilenskimi alkoholi, kot so propargil alkohol, 1-heksil-3-ol (priporoča ga tudi Schmitt [18] in Sastri [28]) in 4-etil-1-oktin-3-ol, čeprav sta prva dva zelo toksična za kožo. Mannichove baze se sintetizirajo s kondenzacijo aminov (večino primarni amini), aldehydov (večinoma formaldehyd) in ketonov [29].

6) Sastri [28] in Schmitt [3] predlagata uporabo naslednjih snovi: a) mešanice dušik vsebujočih snovi, acetilenskih snovi, in surfaktantov, b) kondenzacijskih produktov aminov in aldehydov, c) C₁₂-C₁₈-primarnih aminov, cikloheksilamina, anilina, metilanilinov, alkilpiridinov, benzimidazola in smol aminov s formaldehydom, in č) acetilenskih inhibitorjev z ioni Fe.

Pomembna dela na predlaganem področju raziskav so objavili tudi Keeney in Johnson [30], Growcock, Frenier in Jesinski [5, 7, 8, 27, 31–34], Williams s sodel. [13–15, 35], Coffey s sodel. [36], Walker [9, 37, 38], Barmatov s sodel. [21], Fischer in Parker [39], Nasr-El-Din s sodel. [40] in Singh in Dey [41].

V laboratoriju je pri zasnovi MKI treba upoštevati temperaturo v globini vrtine, tlak, čas izpostavitve, metalurgijo jekla, vrsto in koncentracijo kisline ter surfaktanta. Tako se simulirajo razmere v vrtini med kislinskim postopkom. Razvoj MKI je zahtevna naloga. Po navadi se to izvede s preizkušanjem učinkovitosti inhibicije mnogih posameznih snovi. Če delujejo kot dokaj učinkoviti korozijski inhibitorji, se kasneje uporabijo (enega ali več) za razvoj kompleksne mešanice skupaj z drugimi kemikalijami. Cilj je izboljšati učinkovitost inhibicije MKI v primerjavi s posameznimi korozijskimi inhibitorji. V mnogih primerih se to preizkušanje izvede z metodo poskušanja in napake na podlagi predhodnega znanja.

5 CILJI RAZISKAV

Podatki o okoljsko sprejemljivih korozijskih inhibitorjih za HCl že obstajajo, vendar je bila analiza po večini izvedena pri sobni temperaturi [2]. Po drugi strani pa raziskovalci redko poročajo o procesu inhibicije korozije v kislinah pri povišani temperaturi, še posebej pa redko poročajo o razvoju učinkovitih

mešanic korozijskih inhibitorjev za preprečevanje korozijskega napredovanja v naftnih in plinskih cevovodih. Še redkeje (če sploh) je v literaturi mogoče pridobiti podatke o učinkovitih mešanicah korozijskih inhibitorjev pri povišani temperaturi, ki bodo morale biti uporabljene po letu 2020 zaradi zahtev OSPARCOM.

Odkritje zelenih MKI za različne materiale v kislinah bo pomenilo izboljšano varnost za okolje in ljudi, ki so pri tem procesu prisotni. Tehnologija, razvita v industriji pridobivanja energentov, je uporabna tudi za druga industrijska področja, kot so pretakanje kislin, jedkanje, industrijsko čiščenje in odstranjevanje oborin, in tudi druga področja, kjer je potrebna zaščita jeklenih materialov s korozijskimi inhibitorji. Treba je poudariti, da so ta področja po navadi osnova nadaljnjim industrijskim procesom in številna podjetja nas sprašujejo po teh tehnoloških rešitvah.

6 SKLEP

Korozijski inhibitorji so snovi, ki v korozijskem mediju ščitijo kovinske materiale pred korozivnim propadanjem. Po drugi strani pa po navadi pri povišani temperaturi posamezne snovi kot korozijski inhibitorji niso več učinkovite za korozijsko zaščito jekel, zato je treba zasnovati posebne mešanice korozijskih inhibitorjev. Te mešanice pogosto vsebujejo korozijske inhibitorje, surfaktante, topila in ojačevalce ter se uporabljajo v cevovodih vrtin za pridobivanje nafte in plina. Cilj sedanjih raziskav je razvoj mešanic, ki so okoljsko sprejemljive, saj so v industriji pridobivanja energentov nenamerni izpusti v okolje pogosti.

7 LITERATURA

- [1] Fourth North Sea Minister's Conference, Esbjerg, June 8–9, 1995
- [2] M. Finšgar, J. Jackson, *Corrosion Science*, 86 (2014), 17–41
- [3] C. F. Smith, F. E. Dollarhide, N. B. Byth, *Journal of Petroleum Technology*, 30 (1978), 737–746
- [4] F. B. Growcock, *Corrosion*, 45 (1989), 393–401
- [5] W. W. Frenier, F. Growcock, V. R. Lopp, B. Dixon, US patent 5.013.483, (1990)
- [6] W. W. Frenier, F. B. Growcock, V. R. Lopp, *Corrosion*, 44 (1988), 590–598
- [7] W. W. Frenier, US patent 5.096.618, (1992)
- [8] R. J. Jasinski, W. W. Frenier, US patent 5.120.471, (1992)
- [9] M. L. Walker, US patent 5.366.643, (1994)
- [10] G. Zhang, C. Chen, M. Lu, C. Chai, Y. Wu, *Materials Chemistry and Physics*, 105 (2007), 331–340
- [11] P. C. Okafor, X. Liu, Y. G. Zheng, *Corrosion Science*, 51 (2009), 761–768
- [12] M. A. Quraishi, R. Sardar, *Corrosion*, 58 (2002), 103–107
- [13] D. A. Williams, P. K. Holifield, J. R. Looney, L. A. McDougall, US patent 5.002.673, (1991)
- [14] D. A. Williams, P. K. Holifield, J. R. Looney, L. A. McDougall, US patent 5.200.096, (1993)
- [15] D. A. Williams, P. K. Holifield, J. R. Looney, L. A. McDougall, US patent 5.209.859, (1993)
- [16] A. L. d. Q. Baddini, S. P. Cardoso, E. Hollauer, J. A. d. C. P. Gomes, *Electrochimica Acta*, 53 (2007), 434–446
- [17] M. A. Quraishi, D. Jamal, *Materials Chemistry and Physics*, 68 (2001), 283–287
- [18] G. Schmitt, *British Corrosion Journal*, 19 (1984), 165–176
- [19] M. A. Quraishi, D. Jamal, *Corrosion*, 56 (2000), 983–985
- [20] M. A. Quraishi, D. Jamal, *Corrosion*, 56 (2000), 156–160
- [21] E. Barmatov, J. Geddes, T. Hughes, M. Nagl, Research on Corrosion Inhibitors for Acid Stimulation, in: NACE, 2012, pp. C2012-0001573
- [22] A. F. Beale, C. H. Kucera, US patent 3.231.507, (1966)
- [23] J. Gao, Y. Weng, S. Salitanate, L. Feng, H. Yue, *Petroleum Science*, 6 (2009), 201–207
- [24] V. S. Sastri, Corrosion inhibitors: Principles and Applications, John Wiley&Sons, Chichester, 2001, p. 747
- [25] S. Ali, J. S. Reyes, M. M. Samuel, F. M. Auzerais, US patent 2010/0056405 A1, (2010)
- [26] D. G. Hill, H. Romijn, *Corrosion*, (2000), Paper No. 00342
- [27] F. B. Growcock, W. W. Frenier, P. A. Andreozzi, *Corrosion*, 45 (1989), 1007–1015
- [28] V. S. Sastri, Corrosion inhibitors: Principles and Applications, John Wiley&Sons, Chichester, 2001, p. 759
- [29] V. S. Sastri, Corrosion inhibitors: Principles and Applications, John Wiley&Sons, Chichester, 2001, p. 739
- [30] B. R. Keeney, J. W. Johnson, US patent 3.773.465, (1973)
- [31] W. W. Frenier, F. B. Growcock, US patent 4.734.259, (1988)
- [32] F. B. Growcock, W. W. Frenier, *Journal of the Electrochemical Society*, 135 (1988), 817–822
- [33] F. B. Growcock, V. R. Lopp, *Corrosion*, 44 (1988), 248–254
- [34] F. B. Growcock, *Corrosion*, 45 (1989), 1003–1007
- [35] D. A. Williams, P. K. Holifield, J. R. Looney, L. A. McDougall, US patent 5.089.153, (1992)
- [36] M. D. Coffey, M. Y. Kelly, W.C. Kennedy, US patent 4.493.775, (1985)
- [37] M. L. Walker, US patent 4.498.997, (1985)
- [38] M. L. Walker, US patent 4.552.672, (1985)
- [39] E. R. Fischer, J. E. Parker, *Corrosion*, 53 (1997), 62–64
- [40] H. A. Nasr-El-Din, A. M. Al-Othman, K. C. Taylor, A. H. Al-Ghamdi, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 43 (2004), 57–73
- [41] D. D. N. Singh, A. K. Dey, *Corrosion*, 49 (1993), 594–600

VAKUUMSKI MERILNIKI TOBIJE GRUBERJA (Ob dvestoletnici obnove Družbe Jezusove leta 1814)

Stanislav Južnič

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

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Graditelj ljubljanskega prekopa general jezuitov Gabrijel Gruber je bil nadvse ponosen na svojega mlajšega polbrata, slovitega učnjaka vakuumista Tobijo. Opisani so Tobijevi izumi vakuumskih merilnih naprav; prirejeni so bili za meritve na terenu. Tobijeva znanstvena dela in še posebej priročne vakuumske naprave lastne izdelave so bila deležne tolikšnega odmeva, da je bil Tobija kar trikrat izbran za predsednika Češke znanstvene družbe, prednice današnje Češke akademije. Zgodaj leta 1804 je Tobija obnovil svoje prisega pri jezuitih pod vodstvom svojega brata generala Gabrijela. V Ljubljani in širši okolici je resda raziskoval le tri ali štiri leta, zato pa sta bila z mestom bolj povezana njegova brata Gabrijel in Anton, predvsem pa njihova mati Jožefa; gospa je umrla v svoji ljubljanski vili Podrožnik.

