

ICONIS MUS XI



Fig. IV.

# VAKUUMIST

ČASOPIS ZA VAKUUMSKO ZNANOST, TEHNIKO IN TEHNOLOGIJE, VAKUUMSKO  
METALURGIJO, TANKE PLASTI, POVRŠINE IN FIZIKO PLAZME



Fig. II.

LJUBLJANA, MAREC 2011

ISSN 0351-9716

LETNIK 31, ŠT. 1

UDK 533.5.62:539.2:669-982

## 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 font, formati, poravnave, deljenje besed). Pri oblikovanju se omejite na ukaze **mastno**, *poševno*, <sup>indeks</sup> <sup>potenca</sup> 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 (detajlnejša delitev ni zelena), 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](mailto: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](mailto:miha.cekada@ijs.si)  
tel.: (01) 477 37 96  
faks: (01) 251 93 85

# VAKUUMIST 31/1, marec 2011

## VSEBINA

### ČLANKI

<b>Uporaba mikroposnetkov z odbitimi elektroni pri identifikaciji faz</b> Franc Zupanič . . . . .	4
<b>Polprepustne hologramske folije za zaščito dokumentov</b> Marta Klanjšek Gunde, Darijan Faktor, Miha Čekada, Srečko Paskvale, Peter Panjan, Barbara Sušin, Nina Hauptman, Mojca Friškovec . . . . .	8
<b>Vakuum razsvetljenske Ljubljane v frančiškanski knjižnici</b> Stanislav Južnič . . . . .	15

### IN MEMORIAM

<b>Slavko Sulčič, tehnik, fizik, vinogradnik in Slovenec</b> Andrej Pregelj . . . . .	30
<b>Spomini na Slavka Sulčiča</b> Peter Panjan . . . . .	31

### DRUŠTVENE NOVICE

<b>Mednarodna vakuumaska zveza ima novega predsednika</b> Miran Mozetič . . . . .	32
<b>Prihodnji predsednik mednarodne vakuumske zveze IUVSTA bo prof. dr. Mariano Anderle</b> Miran Mozetič . . . . .	33
<b>Kratke društvene novice</b> . . . . .	33

### NOVA KNJIGA

<b>Plinski odvodnik za zaščito pred prenapetostjo pri udarih strele</b> Jože Gasperič . . . . .	34
<b>»Zgodovina raziskovanja vakuuma in vakuumskih tehnik« (2. del)</b> Peter Panjan . . . . .	35

#### VAKUUMIST

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

Izdajanje Vakuumista sofinancira Javna agencija za knjigo Republike Slovenije

**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:** 320 izvodov

Vakuumist on-line: <http://www.imt.si/dvts/arihiv.htm>

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](mailto: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](mailto:miha.cekada@ijs.si)

tel.: (01) 477 37 96

faks.: (01) 251 93 85

# UPORABA MIKROPOSNETKOV Z ODBITIMI ELEKTRONI PRI IDENTIFIKACIJI FAZ

Franc Zupanič

ZNA NSTVENI ČLANEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor

## POVZETEK

Mikroposnetki z odbitimi elektroni (BSE), posneti v vrstičnem elektronskem mikroskopu (SEM), vsebujejo informacijo o kemijski sestavi faz, ki jo navadno uporabljamo le za kvalitativno analizo. Da bi pridobili tudi kvantitativne rezultate, je bila razvita metoda, s katero lahko s slike odbitih elektronov izluščimo podatke o koeficientu povratnega sipanja  $\eta$  faz, ki so v mikrostrukturi. Koeficiente povratnega sipanja lahko izračunamo tudi iz rezultatov kvantitativne EDS-analize z uporabo empiričnih enačb in simulacij Monte Carlo. S primerjavo koeficientov povratnega sipanja, pridobljenih na dva med seboj neodvisna načina, lahko preverimo skladnost rezultatov EDS-analize, s čimer se izognemo morebitnim napačnim interpretacijam rezultatov. V nekaterih primerih lahko iz analize slike odbitih elektronov dobimo tudi podatke o koncentraciji elementov, ki jih z EDS-analizo ne moremo zaznati.

**Ključne besede:** odbiti elektroni, koeficient povratnega sipanja elektronov, vrstična elektronska mikroskopija (SEM), karakterizacija

## Application of backscattered-electron micrographs for phase identification

### ABSTRACT

Scanning electron microscopy (SEM) can provide backscattered electron micrographs (BSE), carrying information regarding the chemical compositions of phases. Recently, a method was developed enabling the extraction of electron backscattering coefficients  $\eta$  of phases present in the microstructure. Electron backscattering coefficients can also be calculated from the results of EDS-analysis using empirical equations or Monte-Carlo simulations. Comparison of backscattering coefficients obtained by two completely independent methods enables verification of EDS-results, and prevents their false interpretation. In some specific cases, it is also possible to obtain the contents of the elements that cannot even be detected using EDS.

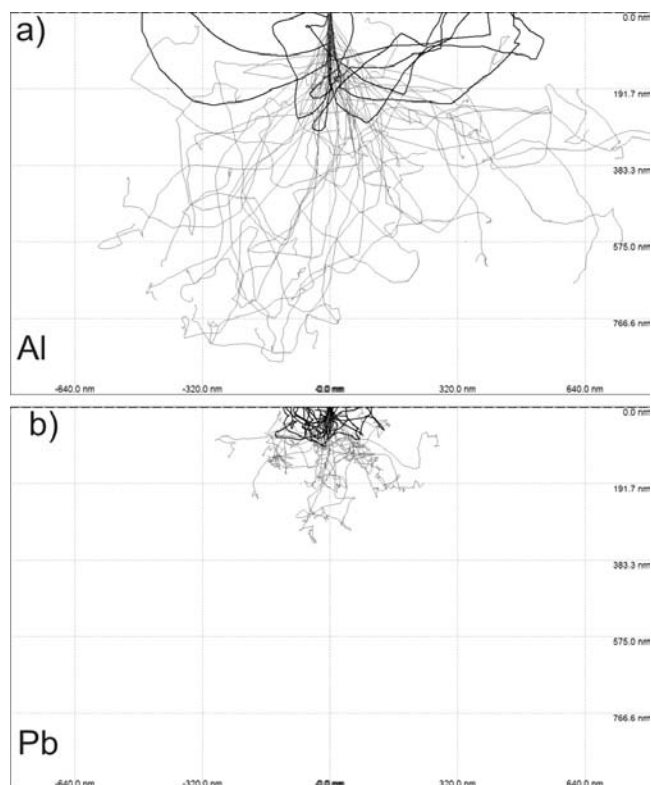
**Keywords:** backscattered electrons, backscattering coefficient, scanning electron microscopy (SEM), characterization

## 1 UVOD

Pri karakterizaciji mikrostrukture se poleg svetlobne mikroskopije najpogosteje uporablja kombinacija vrstične elektronske mikroskopije (SEM) in energijskodisperzijske spektroskopije rentgenskih žarkov (EDS). EDS s sodobnimi detektorji omogoča kvalitativno analizo elementov vse od berilija do urana ter kvantitativno analizo vseh elementov od bora naprej. S SEM lahko dobimo tudi mikroposnetke z odbitimi elektroni (BSE), ki prav tako nosijo informacijo o kemijski sestavi faz [1]. **Slika 1** prikazuje poti primarnih elektronov v aluminiju in svincu. Energija primarnih elektronov je bila 10 keV. Pospešeni primarni elektroni doživijo v vzorcu zaporedje elastičnih in neelastičnih trkov. Pri elastičnih trkih se spremeni njihova smer gibanja, medtem ko pri neelastičnih

izgubljajo energijo. Elektroni se zaustavijo v prostoru, ki ga imenujemo interakcijski volumen in ima navadno hruškasto obliko. Nekarakteristični rentgenski žarki lahko nastanejo v celotnem interakcijskem volumnu, medtem ko karakteristični le v tistem območju, kjer je energija elektronov večja od karakteristične energije rentgenskega sevanja. Nastali rentgenski žarki potujejo v vse smeri, pri čemer se nekateri absorbirajo v vzorcu. Za EDS-analizo so pomembni le tisti, ki zadenejo detektor.

Za pojav odbitih elektronov je pomembno elastično sipanje, pri katerem se spremeni njihova smer, ne pa energija. Tisti elektroni, ki lahko zapustijo tarčo, se imenujejo odbiti elektroni. **Slika 1** prikazuje, kako lahko primarni elektroni v tarči iz lahkega elementa opravijo mnogo daljšo pot, da se zaustavijo, kot v težki tarči (svinec), vendar pa je število odbitih elektronov precej večje v težki kot v lahki tarči. Sliki sta bili dobljeni s programom Casino [2,3], ki z uporabo



**Slika 1:** Trajektorije dvesto primarnih elektronov v a) aluminiju in b) svincu pri pospeševalni napetosti 10 keV. Z odebelenimi črtami so prikazani odbiti elektroni. Simulaciji sta bili izvedeni z uporabo metode Monte Carlo (Casino [2,3]).

simulacije Monte Carlo izračunava trajektorije elektronov v vzorcu ter tudi emisijo rentgenskih žarkov.