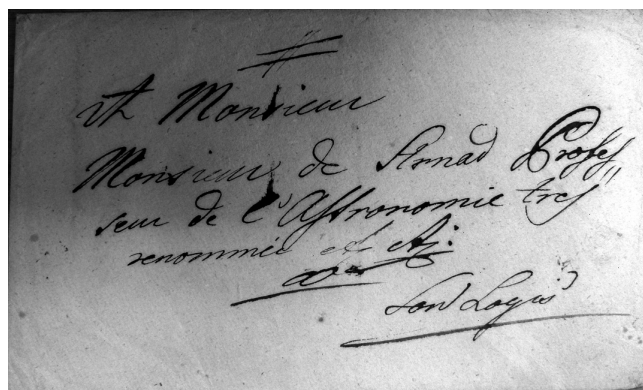
Ključne besede: Ljubljana, Tobija Gruber, Gabrijel Gruber, vakuumske merilne naprave, obnova Družbe Jezusove

Vacuum Experiments of Tobias Gruber (at the bicentenary of restoration of Society of Jesus)

ABSTRACT

The general of Jesuits Gabriel Gruber who built Ljubljana canal and palace was very proud of his younger brother, the vacuum-equipment designer Tobias. Tobias Gruber produced vacuum equipment for conventional and portable measurement. He became so famous with his vacuum pieces that he was elected for three terms as the president of Bohemian Society of Science, the predecessor of the modern Czech Academy of Sciences. Early in 1804 Tobias Gruber renewed his vows to the Jesuits under the leadership of his brother general Gabriel. Tobias was in Ljubljana and other parts of Carniola just for three or four years, much less compared to his brothers, Ljubljana professors of technical sciences Gabriel and Anton Gruber, or their mother Josefa who died in her Villa Podrožnik.

Keywords: Ljubljana, Tobias Gruber, Gabriel Gruber, Vacuum Based Measurement Devices, Restoration of Jesuit Society



Slika 1: Ovojnica pisma astronomu jezuitu Antonu Strnadu (Strnadt, * 1746; † 1799), ki je vsebovala T. Gruberjevo avtobiografijo, datirano oktobra 1804 (Archiv Akademie věd České republiky (Praha) / A. Fondy institucí / Fondy starších vědeckých společností, ústavů a spolků / Královská česká společnost nauk (KČSN) 1766–1953, š. 79, inventarna številka 374).

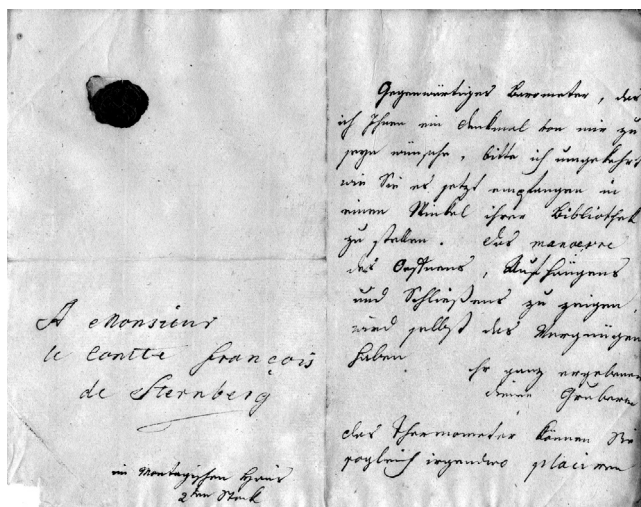
1 UVOD

O raziskovanjih ekspanzije plinov v prazen prostor Tobije Gruberja smo v Vakuumistu že brali (24/3 (2004) 18–28). Zato se v tem prispevku raje osredinimo na T. Gruberjeve izume vakuumskih merilnih naprav; z njimi je močno zaslovel, tako da so jih na potovanjih uporabljali še dobro desetletje po T. Gruberjevi smrti. Svoje izume je znal umetelno prilagoditi pogosto neudobnim razmeram za tedanje zgodnje raziskovalce gorovij.

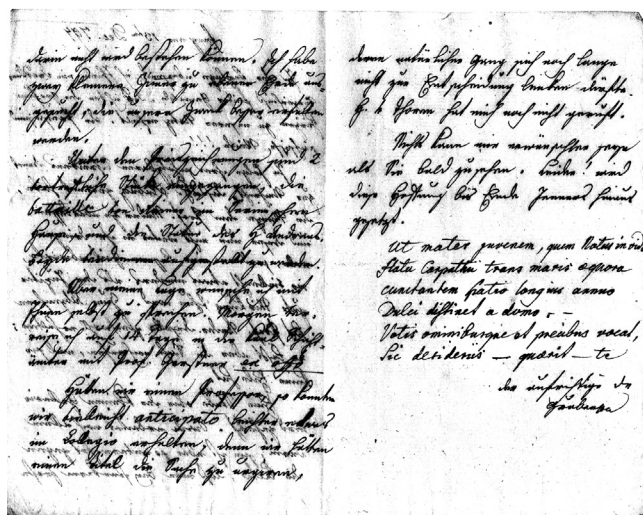
Dunajski jezuiti slovenskega rodu Gruberji so bili bratje in ne zgolj polbratje; dejstvo je pred časom postalo razvidno iz dunajskih krstnih in pogrebnihi zapisov. Vpliv bratov Gruber na kranjski vsakdan je bil tolikšen, da lahko zadnjo tretjino 18. stoletja imenujemo kar dobo Gruberjev. Njihov pomen se je kmalu razširil zunaj kranjskih in celo zunaj habsburških meja. Odločilno so pripomogli k obnovi Družbe Jezusove po vsem svetu, kar je bil vsaj do neke mere vseskozi poglavitni cilj njihovih dejanj in nehanj. Tako si je mogoče razlagati tudi Tobijevo avtobiografijo, datirano oktobra 1804.

2 IZHLAPEVANJE V VAKUUMU LETA 1788

Na začetku razprave o izhlapevanju vode v praznem prostoru je T. Gruber leta 1788 citiral dve leti starejše raziskovanje barometriških cevi svojega prijatelja



Slika 2: Tobija Gruber poroča prijatelju in mecenu Francu grofu Sternbergu o svojih izdelavah vakuumskih barometrov in termometrov (Archiv Národního Muzea, Praha, Šternberk-Manderscheid Fond (ŠM) k64, nedatirano).



Slika 3: Tobija Gruber poroča F. Sternbergu o svojemu prijatelju profesorju Gerstnerju na levi strani pisma, ki ga je dne 13. 12. 1797 sklenil z dolgo latinsko pesnitvijo o raziskovanju Karpatov z uporabo vakuumskih prenosnih merilnikov lastne izdelave (Archiv Národního Muzea, Praha, Šternberk-Manderscheid Fond (ŠM) k64).

Gerstnerja. Franz Joseph vitez Gerstner (* 1756; † 1832) je ugotavljal, da kapljice vode v praznem prostoru barometra letijo proč in lahko njihove modifikacije opazujemo v različnih okoliščinah. Pojav je v dveh zaporednih zimah omogočil vrsto poskusov, katerih izvlečke in rezultate je T. Gruber nadrobno opisal v svoji razpravi. Uporabljal je ravne steklene cevi dolge 45–50 palcev s premeri 3–4 dunajske linije. Danes zastarela merska enota linija je njega dni merila približno 2,2 mm. Cevi so bile dokaj ravno zaprte na konceh in napolnjene s prečiščenim živim srebrom; le-tega je Gruber nabavljal v Idriji in ga je vrel tako dolgo, kot je bilo le mogoče. Kuhanje za izparevanje prečiščenih živosrebrnih par pri $+356,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ je s sodobnega stališča zdravju dokaj nevaren postopek, vendar kljub Hacquetovim raziskavam T. Gruber o teh nevarnostih bržkone še ni veliko vedel.

T. Gruber je nato uporabil odprto cev polno živega srebra. Ko jo je zasukal za polovico polnega kota, se je živo srebro postavilo v ravnovesno lego s praznim prostorom, dolgim najmanj 30 palcev. Tako je dobil barometer na Torricellijev način star že poldrugo stoletje. Za vnos vode v barometer je uporabil kalibrirano stekleno brizgalko, katere stožčasto zakrivljeni konec se je iztekal v lasasto odprtino premera $1\frac{7}{12}$ linij. Med tresenjem merilne naprave je eksperimentator T. Gruber opazil stisnjeno maso vode, ki se je povzpela za $6\frac{2}{5}$ kubičnih linij. Ko se je voda vzdignila do površine živega srebra, je brizgnila ven in ustvarila

zračni balon, katerega velikost je zelo blizu velikosti premera cevi. Raven živega srebra je takoj po brizganju padla za 9 linij. Pri tem zbrana voda je lahko zavzela prostornino večjo od 3,5 kubičnih linij; povzpela se je do višine 28 palcev in 7,25 linij pri 14,9 stopinjah Réaumura na območju med živim srebrom in balončkom zraka.¹

Teža 9 linij visokega živega srebra nad vodo s primešanim zrakom je pritiskala skupaj s težo vodne mase. Ob znižanju cevi se je balonček dvignil za 1,5 linije, kar je v celem barometriškem vakuumu dalo padec 3 linije in nadaljnjih $\frac{3}{4}$ linije.² Izhlapljanje je bilo precej počasnejše kot na odprtem zraku.

V naslednjih poskusih se je T. Gruber trudil z gotovostjo dokazati razmere pri odsotnosti zraka oziroma v praznem prostoru; pojav je opisal podobno kot v vodi, kjer je zrak prav tako odstranjen. Ob prvem večjem segrevanju praznega prostora s plamenom špiritnega gorilnika je nastopila le sprememba v cevi živega srebra. Dobil je od 0,5 do $\frac{5}{6}$ kubičnih linij vode, zaprte v praznem prostoru, kar mu je omogočilo različne poskuse o odvisnosti vode od steklenih sten. S podaljšanjem območja vode v površino živega srebra je izginila še zadnja sled zraka. Živo srebro se je dvignilo za 9 linij pri temperaturi 15 stopinj Réaumurja. Voda je tvorila prstan sredi živega srebra z napeto živosrebrno površino v obliki napete membrane; živo srebro v kapilari nasprotno od vode namreč ne omoči stene. S toploto dlani je T. Gruber segrel površino živega srebra v cevi; voda je popolnoma izhlapela v nekaj minutah, v zgornjem delu cevi pa je naredila vidne kapljice. Če primemo z roko zgornji del, se bo voda zbrala pod živim srebrom. Pri tem je prazen prostor bolj ali manj segret.³ Tako lahko z malo toplote hitro dobimo vodne meglice in vedno večje kaplje, ki se končno postavijo na steklo; sredi živosrebrne površine se tvorijo izolirane kaplje v obliki kroglastih segmentov.

Gruber je eksperimentiral pri različnih temperaturah praznega prostora, živo srebro pa je moralo pri tem imeti drugačno stopnjo temperature od praznega prostora. Vzrok je iskal v hladnejši trojni (središčni) točki živega srebra, v večjem privlaku, s katerim povečane polkrogle delujejo na središče, ali pa v obojem. Tudi ob drugačnih temperaturah pri -14 stopinjah Réaumurja je opazil podobne izolirane kaplje. Če v celotni napravi znižamo temperaturo na -17 stopinj, se tako poveča padanje meglic, da se živo srebro postavi le za $\frac{5}{6}$ linij nižje v barometru. Veliko segrevanje povzroči veliko izparevanje meglic. S špiritnim plamenom, ki poveča temperaturo praznega prostora za

¹ Réaumurjeva skala, brez resne uporabe v sodobni znanosti, je uporabljala nekoliko večje stopinje od danes prevladujočih Celzijevih v razmerju $1\text{ }^{\circ}\text{R} = 1,25\text{ }^{\circ}\text{C}$

² Gruber, 1789, 141

³ Gruber, 1789, 142

50 stopinj, bo v cevi s premerom 4 linije živo srebro padlo za 7 palcev $2 \frac{1}{3}$ linije pod navadno raven; v prostoru s prostornino $2 \frac{4}{9}$ kubičnih palcev z $11/20$ kubične linije vode bo meglica nevidna. Pri temperaturi $+80$ stopinj⁴ bo živo srebro na ravni 12 palcev 1 linije in bo masa vode $2/3$ kubične linije nevidna v prostoru velikem $2 \frac{2}{3}$ kubičnega palca. Izparevanje vode pri -14 stopinjah Réaumurja je zelo majhno; do vrelišča pri $+80$ stopinj Réaumurja, ko postane je $2/3$ kubičnega palca nevidno, je razliki 94 stopinj, prispevek praznega prostora k velikosti izparevanja pa je v razmerju 97 : 56.