V literaturi se uporablja pojem »koeficient povratnega sipanja elektronov  $\eta$ «, ki pomeni delež odbitih elektronov, to je število odbitih elektronov deljeno s številom vpadnih. Za aluminij je  $\eta$  (Al) = 0,153, kar pomeni, da se odbije okoli 15 % primarnih elektronov, medtem ko je za svinec  $\eta$  (Pb) = 0,470. Torej se v svincu odbije skoraj 50 % elektronov. Iz tega izhaja, da mikroposnetki z odbitimi elektroni nosijo informacijo o kemijski sestavi.

Koeficient povratnega sipanja čistih elementov lahko izračunamo s Heinrichovo enačbo [4]:

$$\eta = 0,025 + 0,016Z - 1,86 \cdot 10^{-4} Z^2 + 8,3 \cdot 10^{-7} Z^3 \quad (1)$$

kjer je  $Z$  vrstno (atomsko) število elementa.

Pomembno je, da lahko koeficient povratnega sipanja zmesi več elementov  $\eta_{\text{mix}}$  (to so lahko tako trdne raztopine, kot tudi intermetalne spojine, karbidi, nitridi in oksidi) izračunamo s preprostim pravilom mešanic, ki temelji na masnih deležih komponent  $C$ :

$$\eta = \sum \eta_i C_i \quad (2)$$

Koeficienti povratnega sipanja elektronov so skoraj neodvisni od pospeševalne napetosti v območju 5–20 kV. Pri napetostih nižjih od 5 kV se koeficienti povratnega sipanja ne povečujejo monotono z večanjem atomskega števila [5], medtem ko se razlike v vrednostih koeficientov povratnega sipanja nekaterih faz povečujejo z večanjem napetosti med 40 kV in 100 kV [6].

Koeficient povratnega sipanja  $\eta$  lahko dobimo tudi iz mikroposnetkov, posnetih z odbitimi elektroni [7]. Pri tem je pomembno, da s tem dobimo dodatno informacijo o kemijski sestavi faz, ki je komplementarna EDS-analizi. S primerjanjem rezultatov lahko namreč ugotovimo, ali so rezultati EDS-analize zanesljivi. Cilj tega prispevka je prikazati enostavno uporabo metode za ekstrakcijo koeficientov povratnega sipanja pri nekaterih zlitinah.

## 2 KVANTITATIVNA ANALIZA MIKROPOSNETKOV Z ODBITIMI ELEKTRONI

Osnova za ekstrakcijo koeficientov povratnega sipanja je zelo kakovostna slika z odbitimi elektroni. To pa lahko dobimo, če upoštevamo naslednje:

- Površina vzorca mora biti ravna in gladka, brez oksidacijskih in drugih reakcijskih produktov. Do sedaj se je pokazalo za najbolj optimalno, če je bila površina polirana. Večinoma zadostuje končno poliranje z diamantno pasto, ki ima velikost delcev 0,25  $\mu\text{m}$ . Jedkanje ni priporočljivo, ker lahko nastanejo razni reakcijski produkti, površina pa je neravna.

- Raziskovana površina vzorca mora biti pravokotna na elektronski curek.
- Pri snemanju nastavimo kontrast in osvetljenost tako, da so vse faze vidne. Npr. na 8-bitni sivi sliki ne sme intenziteta v nobeni fazi doseči nasičenja (vrednost intenzitete 255).

Pri snemanju ali kasnejši obdelavi slike ne smemo uporabiti nobene metode, ki nelinearno spremeni intenziteto posameznih točk (npr. gama-korekcijo).

Pri obdelavi slike lahko uporabimo kateri koli program, pri katerem lahko dobimo histogram iz poljubnega dela slike. V tem delu je bil uporabljen program Corel Photo-Paint®. Postopek je naslednji. Najprej položimo masko preko ravnega in homogenega območja posamezne faze. Drugič, ustvarimo histogram izbranega območja, pri katerem dobimo tudi srednjo vrednost in standardno deviacijo. To ponovimo na več območjih iste faze. Vsekakor je zelo pomembno, da je izbrano območje brez raz ter da je dovolj oddaljeno od vsake kristalne ali fazne meje. Tako čim bolj zmanjšamo topografski kontrast ter vpliv sosednjih faz.

Metoda je primerna za mikrostrukture, ki imajo vsaj tri faze. Med temi fazami moramo poznati kemijski sestavi oziroma koeficienta povratnega sipanja dveh faz:  $\eta_1$  in  $\eta_2$ . To navadno dobimo z EDS-analizo teh dveh faz, lahko pa sta sestavi teh faz znani že iz prejšnjih raziskav. Če s slike z odbitimi elektroni dobimo še njuni intenziteti ( $I_1$  in  $I_2$ ), lahko koeficient povratnega sipanja elektronov neznane faze izračunamo, če poznamo njeno intenziteto:

$$\eta = \frac{\eta_1 - \eta_2}{I_1 - I_2} I + \frac{\eta_2 I_1 - \eta_1 I_2}{I_1 - I_2} \quad (3)$$

To je enačba premice:

$$\eta(I) = aI + b \quad (4)$$

kjer je

$$a = \frac{\eta_1 - \eta_2}{I_1 - I_2} \quad (5)$$

in

$$b = \frac{\eta_2 I_1 - \eta_1 I_2}{I_1 - I_2} \quad (6)$$

Ko izračunamo parametra  $a$  in  $b$ , lahko iz enačbe (4) izračunamo koeficient povratnega sipanja. Natančnost metode je večja, če sta intenziteti znanih faz čim bolj različni. V nadaljevanju bo prikazana uporaba metode pri dveh primerih.

## 3 PRIMERA UPORABE

### 3.1 Ternarna zlitina Al-Mn-Cu

**Slika 2** prikazuje mikrostrukturo zlitine  $\text{Al}_{94}\text{Mn}_3\text{Cu}_3$  po litju. Hitrost ohlajanja je bila približno 3 °C/s. Mikrostruktura zlitine je sestavljena iz petih

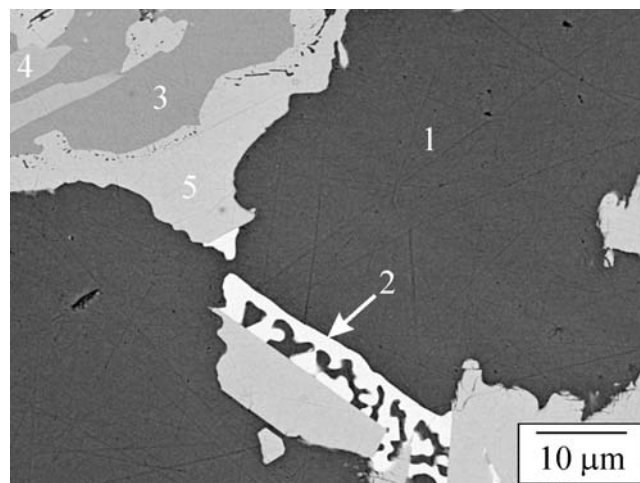
faz, ki so označene s števkami od ena do pet. Na vseh teh fazah je bila izvedena EDS-analiza. Rezultati so podani v **tabeli 1**. Na osnovi rezultatov EDS je bil izračunan koeficient povratnega sipanja vsake faze  $\eta_{\text{EDS}}$ . Rezultati so v drugem stolpcu **tabele 1**. Na izbranih območjih vsake faze je bila izmerjena srednja vrednost intenzitete in njena standardna deviacija. Rezultati so v tretjem stolpcu **tabele 1**. Od faz, ki so v mikrostrukturi, zlahka spoznamo aluminijevo osnovo, ki topi še nekaj Mn in Cu ( $\alpha$ -Al), ter  $\theta$ -Al<sub>2</sub>Cu. Zato sta bili kot referenčni fazi izbrani prav ti dve fazi:  $\alpha$ -Al in  $\theta$ -Al<sub>2</sub>Cu. Območja  $\alpha$ -Al so velika, zato lahko zanesljivo izvedemo EDS-analizo tudi pri večjih pospeševalnih napetostih. Za  $\theta$ -Al<sub>2</sub>Cu pa velja, da je njena sestava skoraj enaka stehiometrični (molski delež Al 66,6 %, Cu pa 33,3 %). Na osnovi vrednosti intenzitet in koeficientov povratnega sipanja referenčnih faz lahko izračunamo potrebne parametre  $a$  in  $b$ , ter  $\eta_{\text{min}}$  in  $\eta_{\text{max}}$  (**tabela 2**). Vrednost  $\eta_{\text{min}}$  dobimo pri  $I = 0$  (črna točka na mikroposnetku) in  $\eta_{\text{max}}$  pri  $I = 255$  (bela točka na mikroposnetku). Iz teh vrednosti lahko z enačbo (3) izračunamo koeficiente povratnega sipanja faz 3, 4 in 5.