Pri T. Gruberju, tako kot pri modernih učenjakih, vakuum torej nikakor ni nič, temveč ima lastnosti, s katerimi temeljito vpliva na izhlapevanje in sorodne pojave. Gruber je v laboratoriju znova uspešno ponazoril dogajanje v naravi, njegov izum pa je tokrat v marsičem spominjal na poldrugo stoletje poznejšo meglično celico.

Temperaturno stopnjo vrenja vode v praznem prostoru je T. Gruber dosegel z (razbeljeno) železno žico. Le-to je tako globoko poveznil v merilno napravo, kot je bilo to mogoče v praznem prostoru. T. Gruber je žico segreval v vrelém živem srebru pri $356,73$ °C v stekleni cevi umerjenega živosrebrnega termometra. Termometer se je v določenem položaju tako zelo segrel, da se je prostornina živega srebra povečala za $1/4$ kubične linije v $1/6912$ delu celotnega prostora.

V pokonci postavljeni cevi je voda dosegla površino živosrebrnega stolpa in brizgnila 10 palcev visok stolp vode, ki je obkrožil celoten termometer. Pri $+26$ °R ($30,5$ °C), kot jih je prinesla toplota T. Gruberjeve dlani, je opazil mehurčke pare v približni velikosti premera cevi. Pri $+34$ °R, kot jih je dobil s toplo obleko, je bilo vrenje megle ob tleh že tako močno, da je voda pokrila celoten prazen prostor⁵ brez upora vse do konca cevi. Merilna raven v termometru se je dvignila za 1,5 linij. Srednja vrednost več opazovanj je po T. Gruberjevih računih dajala $+30$ °R. Pri temperaturi -15 °R se je v praznem prostoru pojavil 8,25 inčev dolg steber zaprte vode, ki se je s konveksno površino povečal za $1/18$ svoje dolžine. Zaprti termometer je prejel veliko ledu, tako da so se eliptične ploskve tvorile na površini; prišlo je do kristalizacije na obrobjih stekla celo pri 0 °R stopinjah, pa tudi pri -15 °R.

Sprememba mase zraka za polovično kubično linijo vode je nastopila pri različnih stopnjah toplote. Ob znani razliki med specifično težo vode in zraka se je suh zrak sredi brizganja stisnil enako kot pod tla-

kom polovične kubične linije vode. Ko je Gruber celotni zračni prostor segrel s špiritnim gorilnikom, je živo srebro zavrelo. Steber živega srebra se je od začetne vrednosti dvignilo zgolj za 1 palec in 6 linij. Pri temperaturi ledu je bila razdalja le 9 linij.⁶ Pri čisti vodi je bila raven le $4 \frac{1}{3}$ linije nad prvotnim stanjem. Iz teh poskusov je T. Gruber potegnil naslednje ugotovitve: stopnja toplote v živem srebru, ki pripelje vodo do vrelišča, se prenese tudi na zrak s segrevanjem, tako da se mora stolp živega srebra znižati. Podobno postane zrak viden v vrelí vodi v praznem prostoru; zrak se kot sama po sebi težka tekoča snov pri temperaturi kuhanja nemerljivo malo izloča.

Atmosferski zrak se pri izparevanju ne kaže, saj je zaprt v vodi kjer se še bolj se razširi.⁷ Pri hitrem kuhanju vode se teža zraka v notranjosti postavi na različne nadmorske višine, kar povzroči največje izločanje vode.

T. Gruber je verjel v snov toplote in ognja; po nemško ju je imenoval Feuerstoff, po naše ali francosko pa kalorik. Takšna snov je v praznem prostoru sama zase povod za izparevanje. Več ali manj vode se izloči; tako megla izhaja le iz trkov med snovmi. Para se pri visokih stopnjah toplote manjša in se odloži na stene, medtem ko se kalorik le prenaša. T. Gruber je imel kalorik za navadni snovi močno podoben fluid z veliko manjšo težo.

Pri enakih toplotnih stopnjah je prepustil v prazen prostor le določeno količino toplote, medtem ko je živo srebro ostajalo na enaki ravni in je lahko izločilo več ali manj vode. Na odprtem zraku brez pare je moral ob izparevanju poleg stopnje toplote upoštevati tudi vlažnost.

Gruber z zakoni statike ni znal pojasniti premikanja in cirkulacije megle v praznem prostoru,⁸ ko so mu sledili težji ali lažji delci. Razen toplote in drugih posrednikov, ki gredo skozi steklo, tu ni ničesar drugega. Očitno izločanje in izhlapevanje vode vpliva na maso vode; tako pride do spajanja pare s toploto oziroma kalorikom. Tudi pri drugih prinašalcih, ki prodirajo skozi steklo, se zgodi podobno. Medtem ko para sama tvori vmesni medij, katerega vsak delec ima določeno razdaljo od drugega, le ogenj pri prihajanju ali odhajanju v družbi z drugimi tekočinami povzroča odboj med delci pare.

Gruber ni podpiral domneve, da vse vodne pare nastajajo le kot mehurčki; para se namreč vrtinči po izrekih statike. V teh okoliščinah gredo skozi votlo telo pare njeni deli kot votle kroglice, katerih specifična teža sama ostaja enaka; po svoji strani se para

⁴ Gruber, 1789, 143

⁵ Gruber, 1789, 144

⁶ Gruber, 1789, 144–145

⁷ Gruber, 1789, 146

⁸ Gruber, 1789, 147

združuje z delci ognja. V atmosferi je bolj segreto prostornino zraka poleg njegovih par s statičnimi izreki težko opisati zaradi odbojev v majhnih deli zraka.⁹ Toplota in kalorik sta združljiva z drugimi tekočinami, ki prosto prehajajo skozi steklo. Navidezno tudi v praznem prostoru tvorita vmesni medij. Izloča se toliko pare, kot je pri količini vmesnih delcev v razmerju stalne ugotovljene pare dopustno. Ta odvisnost je posledica afinitete pare na ogenj. Pri -13°R se živo srebro pod prostorom izločene pare dvigne še za dodatnih 1,5 linije in pri -17°R še za 6/6 linije, podobno kot v barometru. Tako je razumljivo, da se lahko izločanje in utekočinjanje pare zgodi le pri visokih temperaturah pod vplivom toplote in kalorika.

Pet let pred pisanjem T. Gruberja je Lavoisier v *Réflexions sur le phlogistique* (1783) dokazoval, da flogiston nasprotuje rezultatom poskusov; zato ga je nadomestil s kalorikom. Kot se rado zgodi, je kalorik odpravil nekatere preglavice, a je kmalu postregel s celo paleto novih. Leta 1798 je grof Rumford objavil *An Experimental Enquiry Concerning the Source of the Heat which is Excited by Friction* ob svojih opazovanjih vrtnanja novih topovskih cevi. Dokazoval je, da se kalorik ne ohranja. T. Gruber je sprejel Lavoisierjevo stališče, ni pa še razmišljal na Rumfordov način. Rumford je bil v marsičem Lavoisierjev naslednik, saj je med drugim podedoval tudi Lavoisierjevo soprogo, kar pa je kmalu bridko obžaloval. Žal ga kesanje ni kaj prida obvarovalo pred letečimi lonci neprevidno izbrane pariške življenjske družice, ki se je vse prehitro prelevila v zmaja. Redovniki Gruberji so se tovrstnim težavam v glavnem izognili.

T. Gruber z ognjem spreminjal paro oziroma meglo v praznem prostoru ob počasnejšem ali hitrejšem izparevanju. V zraku pri navadnih razmerah ne deluje tako hitro in močno izparevanje. Para naj bi bila spojena s kalorikom; gosta vsebnost kalorika bolj ali manj zadržuje paro, ki se zato utekočini nekoliko počasneje. V tem oziru se zdi, da je ogenj enako sredstvo samo po sebi. S paro se poenoti in prekrije zrak, tako da se lahko premika zgolj v vmesnem prostoru. Fini tanki atmosferski zrak se redči s toploto ali pa z nižanjem tlaka. Več pare dobimo od gostejših snovi; ob prehodu¹⁰ skozi gostejši v redkejši zrak se ustvarijo območja oblakov in nato padavin. Potem ogenj znova tvori utekočinjeno paro. Neodvisno od temperature se s spreminjanjem tlaka zrak redči in za sabo pušča paro; zato je zrak odvisen od ognja. To je lahko dobra podlaga za razlago prispevkov k drugim pojavom, je pribil Gruber. Med drugim je imel v mislih veliko zadrževanje vlage tudi pri zmanjšani toploti, vlago v zgornjih

neravnovesnih območjih atmosfere ali pa vlago v obliki padavin.

Pri enaki stopnji toplote bo vlaga redkejša od navadnega zraka, ko imata vlaga in zrak enaki masi. Pri zmanjšani hladnosti je celo več vlage oziroma megle. Ob enaki toplotni stopnji, ko imata oba (vlaga in zrak) pri neenakih masah enako prostornino, je celoten prostor vlage-megle pri nižjih temperaturah manjši od navadnega prostora zraka. Od tod sledi, da ogenj ob veliki elastičnosti pare-vlage, ki jo prinese zrak, naraste v razmerju količine razmaknjenih krogel (svojih molekul). Posledično vlaga v spremenljivih vmesnih medijih naredi z naraščanjem in padanjem svoje mase velike spremembe; podobno počne zrak s svojo hladnostjo.

Gruber je s poskusi dokazoval, da se elastičnost ene in iste prostornine zraka poveča z odstranitvijo vlage. Zrak ne vpliva na kristalizacijo in širjenje ledu.¹¹ Kristalizacija se odvija v vodi z določenim odstranjevanjem ognja, ki obdaja tekočine z izločanjem svojih elementov; pri zakonih privlaka tvorijo kristalne oblike. Po drugi strani so razdalje v tekočini večje v vmesnem prostoru (zaradi anomalije vode) kot v prostornini ledu, tudi ko je le-ta povsem brez zraka. Del zraka se prenese v navadno vodo. Ko obmiruje, se še večji del zraka v drugače postavljenih mehurčkih pojavi v ledu. Gruber je anomalijo vode pojasnil z negibnostjo trdega ledu. Zato je za 1/1015 redkejši od prekuhanane vode, kjer je glede na prosti zrak zgolj 1/1212. V prekuhanem mediju, ki se izloči iz praznega prostora, je le 1/18 tekoče mase.