Ugotovimo lahko, da se koeficienti povratnega sipanja, izračunani iz rezultatov EDS-analize, ter koeficienti povratnega sipanja, izračunani iz analize slike, odlično ujemajo (**tabela 1**). Tako smo z dvema neodvisnima metodama dobili skladne rezultate. Na osnovi teh rezultatov in študija ternarnega faznega diagrama Al-Mn-Cu [8] lahko ugotovimo, da faza 3 ustreza fazi Al<sub>6</sub>Mn, faza 4 fazi Al<sub>4</sub>Mn, medtem ko je faza 5  $\tau_1$ -Al<sub>29</sub>Mn<sub>6</sub>Cu<sub>4</sub>.

### 3.2 Kvaterna zlitina Al-Mn-Cu-Be

Nasprotno od sistema Al-Mn-Cu pa v literaturi ni nobenih podatkov o fazah, ki se pojavijo v zlitinah Al-Mn-Cu ob dodatku berilija. V **tabeli 3** so zbrane faze iz robnih binarnih in ternarnih faznih diagramov [8–14] in njihovi koeficienti povratnega sipanja elektronov. Ker faza  $\delta$ -Be<sub>2</sub>Cu obstaja v širšem območju koncentracij (od Be<sub>2</sub>Cu do Be<sub>4</sub>Cu), ležijo tudi njeni koeficienti povratnega sipanja v širšem območju (0,202–0,243).

Tudi ta zlitina vsebuje pet faz (**slika 3**), ki so označene s števkami od ena do pet. Intenzitete faz 3, 4 in 5 so zelo podobne, zato jih je težko ločiti med



**Slika 2:** Mikroposnetek z odbitimi elektroni trikomponentne zlitine Al-Mn-Cu v litem stanju

**Tabela 2:** Rezultati kvantitativne analize za mikroposnetek z odbitimi elektroni zlitine Al-Mn-Cu (**slika 2**)

$a = 0,000539$	$\eta_{\text{min}} = 0,1106$
$b = 0,1106$	$\eta_{\text{max}} = 0,2481$

**Tabela 3:** Možne faze v aluminijevem kotu kvaternega faznega diagrama Al-Mn-Cu-Be

Faza	Koeficient povratnega sipanja elektronov (enačba 2)	Koeficient povratnega sipanja elektronov (Casino)
$\beta$ -Be	0,004	0,002
Be <sub>12</sub> Mn	0,115	0,101
Al <sub>12</sub> Mn	0,170	0,173
Be <sub>4</sub> AlMn	0,172	0,169
Al <sub>15</sub> Mn <sub>3</sub> Be <sub>2</sub>	0,183	0,186
Al <sub>6</sub> Mn	0,183	0,185
Al <sub>4</sub> Mn	0,193	0,196
Be <sub>3</sub> Mn	0,194	0,188
Be <sub>4</sub> AlCu	0,195	0,186
Al <sub>10</sub> Mn <sub>3</sub>	0,198	0,199
$\tau_1$ (Al <sub>29</sub> Mn <sub>6</sub> Cu <sub>4</sub> )	0,209	0,216
Be <sub>2</sub> Mn	0,213	0,212
Al <sub>2</sub> Cu	0,233	0,237
$\delta$ -Be <sub>2</sub> Cu	0,206–0,243	0,202–0,247

seboj. EDS-analiza je pokazala, da vse vsebujejo aluminij, mangan in baker, vendar v različnih razmerjih (**tabela 4**). Tako kot pri prejšnjem primeru zlahka prepoznamo fazi  $\alpha$ -Al in  $\theta$ -Al<sub>2</sub>Cu, ki ju zopet vzamemo za referenčni. Rezultati kvantitativne analize