Tu je T. Gruber vrnil značilno pripombo o drugačnih poskusih z mediji za prenašanje v praznem prostoru barometra. Poudaril je le en sam zgled: živo srebro, ko je drugič prekuhan, se z močnim segrevanjem vakuumu nič ne spremeni; ostaja prazno oziroma je že bilo izpraznjeno.¹² Tako lahko določimo specifične teže različnih plinov in količine iz tekočine izločanega fiksiranega zraka. Slednje je bil škotski naziv Josepha Blacka (* 1728; † 1799), skovan po letu 1753 za plin, ki ga danes imenujemo CO_2 . Podobno opredelimo kondenzacijo ali utekočinjanje, mešanje in spajanje nekega telesa brez upoštevanja zraka; določimo lahko še številne druge pojave. To povečuje obseg fizike s pozornostjo, usmerjeno na (sestavne) delce, potrebne za nadaljevanje in dopolnitev poskusov ali njihovo nadaljevanje v drugačnih okoliščinah.

Po raziskovanju barometra leta 1788 je T. Gruber leta 1790/91 objavil razpravo o delcih atmosfere, v katerih je še globlje posegel v atomizem delcev zraka, povezanih z ognjem oziroma kalorikom. Za začetek je

⁹ Gruber, 1789, 148

¹⁰ Gruber, 1789, 149

¹¹ Gruber, 1789, 150

¹² Gruber, 1789, 151

navedel svojo lastno ugotovitev iz leta 1788: v vakuumu je izparevanje vode neprimerno hitreje kot v prostoru, zapolnjenem z zrakom; voda vre pri 30 °R (37,5 °C).

Ogenj si je zamišljal kot fluidno neelastično snov; nima odbojnega območja, povezanega z vmesnimi delci, tvori pa vsaj neko začasno odbojno območje, ki zadostuje za nadaljnje preprečevanje nekoč medsebojno povezane snovi pred ponovnim združevanjem¹³ delcev megle z delci v vmesnem prostoru. Tako sam ogenj in njegova odbojna sila povzročita dvigovanje snovi, težje od zraka, brez dodatkov. Ogenj je lažji in manj elastičen od zraka. Zato teži k višavam in porazdelitvi po vsem prostoru. Kalorik vzpostavi ravnovesje s svojim širjenjem v območja z manj kalorika, da bi dosegel ravnovesje v megli-pari. Megla s hlapci se gosti ali redči zaradi razlik v temperaturah med svojimi toplejšimi in bolj mrzlimi deli, s čimer sproža svojo cirkulacijo.¹⁴

Toplota vpliva na hlapce-meglo s tem, da jo ovije s toplino in tako omogoča okroglo obliko, ki jo imajo navadne kapljice hlapov-megle oziroma pare. Več prostora v vmesnem zraku pomeni več prostora za tuje delce. Zrak, razširjen s toploto, prav tako lahko sprejme več tujih delcev v primerjavi z gostejšim zrakom, ki ima manj toplote.¹⁵ Visoka stopnja impregnacije, ki daje prosti zrak, se morda podreja zakonom hidrostatične. Teža ali masa telesa je vedno produkt prostornine in gostote telesa. Nekateri sledovi dežja iz oblakov, ki nikoli ne dosežejo tal Zemlje.¹⁶ Območja oblakov imajo koagulirane prostornine par. V nižjih območjih, oblikovanih vzdolž površine Zemlje, so žarki Sonca zelo vplivni, kar je T. Gruber dokazoval s citatom iz svoje razprave o fatamorgani.¹⁷

Na nekaterih višinah so krogle pare sferične.¹⁸ Enako oblikovane krogle pare se veliko hitreje kondenzirajo. Proces je lahko tako hiter, da se para strdi (po sublimaciji). Med vsemi poliedri, ki nastajajo na prostorih krogel pare, je Gruber izpostavil ikozaedre z dvanajstimi enakimi trikotniki. Dvanajst krogel pare jih tvori zaradi delovanja kalorika, kar vpliva tudi na prosojnost par;¹⁹ seveda gre zgolj za približen opis. Pri pravilni obliki ikozaedra se manjši balončki spajajo in tvorijo večje; posamezni lahko postanejo tako veliki, da so videti kot megla ali oblak.²⁰ Para se oblikuje glede na površino, še posebej na območju visokih planin.

Če umerimo gostoto pare vzdolž celotne atmosfere, dobimo ukrivljeno črto za ordinato; nanjo vplivajo sončni žarki, prav tako pa toplota ali mraz. Oblaki v atmosferi, ki spreminjajo omenjeno ukrivljenost, se prav tako prilagajajo oblikam površja Zemlje. Tako para po razdelitvi dobi minimalno sferično obliko, količina kalorika v zraku pa se manjša vse do ničle v višjih legah.²¹

Električni fluid je seveda del atmosfere; njegova izredna fluidnost in elastičnost omogočata elektriki visoko hitrost. Pozitivna in negativna elektrika je modifikacija iste substance ali pa dveh različnih. Gruber je napačno menil, da ima druga domneva dobro podporo v poskusih, vendar takšni ali drugačni teoriji ne vplivata na njegov model. Pozitivna in negativna (elektrika)²² se bolj prilegata točkastim telesom, pri katerih lahko tvorita gladko površino neke vrste atmosfere, ki se premika zaradi odboja zraka, prav tako pa zaradi modifikacij pare v balončkih; zato vpliva na ponovno naelektritev oblakov. Odbojni pari balončkov pare, ojačeni z elektriko, lažje plavajo, kar omogoča gibanje oblakov v višjih predelih ozračja.

V opombi pod črto je T. Gruber tu poudaril A. Voltovo mnenje, da elektrika vpliva na nastajanje pare. To domnevo je Saussure dokazal med številnimi poskusi, opisanimi v tretjem delu njegovega potopisa *Reise durch die Alpen*. S svojo veliko gostoto ob površini Zemlje se tam vezana elektrika dvigne navzgor, skupaj z njo pa sublimirani delci zemlje. Gorovja v oblakih delujejo kot prevodniki. Tako je elektrika (v ozračju) neke vrste meja med zrakom in zemljo. Pozitivna in negativna (elektrika) modificira paro, kar lahko vpliva na tlak atmosfere in na krivulje pare, ki jih vse skupaj povzroča neenakomerna gostota.

Magnetna snov je razširjena po vsej atmosferi in njenih delih in ni ločena²³ v svojih modifikacijah. Magnetna snov se lahko spremeni v elektriko do stopnje, ki je opredeljena z okoliščinama. Ta T. Gruberjeva domislica je bila nedvomno moderna v okvirjih tedaj priljubljene romantike, saj jo je Oersted dokazal komaj leta 1819, Faraday pa jo je pozneje prilagodil elektrotehniki. Res je Benjamin Franklin že prej razmišljal o vplivih strele na magnet, podobno pa je počel tudi Tobijev brat Gabrijel Gruber v tedaj ruskem mestu Polock v današnji Belorusiji.

¹³ Gruber, 1791 *Betrachtungen*, str. 193

¹⁴ Gruber, 1791, 191–192, 192–193

¹⁵ Gruber, 1791, 194

¹⁶ Gruber, 1791, 196

¹⁷ Gruber, 1786; Gruber, 1791, 197

¹⁸ Gruber, 1791, 197–198

¹⁹ Gruber, 1791, 200

²⁰ Gruber, 1791, 201

²¹ Gruber, 1791, 202

²² Gruber, 1791, 202–203

²³ Gruber, 1791, 203–204

T. Gruber se ni ustavil zgolj pri kaloriku, elektriki in magnetu, temveč je razmišljal tudi o zadnjem preostalem fluidu, ki so si ga tedaj zamišljali domala brez teže: o svetlobi. Svetloba naj bi se prav tako zelo pogosto pojavljala med širjenjem kalorika v ozračju. Širi se po ravnih črtah in je zelo različna od kalorika, saj jo lahko vidimo. Svetloba lahko vpliva na toploto in mrzlost brez spreminjanja atmosferskega tlaka.

Nato je T. Gruber posegel še dlje z domnevami o številnih drugih finih snoveh, ki pa jih znanost nikoli ni znala prav opredeliti. T. Gruber je menil, da mu njegova raziskovanja omogočajo pogled nanje, čeprav jih ni mogoče tako zlahka izslediti v naravi. Pri nadaljnjem raziskovanju ozračja z različnimi vrstami plinov je T. Gruber predpostavil številne še ne odkrite substance. Gibanje kometov se mu je zdelo podobno krogla pare, pri čemer je domneval, da bo raziskovanje mrzlih območij polov Zemlje navrglo številna nova odkritja. Ko kometi z velikih razdalj in zmrazili priletijo v toplejšo atmosfero Sonca, njihovo segreto jedro izloča fluid; ta zelo fina snov jih naredi vidne onstran Sonca.

Ali ni zaloga fluidne snovi na polih (kjer toplejše cone nadomeščajo hladnejše) s severnim sijem enaka snovi kometov, se je retorično spraševal T. Gruber; morda je imel v mislih domneve svojega prijatelja jezuita Maximiliana Hella. Po Gruberju imamo tu opraviti z oddaljeno modifikacijo atmosfere,²⁴ kar je vsaj za komet z današnjega stališča povsem za lase privlečeno. Ogenj, svetloba, elektrika, magnetna snov in številni drugi manj znani fluidi ne morejo imeti navadne teže kot druge snovi, vendar pa lahko njihovo težo konkretno demonstriramo v atmosferi. Ta teža je v primerjavi z navadno tako majhna, da bi jo zaznali le drugi (bolj natančni) merilniki.

Drugačnega mnenja je bil T. Gruber o delih ozračja in njegovi substanci, ki je bolj ali manj fluidna. Menil je, da gre za olja, ki nastajajo iz modifikacij krogel pare. Naletel je celo na pol-fluidno snov v obliki rafiniranih delcev prahu dvignjenih iz fluidov, ki so se po svoji specifični teži razlikovali od atmosferskega prostora. Drugi sestavni del atmosfere se kaže pri spreminjanju vremena, dekompoziciji in gnitju mineralov, rastlin in živali. V trdnih snoveh imamo sperme atomov s pobeglimi sledovi soli, ki v naravi nastopajo v krogih, poslužujejo pa se skritega videza in načinov delovanja. Gruber se je potožil, da je prav ta del med vsemi najbolj zapleteno razložiti, čeprav nastopa na površini Zemlje in ne deluje prav daleč od nas.

Vzrok za slabo poznanje teh pojavov je videl v njihovem gibanju, ki je drugačno kot pri ognju ali toploti.