**Tabela 1:** Rezultati EDS-analize faz v zlitini Al-Mn-Cu in ekstrakcije koeficientov povratnega sipanja elektronov (**slika 2**)

Faza	Sestava ugotovljena z EDS (molski delež $x/\%$ )	Izračunan $\eta_{\text{EDS}}$ iz rezultatov EDS (enačba 2)	Intenziteta, $I$	Koeficient povratnega sipanja, $\eta$
1	97,5 % Al; 0,5 % Mn; 2,0 % Cu	0,157	86 ± 6	0,157 (EDS)
2	66,5 % Al; 33,5 % Cu	0,223	227 ± 8	0,223 (EDS)
3	86,4 % Al; 13,5 % Mn; 0,1 % Cu	0,182	136 ± 7	<b>0,184 (ekstrahiran)</b>
4	78,5 % Al; 19,2 % Mn; 2,3 % Cu	0,197	158 ± 7	<b>0,196 (ekstrahiran)</b>
5	74,0 % Al; 17,5 % Mn; 8,5 % Cu	0,209	172 ± 7	<b>0,203 (ekstrahiran)</b>

**Tabela 4:** Rezultati EDS-analize faz v zlitini Al-Mn-Cu-Be in ekstrakcije koeficientov povratnega sipanja elektronov (slika 3)

Faza	Sestava ugotovljena z EDS (molski delež x/%)	Izračunan $\eta_{EDS}$ iz rezultatov EDS (enačba 2)	Intenziteta, $I$	Koeficient povratnega sipanja, $\eta$
1	98,0 % Al; 0,5 % Mn; 1,5 % Cu	0,156	62 ± 4	0,156 (EDS)
2	66,9 % Al; 33,1 % Cu	0,223	201 ± 6	0,223 (EDS)
3	52,1 % Al; 21,8 % Mn; 26,1 % Cu	0,244	110 ± 5	<b>0,183 (ekstrahiran)</b>
4	79,3 % Al; 19,2 % Mn; 1,5 % Cu	0,195	135 ± 5	<b>0,197 (ekstrahiran)</b>
5	75,6 % Al; 14,6 % Mn; 9,8 % Cu	0,207	145 ± 5	<b>0,202 (ekstrahiran)</b>

so zbrani v tabeli 5. Iz tabele 4 je razvidno, da se  $\eta_{EDS}$  in  $\eta$  faz 4 in 5 lepo ujemajo, medtem ko to ne velja za fazo 3. Tako lahko fazi 4 in 5 identificiramo kot  $Al_4Mn$  in  $\tau_1$ . Glede na ekstrahirani koeficient povratnega sipanja bi lahko bila faza 3 ali  $Al_6Mn$  ali  $Al_{15}Mn_3Be_2$ . Toda nobena od teh dveh faz ne vsebuje znatne količine bakra.

**Tabela 5:** Rezultati kvantitativne analize za sliko z odbitimi elektroni (slika 3) za zlitino Al-Mn-Cu-Be

$a = 0,000547$	$\eta_{min} = 0,1231$
$b = 0,1231$	$\eta_{max} = 0,2625$

Glede na intenziteto faze lahko sklepamo, da vsebuje ta faza veliko berilija. Faze  $\beta$ -Be,  $Be_{12}Mn$ ,  $Be_2Mn$  in  $\delta$ - $Be_2Cu$  ne pridejo v poštev, ker se njihov koeficient povratnega sipanja preveč razlikuje od  $\eta$  (3). Opazimo lahko, da je  $\eta$  (3) med  $\eta$  ( $Be_4AlMn$ ) in  $\eta$  ( $Be_4AlCu$ ) ter da veljajo za fazo 3 molski deleži:  $x(Al)/\% \approx x(Mn)/\% + x(Cu)/\%$ . Če predpostavimo, da se lahko v fazi  $Be_4AlX$  na mestu X elementa mangan in baker poljubno zamenjujeta, potem dobimo zmesno intermetalno fazo  $Be_4Al(Mn,Cu)$ . Če za tako fazo izračunamo koeficient povratnega sipanja ( $Be_4Al_{1,04}Mn_{0,436}Cu_{0,522}$ ), dobimo  $\eta = 0,182$ , kar daje odlično ujemanje z  $\eta$  (3).