Toploto Sonca čutimo²⁵ kot napol videno skozi paro, ki leži na segreti površini. Zato ohlajanje Zemlje povzroči, da (rosa, slana) pade med zimskimi nočmi. Enake sestavine povzročajo tudi spremembe v gostoti atmosfere, prav tako pa številne posebnosti. Posebna umetnost je izmeriti gostoto in opraviti nujne izračune, saj lahko meritve opravimo zgolj v naravi. Zmanjšana masa in prostornina posebne snovi, ki ima težo, sama povzroči razliko pri teži ozračja. Gibanje ni zgolj nasprotovanje tlaku; nastopa tudi gibanje delcev zraka v smeri njegove teže. Vsi pojavi težnosti se kažejo kot posledice manjšanja sile, ki je po svoji strani nasprotna gibanju. Poslednji rezultat vseh teh raziskovanj kaže geometrično odvisnost gostote zraka od tlaka atmosfere. Tako lahko z merjenjem gostote in teže zraka dobimo isto skalo, ki jo je profesor Gerstner opisal v svoji razpravi.

Ogenj ima delce, ki niso elastični, saj nimajo ustreznega odboja med vmesnimi delci. Vsaj v enem oziru pa imajo udarno moč, ki traja tako dolgo, dokler lahko učinkovito prepreči ponovno spajanje delcev. Ko namreč ogenj med izhlapevanjem v zraku daje dovolj delcev,²⁶ potem njihova količina ostaja enaka, da lahko ohrani razdaljo med ločenimi snovmi. Če ni drugih potreb, se bodo ločeni delci pare ohranili razpršeni v prostoru.

Tako se nadgrajena snov, težja od zraka, zgolj ohranja na razdaljah brez vsakega stika zaradi problemov, povzročenih z ognjem in odbojem. Tekoča snov je specifično lažja, tudi če je bolj elastična od zraka. Zato stremlje v višave in se ločuje v skladu z zakoni, ki veljajo na tolikšnih višinah. Medsebojno uravnovešanje snovi ognja za preprečitev njegovega širjenja zahteva ravnovesje med proizvedeno paro, tudi če se ta dviguje. Gibanje pare je odvisno od gostote in razlike temperatur.

3 ŠIRJENJE PLINOV V VAKUUM

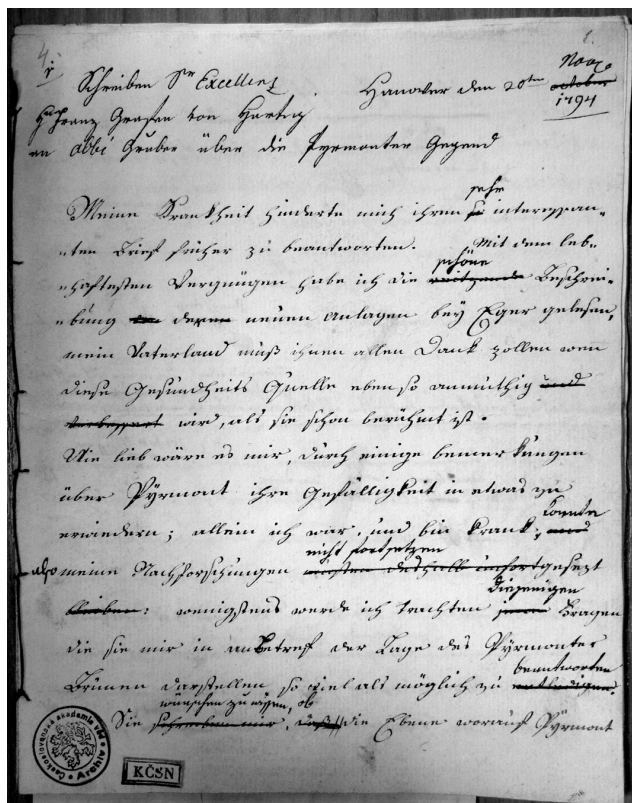
Kot fizika je Tobijo Gruberja privlekel predvsem problem tvorbe ledu na ventilu rudniške črpalke v Schemnitzah (Banská Štiavnica), ki sta ga opisala že Tobijeva učitelja Scherffer in Poda,²⁷ oba zagovornika Boškovičevih nauk. Črpalke je sestavil starejši brat vodilnega dunajskega jezuita astronoma Maximiliana Hella, ki se je pridružil obnovljenim jezuitom Gabrijele Gruberja. Tobija je svoja raziskovanja razredčenih plinov začel objavljati leta 1788, ko se je iz Prage preselil na dolgoletno urejevanje toplic v Franzensbadu (Františkovy Lázně); tam je preiskoval vsebnost plinov v mineralni vodi in jih primerjal z meritvami

²⁴ Gruber, 1791, 205–206

²⁵ Gruber, 1791, 205–206

²⁶ Gruber, 1794, 193

²⁷ Poda, 1771



Slika 4: Začetek pisma predsednika Češke znanstvene družbe Franza grofa Hartiga, poslanega dne 20. 11. 1794 iz Hannovra T. Gruberju na Češko (Archiv Akademie věd České republiky (Praha) / A. Fondy institucí / Fondy starších vědeckých společností, ústavů a spolků / Královská česká společnost nauk (KČSN) 1766–1953, š. 75, inventarna številka 508).

prijatelja grofa Franca Hartiga (* 1758 Praga; † 1797 Dresden) v toplicah Pyremont na zgornjem Saškem jugozahodno od Hannovra.

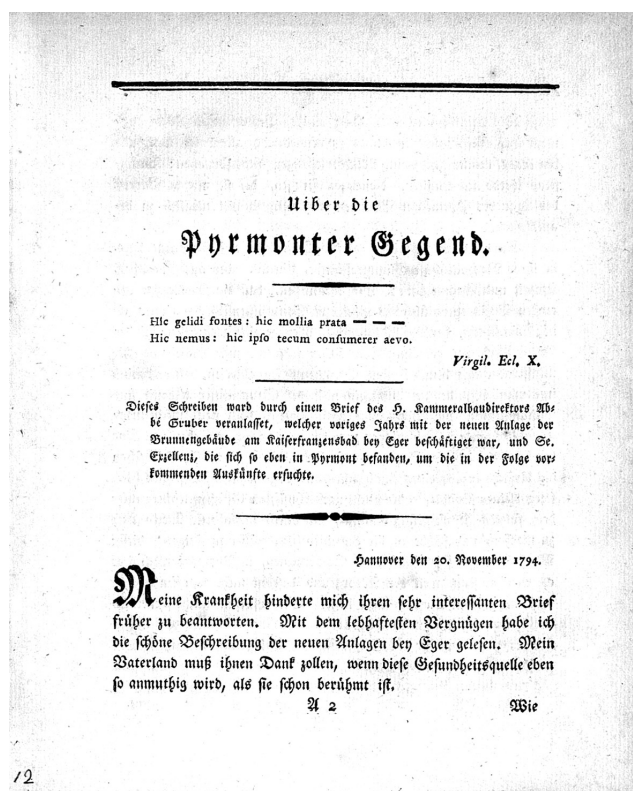
Tobija Gruber je nasprotoval razlagam Erazma Darwina o razširjanju plina, ki naj bi vedno pobiral toploto iz okolice. Gruber se je namreč tesneje od Darwina oprijel nove teorije kalorika in je menil, da sam tok kalorika vpliva na okolico.²⁸ Tedanje švicarsko-nemške razlage adiabatnih pojavov so si bile pogosto v laseh z britanskimi mnenji. Le-ta so se kovala predvsem na sestankih Mesečeve družbe v Birminghamu, katere vidna člana sta bila tako Darwin kot James Watt in Joseph Priestley. Številni člani Mesečeve družbe niso podpirali le ameriške revolucije, temveč tudi francosko, ki jezuitu Tobiji Gruberju ni bila po godu; kot vedno, so se znanstvena verovanja prepletala s političnimi.

Darwin in Jean-André De Luc sta med prvimi spoznala, da adiabatne pojave povzroča stiskanje zraka in ne polnjenje vakuumu. Spoznanje je bilo podobno stoletje starejšemu preobratu Galileija ali Blaisa Pascala, ki sta dognala, da se narava ne boji vakuumu,

temveč vakuum onemogoča velikanski pritisk stolpa ozračja. Darwin in De Luc se zato nasprotno od Gruberja nista preveč navduševala nad vakuumskimi poskusi, čeprav je Gruber po drugi strani hvalil Darwinovo duhovitost in pogosto citiral De Lucove dosežke tudi v nasprotju z Lambertovimi meritvami raztezanja zraka. Tedanji raziskovalci so potrebovali adiabatne pojave, predvsem za razlago vremenskih sprememb. Med Gruberjevimi poglavitnimi viri so bile meritve njegovega profesorja Korošca Josepha Edlerja Herberta (* 1725; † 1794).

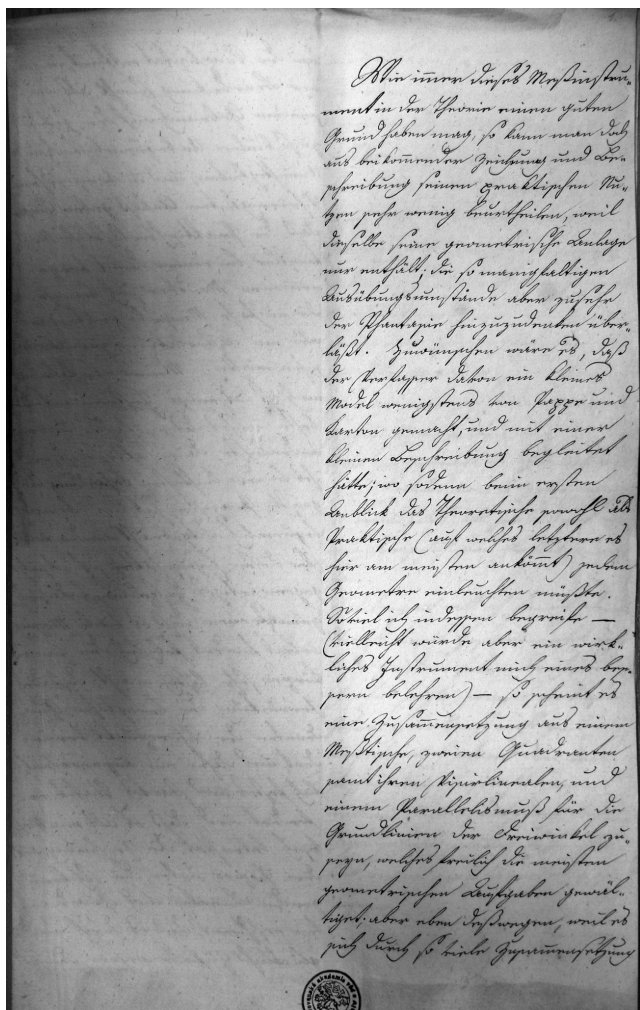
T. Gruber je svoj študij plinov in njihovih specifičnih toplot v večletnih raziskavah razširil s poskusi v vakuumu, zaslovel pa je predvsem s sestavljanjem izjemno natančnih prenosnih naprav za merjenje tlaka, temperature, vlažnosti, kotov in vrelišča vode. Veliko sudetskih in drugih hribov je premeril sam med znanstvenimi pohodi s sodelavci, njegove naprave pa so s pridom uporabljali še desetletje po njegovi smrti. Gruberjevi prenosni vakuumski merilniki so postali tako priljubljeni, da so ga klicali tudi k ocenjevanju podobnih naprav, ki so jih izdelovali drugi.

Med ocenjenimi je bil dunajski šolnik Anton Felkel (* 1740; † po 1798) leta 1794. Kmalu po Tobijeve prelitvi na Češko je Felkel začel sestavljati matema-



Slika 5: Hartigovo Pismo je bilo z dodanimi tabelami meritev objavljeno v glasilu Češke znanstvene družbe, leta 1795 pa še kot posebna knjiga.

²⁸ Gruber, 1791; Darwin, 1791



Slika 6): Prva stran T. Gruberjeve ocene vakuumske merilne naprave Antona Felkela (Archiv Akademie věd České republiky (Praha) / A. Fondy institucí / Fondy starších vědeckých společností, ústavů a spolků / Královská česká společnost nauk (KČSN) 1766–1953, š. 75, inventarna številka 504).

tične tabele v sodelovanju z Lambertom, čeprav ne ravno z velikim dobičkom.²⁹ T. Gruber je svetoval, Felkel pa izdelal majhen model, izjemno močan in odporen stativ ter skico na papirju. Merilno napravo naj poenostavi do večje natančnosti, podobno kot jo ima mikroskopski mikrometer s kvadratom; le-ta je s polmerom 8 cm prav tako zanesljiv kot naprava s trikrat večjim polmerom. Mimogrede je T. Gruber navrgel, da bi Felkelovi napravi primeren ročaj zagotovil učinkovito uporabo.

V Pragi je Tobija Gruber kmalu postal vodilni učenjak in umetniški strokovnjak, tako da so mu poverili vodenje Češke znanstvene družbe (*Česká Společnost*

Nauk) takoj, ko si je le-ta pridobila vladarjevo pokroviteljstvo. Za krmilo so ga postavili še dvakrat in mu obenem prepustili še tajništvo matematično-naravoslovnega razreda Družbe. Na stara leta je postal tajnik celotne Družbe, prednika današnje Češke akademije znanosti.

4 VAKUUMSKI MERILNI PRIPOMOČKI

Tobija se je izkazal kot pravi umetnik v izdelovanju vakuumskih znanstvenih merilnih naprav. Dne 31. 10. 1790 se je bratranec F. Sternberga Joachim grof Sternberg (* 1754/5 Praga; † 1808) pridružil Francozu Jeanu Pierru Blanchardu pri poletu z balonom na segreti zrak v okolici Prage. Hudo neurje je kar za začetek odpihnilo večino Sternbergovih skrbno zbranih merilnih naprav. Sledil je prisilni pristanek zaradi katerega je J. Sternberga oblila kri. Sklenil je, da se bo v prihodnje znanstveno udeleževal na tleh in ne vel v zraku. Bil je član *Česká Společnost Nauk* in *Regensburgische Botanische Gesellschaft*, ustanovljene 14. 5. 1790.

Dne 26. 3. 1793 je Joachim Sternberg opisal svoje peterburško srečanje z ambasadorjem Kranjcem Ludvikom Kobenclo (Johann, * 1753 Bruselj; † 1809) in lordom Jamesom Macartneyem; lord je potoval na pogajanja s kitajskim cesarjem.³⁰ Joachim je debatiral z matematikom Eulerjem in Schubartom³¹ o uporabi naprav Tobije Gruberja za meteorološke meritve na Norveškem in Švedskem. Johan Albrecht Euler (* 1734; † 1800) je bil član akademije od leta 1766, konferenčni tajnik od leta 1769 in Leonhardov sin. S pomočjo T. Gruberjevega kuharstva je Joachim določal vrelišče vode severno od Hamburga. Navajal je zapise iz Tobijevega potopisa,³² pri steklarskih delih pa je s T. Gruberjem osebno sodeloval.³³ Joachimov brat Caspar Maria Sternberg (* 1761; † 1838) je skupaj s Tobijevim prijateljem Franzem Sternberg - Manderscheidom soustanovil *Vaterländisches Museum* v Pragi leta 1821, po letu 1820 pa si je dopisoval z Goethejem.

Eulerjev in Shubertov ogled Tobijevih merilnih naprav je zgledil pot za podobne izume Tobijevega brata Gabrijela pri peterburški akademiji. G. Gruberjev pomočnik v Polocku, mehanik, kovač in urar Bavarec Francisek Ksaver Shopfer (Schoepfer, * 1761; † 1808,³⁴ je sestavil mehanske mline in napravo za rezanje sukna. Izum so prvič uspešno uporabili v jezuitski tovarni v Polocku; nato so ga kazali v

²⁹ Arhiv Češke Akademije Znanosti KČSN š. 79, Inv. št. 374; š. 85, Inv. št. 504; www.scs.illinois.edu/~mainzv/exhibitmath/exhibit/felkel.htm

³⁰ Sternberg, 1811, 52

³¹ (sic!) astronom Friedrich Theodor Shubert (* 1758; † 1825), član akademije od leta 1789

³² Sternberg, 1793, 3: 407, 4: 2, 10; Gruber, 1781, 199

³³ Gruberjevo pismo Franzu grofu Sternbergu dne 21. 6. 1794 iz toplic Františkovy Lázně (Archiv Národního Muzea, Praha, Šternberk-Manderscheid Fond (ŠM) k64)

³⁴ Grzebien, 1996

Sankt Peterburgu in v Moskvi. O novi napravi je Peter Aleksevič von der Palen (Pahlen, * 1745 ; † 1826) poročal carju.³⁵

Junija 1799 je Gruber ob obisku v Sankt Peterburgu predstavil v prostorih Akademije³⁶ nekaj svojih izumov, med njimi znova škarje za striženje tankega sukna, razne črpalke in kipe; naredil je velik vtis in še sam vzbudil pozornost. Ob tej priložnosti je znova srečal carja po povabilu v Zimski dvorec leta 1789 in po kaligrafskem opisu predloga Franciscusa Xaveriusa Kareua (Kari, * 1731; † 1802) za predstavitev jezuitske mehanike Peterburški akademiji. V Zimski dvorec se je odpravil v družbi J. Benislavskega, ki je leta 1800 postal ruski katoliški metropolit.³⁷

Za G. Gruberjevo delo v hidrodinamiki sta se zanimala akademika profesorja matematike Semen Emeľjanovič Gurev in Semen Kirilovič Kotelnikov. Gurev je leta 1792 študiral hidravliko v Angliji, Kotelnikov pa je med letoma 1751 in 1752 študiral pri Abrahamu Gotthelfu Kästnerju v Leipzigu in sodeloval pri prekopu Volga–Don. Podobno je G. Gruber med deli pri ljubljanskem prekopu uporabljal Kästnerjeve učbenike.

T. Gruber je 6. 8. 1795 v Pragi poudaril vakuumski termometer in barometer lastne izdelave tudi v pismu Ferencu grofu Széchényiju (* 1754 Fertőszéplak;

† 1820 Dunaj), ustanovitelju Ogrske narodne knjižnice in Narodnega muzeja v Budimpešti. Gruber je v tistih dneh pričakoval obisk Ferenc in njegove soproge v Pragi. Navajal je pismo Bohuslavu baronu Hasištejnský Lobkowitzu (30. 7. 1795). Skliceval se je na Johanna Rudolfa grofa Czernina von Chudenitza (* 1757; † 1845), Sternberga, svojega prijatelja zdravnika Jana Mayerja, generala Františka Josefa Kinskýa in Abbé Giblinga (Josef Kiblin).³⁸

5 SKLEP

Hitro napredovanje po praških družabnih lestvicah je Tobiji Gruberju v veliki meri omogočilo članstvo v tamkajšnji prostozidarski loži, ki je družila večino čeških veljakov tistih dni. Obiskoval jo je tudi Mozart, katerega glasba je bila v Pragi še posebej priljubljena. Prostozidar Tobija je uspešno pomagal svojemu bratu Gabrijelu Gruberju, ki je v Rusiji vodil znanstvena, šolska in diplomatska prizadevanja za obnovitev Družbe Jezusove. Kot pri številnih drugih sodobnikih prostozidarstvo Tobije Gruberja nikakor ni bilo v napoto njegovi ljubezni do jezuitov. Čim so Gabrijelova prizadevanja to omogočila, je Tobija zgodaj leta 1804 obnovil svoje jezuitske prisege in pristopil k ruskim jezuitom svojega brata jezuitskega generala Gabrijela

Tabela 1: Pomembne življenjske čeri Gruberjev

Čas	Gabrijel	Tobija	Anton
1740	Rojstvo	Rojstvo na Dunaju	Rojstvo
1744			
1750			
1751 očetova smrt	Pridruži se jezuitom	Pridruži se jezuitom Študira pri jezuitih	Pridruži se jezuitom
18. 10. 1755			
18. 10. 1760			
1760–1773			
18. 10. 1765			
1768	Prihod v Ljubljano	Nadomešča Walcherja na Dunajski univerzi	Gabrijelov pomočnik v Ljubljani
1773/74	Ljubljanski prekop (9. 3. 1771–december 1777) Navigacijski direktor (4. 6. 1772–1. 5. 1781)		
1774–1777			
1777–1780			
1780–1806			
1785	Odhod na Rusko	Praga, več let v Františkovi Lázně in bližnjem Chebu (1788–1794) ³⁹	Profesor matematike na filozofskih študijih v Ljubljani
1787 materina smrt			
24. 4. 1788–14. 9. 1802			
10. 10./22. 10. 1802	Izvoljen za generala jezuitov	Številni obiski dunajskih galerij	
1796, 1798, 1801, 1805			

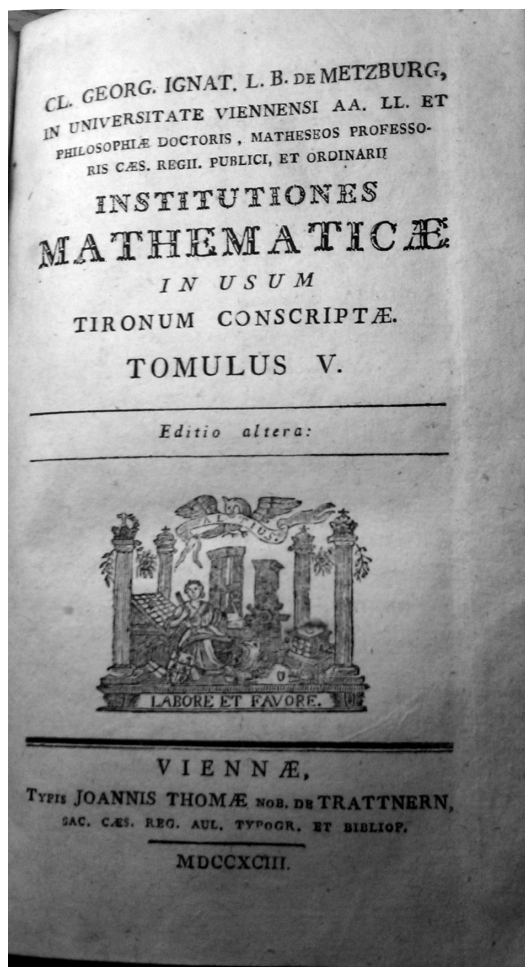
³⁵ Zalenski, 1886, 73

³⁶ Med letoma 1743 in 1803 se je imenovala Imper. Akademija nauk i hudožestv

³⁷ Čurkina, 1981, 107; Inglot, 1997, 98, 149; Moroškin, 1867, 1: 370; Zajc, 2011, 17

³⁸ www.mek.oszk.hu/01600/01644/01644.pdf, str. 152–154, 213

³⁹ Gruber, 1794, 163, 193–195

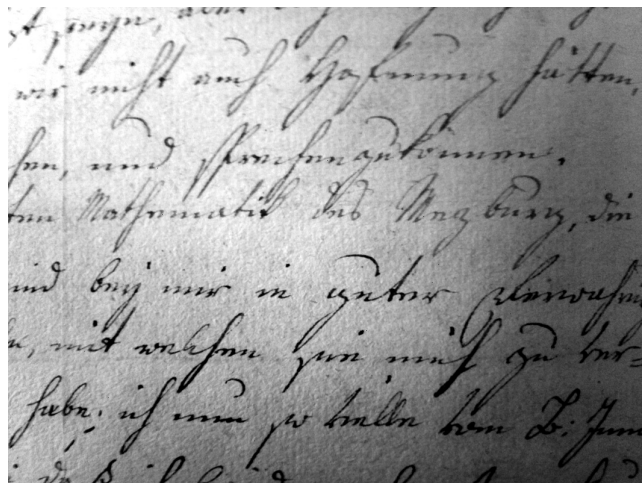


Slika 7: Naslovna stran petega od sedmih delov Metzburgove knjige pri ljubljanskih frančiškanih (Georg Ignac Metzburger, 1793, **FSNM**-14 d 32), ki je obravnaval aerometrijo z vakuumskimi tehnikami in hidravliko.

Gruberja, ki so tisti čas uspešno obnavljali prisege nekdanjih jezuitov na Dunaju, v Ameriki in na Kitajskem. Žal Tobija in Gabrijel Gruber nista dočakala uradne vsesplošne obnove Družbe Jezusove leta 1814, za katero sta žrtvovala velik del svojih moči.

Gruberji so bili pravi blagoslov za Ljubljano; po svoje je škoda, da so bili jezuiti in tako s svojimi potomci niso ustvarili matematično-tehniške dinastije, podobne, denimo, Bernoullijem! Seveda njihov pogled na uporabne vede ni bil enoten. Gabrijel jih je imel nedvomno vsaj v poznejših letih predvsem za orodje pri pridobivanju političnega ugleda.

Anton Gruber je bil izrazito pedagoško naravnana matematik v času, ko je matematika obsegala še dobršen del fizike z vakuumskimi napravami vred; Antonov konjiček so bila seveda rože. Njihov očim Schwindl se je udejstvoval predvsem v kmetijstvu. Zgolj Tobijo bi lahko s sodobnega stališča vsaj deloma proglasili za poklicnega znanstvenika, ki pa se je v jeseni svojega življenja posvečal predvsem umetnosti in zbirateljstvu. Kljub razlikam pa so Gruberji očitno imeli pomembno skupno točko, ta pa je bila zaver-



Slika 8: Četrta vrstica druge strani A. Gruberjevega ljubljanskega pisma dunajskemu Metzburgovemu študentu Jožefu Kalasancu baronu Erbergu, v katerem se mu zahvaljuje za dostavo Metzburgove knjige dne 6. 10. 1790 (AS 730, Gospostvo Dol, fasc. 43, 1337). Erberg in Gruber sta imela po eno latinsko in nemško izdajo, Metzburger, Georg Ignatz. 1775, 1776, 1777. *Institutiones Mathematicae in usum Tironum conscriptae*. 1-3. Viennae: Typis Joan. Thomae Trattneri. I-V. (Erberg-M41; **NUK**-4281); Prevod A., X. G.: 1798-1804. *Einleitung zur Mathematik*. Wien: F. J. Rotzel. I-VII. (Erberg-M42; **NUK**-4281).

vanost v jezuitski red. Srčno so delali za njegovo obnovo in – uspeli.

6 VIRI IN LITERATURA

6.1 Arhivski viri

Archiv Akademie věd České republiky, Praha, A. Fondy institucí, Fondy starších vědeckých společností, ústavů a spolků, Královská česká společnost nauk (KČSN) 1766–1953, š. 75, 79
Archiv Národního Muzea, Praha, Šternberk-Manderscheid Fond (ŠM) k64

6.2 Literatura

- Čurkina, Iskra Vasil'evna, Jezuit Gabriel Gruber v Rusiji. Arhivi. 4, 1981, str. 107–108
- Darwin, Erasmus, Frigoric Experiments on the Mechanical Expansion of Air, Explaining the Cause of the Great Degree of Cold on the Summits of High Mountains, the Sudden Condensation of Aerial Vapour, and of the Perpetual Mutability of Atmospheric Heat. By Erasmus Darwin, M. D. F. R. S.; Communicated by the Right Honourable Charles Greville, F. R. S. Phil. Trans. 78, 1788, str. 43–52. Prevod: Versuchen auf die Erzeugung der Kälte. Gren's J. Phys. 3/1, 1791, str. 73–77
- Gruber, Tobija, Herrn Tobias Grubers, Weltpriesters und k.k. Bau- und Navigationsdirektors im Temeswarer Banat, Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain an Ignaz Edlen von Born k.k. wirklichen Hofrath. Vienna: Johann Paul Krauss, 1781
- Gruber, Tobija, Ueber die Strahlenbrechung und Abprellung auf erwärmten Flächen. Böhm. Ges. 2, 1786, str. 298–333
- Gruber, Tobija, Versuche über die Ausdünstung des Wassers im leeren Raume des Barometers. Abhandlungen der Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften, auf das Jahr 1788. 4/1, 1789, 139–151, Poseben odtis: 1789. Dresden: Walther
- Gruber, Tobija, Bemerkungen über H. Erasmus Darwins Folgerungen aus Versuchen auf die Erzeugung der Kälte durch die mechanische Ausdehnung der Luft u.s.w. Journal der Physik I Heft S. 73. Gren's J. Phys. 3/2, 1791, str. 188–197
- Gruber, Tobija, Apparat, den Luftgehalt verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen (Sammt einer Kupfertafel). Gren's J. Phys. 8/2, 1794, str. 163–196. Fig. 1–10 (Tab. III ma str. 324)

- Grzebien, Ludwig, Encyklopedia wiedzy o jezuitach na ziemiach Polski i Litwy 1564–1995. Kraków: Wydział filozoficzny towarzystwa jezuosowego, 1996
- Inglot, Marek, La Compagnia di Gesù nell'impero Russo (1772–1820) e la sua parte nella restaurazione generale della Compagnia. Roma: Editrice Pontificia Università Gregoriana, 1997
- Moroškin, Mihail Jakovlevič, Iezuiti v Rossii: s carstvovanija Ekaterini II-i i do našego vremeni. Čast 1. Peterburg: Tipografija tovariščestva »Obščestvennaja Poljza«, 1888
- Poda, Nikolaus von Neuhaus, Berechnung der Luftmaschine, welche in der Niederungarischen Bergstadt zu Schemnitz bey dem Amalie Schacht, vom Hrn. Joseph Karl Höll, Oberkunstmeistern, erfunden, erbauet, und im Jahre 1753 den 23 März ist angelassen worden, nebst einer Kupferplatte. Wien: Joseph Kurzböck, 1771
- Poda, Nikolaus von Neuhaus, Kurzgefasste Beschreibung der, bey dem Bergbau zu Schemnitz in Nieder-Hungarn errichteten Maschinen, nebst XXII. Tafeln zu derselben berechnung; zum Gebrauch der, bey der Schemnitz Bergschule, errichteten mechanischen Vorlessungen verfassten von Nicolaus Poda der Gesellschaft Jesu Priestelt, öffentl. König. Lehrer der mathematische Wissenschaften bey der Bergakademie zur Schemnitz. Herausgegeben von Ignaz Edlen von Born. Prag: in der Waltherlichen Buchhandlung, 1771
- Sternberg, Joachim, Aus einem Schreiben des Herrn Grafen Joachim von Sternberg, von Petersburg, den 26. März dieses Jahrs. Sammlung Physikalisch Aufsätze, besonders die Böhmische Naturgeschichte betreffend, von einer Gesellschaft Böhmischen Naturforscher (ur. Johan Mayer). Dresden: Walther, 3, 1793, str. 402–408; 4, 1793, str. 1–16
- Sternberg, Joachim, Abhandlungen der königlichen böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften von den Jahren 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, Prag, 2, 1811, str. 47–59
- Zajc, Neža, Gabriel Gruber. Med domom in svetom. Ljubljana: ZRC SAZU, 2011, str. 9–24
- Zalenski, Stanislaw, Les Jésuites de la Russie-Blanche. Paris: Letouzeu et Ané. I-II, 1886

Popravek

V prejšnji številki Vakuumista je prišlo pri članku S. Južniča »Prvi Teslovi stiki z vakuumskimi tehnikami (ob 70-letnici Teslove smrti)«, *Vakuumist*, 33 (2013) 4, 22–33 do drobne napake. V napisu pod **slika 3** na str. 22 je pomotoma objavljena napačna letnica 1873, pravilna je 1879. Pravilni napis pod sliko se torej glasi:

Slika 3: Obrt Teslovega mojstra Druška, mestnega čevljarja z Leitnerhofgasse št. 234 Josefa Druschkovitsha (Družkovič, Druškovič), vpisana pod zaporedno številko 1125 dne 17. 7. 1879 s št. 6504 v obrtni register mesta Maribor (SI_PAM/0005, K 531 – Obrtni registri vođeni na podlagi obrtne zakonodaje 1859–1907: register za proste in rokodelske obrti 1866–1883)

Recenzija knjige o vakuumu

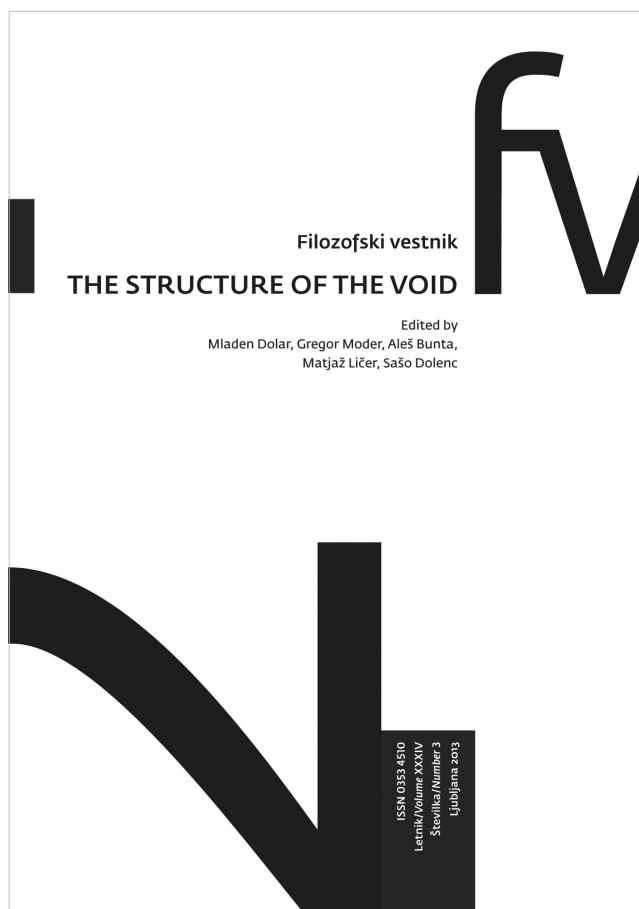
The Structure of the Void, uredili Mladen Dolar, Gregor Moder, Aleš Bunta, Matjaž Ličer in Sašo Dolenc. Izšla je kot posebna številka revije Filozofski vestnik, 2013, 34/2.

Knjiga je zagledala luč sveta kot rezultat raziskave, ki jo je finančno podprla ARRS. Je ena prvih odmevnih slovenskih interdisciplinarnih raziskav, ki sama po sebi obeta nove čase. Po eni strani je združila prizadevanja slovenskih mislecev praznega z ruskimi in zahodnimi. Predvsem pa je omogočila druženje filozofov s fiziki, kot sta Sašo Dolenc (Filozofska fakulteta) ali Miha Nemevšek (International School for Advanced Studies, Trst, in Institut »Jožef Stefan«).

Miha Nemevšek je opisal vakuum v kvantni teoriji polja kot stanje z najmanjšo mogočo energijo brez delcev z neničelnim spinom¹. Zanimala ga je možnost meritev močnega signala nevtrinov v LHC-ju (*Large Hadron Collider*) za določitev načina, kako se težki in lahki nevtrini združujejo v Higgsovem vakuumu.² Pri tem je izhajal iz osnov Paula A. M. Diraca (1902–1284), vendar jih je nadgradil z domnevami Ettoreja Majorane (1906–1936) tik pred njegovim skrivnostnim izginotjem leta 1937; njune matrike mase nevtrinov je povezal v minimalnem levo-desno simetričnem modelu.³ Uporaba sklopa Dirac-Yukawa nevtrinov za trkalnike, kot je LHC, kaže, kako izredno dolgo »lajtno« imajo stoletje stari pionirji kvantne mehanike, katerih domneve so vredne pozornosti celo v današnjih povsem spremenjenih razmerah.

Vakuumsko stanje se definira tudi v prisotnosti polj s spinom nič. Edina razlika je, da je to osnovno stanje netrivialno; lahko nosi pričakovano vrednost, ki definira energijsko skalo. Miha Nemevšek je v okviru znanega minimalnega levo-desno simetričnega modela v članku objavljenem v *Phys. Rev. Lett.* našel originalno in presenetljivo neposredno povezavo med Diracovimi in Majoranovimi masnimi matrikami. Ta povezava v okviru modela naredi le-tega bolj primerne za napovedi in se načeloma lahko preverja pri visokih energijah (LHC) in pri jedrskih procesih pri zelo nizkih energijah, denimo pri breznevtrinskem beta razpadu.

Podobno Nemevšku je tudi Sašo Dolenc navajal dela velikega šaljivca Richarda Feynmana, pri katerem smo se zagat vakuumu na svoj način pravzaprav vsi po svoje učili. Nova doba naj bi se rešila filozofske



ignorance botrov zgodnje kvantne mehanike z zanikanjem gesla »tiho bodi in računaj«.⁴ Čeravno naj bi bil Niels Bohr (in z njim Werner Heisenberg s številnimi pristaši) prepričan, da ljudje zaradi miselnih in jezikovnih omejitev nikoli ne bodo mogli razumeti notranje sestave atoma,⁵ zna biti v novih gospodarskih razmerah zadeva videna drugače. Sašo Dolenc je težave novoodkritih iracionalnih števil v pitagorejski realnosti posrečeno primerjal s težavami sodobnega dojemanja realnosti in vakuumu ob zagatah kvantne fizike, v kateri ni več problem v Bohrovi človeški pomanjkljivosti, temveč prej v Heisenbergovem načelu nedoločenosti, zaradi katerega je svet vakuumu in nevidnih delcev v resnici območje statistike.⁶

Statistična interpretacija vakuumu in entropije v Boltzmannovem in kvantnem smislu pa se morda vendarle po poldrugem stoletju kraljevanja nekoliko maje ob sintopiji Andreja Detela⁷ kot naravni sposobnosti številnih kompleksnih kvantnih sistemov, da se

¹ Nemevšek, 2013, 80

² Nemevšek, 2013, 94; Nemevšek, 2013, 1

³ Nemevšek, 2013, 90–91; Nemevšek, 2013, 2, 4

⁴ Dolenc, 2013, 50

⁵ Dolenc, 2013, 53

⁶ Dolenc, 2013, 58

⁷ Detela, 2014

spontano samoorganizirajo k vse višji stopnji notranje urejenosti, v nasprotju z entropijskim zakonom. V Einsteinovem smislu Bog ne kocka in je statistično-kvantna mehanika predvsem posledica neznanja in ne objektivnosti Heisenbergovega načela nedoločenosti.⁸ Statistična mehanika je zmagala zgolj začasno zaradi pretvorbe samega človeka v predmet statistike in bo padla, ko bo človek znova iz objekta postal subjekt.

Kot je povedal moj podiplomski profesor Andrej Ule: »Zame ostaja še vedno vprašanje, vakuum je odsotnost česa že? Ko bomo znali na to odgovoriti, bomo res kaj vedeli. Do tedaj pa imamo le domneve.«

Zahvala

Za nasvete pri pisanju se zahvaljujem Mihi Nemevški, Andreju Uletu in Andreju Deteli.

Literatura

- Cvelbar, France. 2013. Ratzinger in Einstein, vera in znanost. *Šola kot prostor dialoga med vero, znanostjo in umetnostjo* (ur. Globokar, Roman; Česen, Anton). Ljubljana: Zavod sv. Stanislava. 181–185
- Detela, Andrej. 2014. *Sintropija v polifaznih zibelkah*. Ljubljana: Elaphe
- Dolenc, Sašo. Nemevšek, Miha. 2013. The Void of Quantum Reality. *The Structure of the Void* (ur. Mladen Dolar, Gregor Moder, Aleš Bunta, Matjaž Ličer in Sašo Dolenc). *Filozofski vestnik*, 2013, 34/2: 49–60
- Nemevšek, Miha; Senjanović, Goran; Tello, Vladimir. November 2012 /26. 2. 2013. Connecting Dirac and Majorana Neutrino Mass Matrices in the Minimal Left-Right Symmetric Model. *Phys. Rev. Lett.* 110/15: 151802 (6 strani)
- Nemevšek, Miha. 2013. Vacuum, Colliders, and the Origin of Mass. *The Structure of the Void* (ur. Mladen Dolar, Gregor Moder, Aleš Bunta, Matjaž Ličer in Sašo Dolenc). *Filozofski vestnik*, 2013, 34/2: 79–96

Dr. Stanislav Južnič

⁸ Cvelbar, 2013, 185

21. MEDNARODNI SESTANEK »VAKUUMSKA ZNANOST IN TEHNIKA«, Samobor, 8.–9. maj 2014

V Samoboru na Hrvaškem je 8. in 9. maja 2014 potekalo 21. hrvaško-slovensko vakuumsko srečanje pod naslovom »Vakuumška znanost in tehnika«. Srečanje sta organizirala Hrvaško vakuumsko društvo in Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije.

Tudi tokrat je bilo srečanje dvodnevno. Potekalo je v hotelu Lavica v parku v središču Samobora. Na srečanju so bili predstavljeni mnogi zanimivi prispevki s področij znanosti o površinah, nanoznanosti, tankih plasti, površinskih tehnologij, elektronskih materialov, znanosti o plazmi, vakuumske znanosti, bioloških aplikacij, razvoja novih tehnik ... Srečanja se je udeležilo okoli 40 udeležencev, ki so predstavili svoje prispevke v obliki predavanj ali posterjev.

Predavatelji na srečanju iz Slovenije so bili dr. Matjaž Spreitzer, dr. Martina Modic in Peter Gselman



Slika 3: Preko 40 udeležencev slovensko-hrvaškega vakuumskega srečanja je spremljalo zanimiva predavanja.



Slika 1: Dr. Slobodan Milošević, predsednik Hrvaškega vakuumskega društva, je odprl 21. mednarodni sestanek »Vakuumška znanost in tehnika«.



Slika 4: Zanimivo predavanje dr. Martine Modic o plazemskih obdelavah medicinskih materialov



Slika 2: Predavanje dr. Barbare Šetina Batič o modifikaciji površin zlata z ionskimi curki



Slika 5: Premor za kavo so udeleženci izkoristili za izmenjavo izkušenj, mnenj in skupnih idej za nove skupne projekte.



Slika 6: Po uradnem delu srečanja se je zvečer nadaljevalo prijetno druženje ob dobri hrani in pijači v hotelu Lavica.

z Instituta »Jožef Stefan«, dr. Barbara Šetina Batič in Matej Hočevar iz Inštituta za kovinske materiale in tehnologije ter dr. Zdenka Peršin s Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru. Predavatelji iz Hrvaške so bili dr. Davor Ristić, Iva Šrut - Rakić, Zlatko Kregar, Marijan Biščan, Veljko Grilj, dr. Galja Pletikapić in Nikola Godinović. Srečanje je bilo zelo prijetno in uspešno, na njem je namreč prišlo do izmenjave mno-



Slika 7: Udeleženci 21. mednarodnega sestanka »Vakuumska znanost in tehnika« v Samoboru 8. in 9. maja 2014

gih mnenj, nastale pa so tudi nove ideje za skupne projekte.

Na srečanju sta predstavila svoj prodajni program tudi podjetji Scan, d. o. o., iz Slovenije in Kurt J. Lesker iz Madžarske. Za odlično organizacijo naj pohvalimo organizacijski odbor, ki ga je vodil dr. Nikša Krstulović iz hrvaškega vakuumskega društva.

Doc. dr. Janez Kovač, predsednik DVTS