Zadnji primer je pokazal, da lahko s kombinacijo EDS, ekstrakcije koeficientov povratnega sipanja in računanja faznih diagramov identificiramo faze mnogo enostavneje in bolj zanesljivo, tudi če vse-

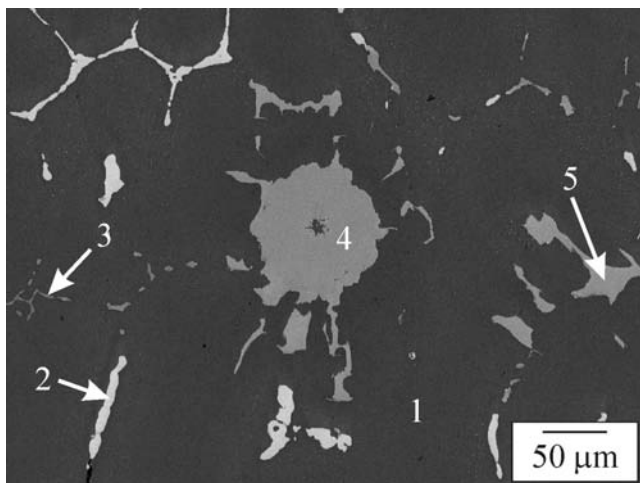
bujejo elemente, ki jih EDS ne more ugotoviti. To pomeni, da bi bila lahko metoda tudi zelo uporabna, če bi določena faza vsebovala npr. vodik, ki ga ne moremo ugotoviti niti z valovno disperzijsko spektroskopijo (WDS).

#### 4 SKLEP

V tem prispevku je prikazana uporaba metode ekstrakcije koeficientov povratnega sipanja elektronov iz mikroposnetkov z odbitimi elektroni. S kombinacijo te metode z EDS-analizo in računanjem koeficientov povratnega sipanja lahko identificiramo faze mnogo enostavneje in bolj zanesljivo, tudi če vsebujejo elemente, ki jih EDS ne more zaznati.

#### Literatura

- [1] J. Goldstein, D. Newbury, P. Echlin, D. Joy, C. Fiore, E. Lifshin, *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*, New York, Plenum Press, 1981, str. 54
- [2] D. Drouin, A. Couture, D. Joly, X. Tastet, V. Aimez, R. Gauvin, *Scanning*, 29 (2007), 92–101
- [3] <http://www.gel.usherbrooke.ca/casino/index.html>
- [4] K. Heinrich, X-ray optics and microanalysis. 4<sup>th</sup> Intl. Cong. on X-ray optics and microanalysis, R. Castaing, P. Deschamps, J. Philibert (Ur.), Paris: Hermann, 1966, str. 1509.
- [5] R. Bongeler, U. Golla, M. Kassens, L. Reimer, B. Schindler, R. Senkel, M. Spranck, *Scanning*, 15 (1993) 1, 1–18
- [6] I. Geuens, B. Nys, J. Naudts, R. Gijbels, W. Jacob, P. Vanespen, *Scanning Microscopy*, 5 (1991) 2, 339–344
- [7] F. Zupanič, *Materials Characterization*, 61 (2010) 1335–1341
- [8] H. L. Lukas, Aluminum – Copper – Manganese, *Ternary alloys: a comprehensive compendium of evaluated constitutional data and phase diagrams*, G. Petzow in G. Effenberg (ur.), Weinheim; Basel (Switzerland); Cambridge; New York, NY: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1990, str. 567–584
- [9] S. Stiltz, Aluminum – Beryllium – Manganese, *Ternary alloys: a comprehensive compendium of evaluated constitutional data and phase diagrams*, G. Petzow in G. Effenberg (ur.), Weinheim; Basel (Switzerland); Cambridge; New York, NY: VCH Verlagsgesellschaft mbH., 1990, str. 361–362
- [10] G. Effenberg, G. Ghous, B. Grieb, Aluminum – Beryllium – Copper, *Ternary alloys: a comprehensive compendium of evaluated constitutional data and phase diagrams*, G. Petzow and G. Effenberg (Eds.), 1990, Weinheim; Basel (Switzerland); Cambridge; New York, NY: VCH Verlagsgesellschaft mbH., str. 330–343
- [11] A. McAlister, J. Murray, Al-Mn (Aluminum-Manganese), *Binary Alloy Phase Diagrams*, T. Massalski (ur.), ASM International, 1990, str. 171–174
- [12] L. F. Mondolfo, *Aluminum-Beryllium-Manganese System*, London, Boston, Sydney, Wellington, Durban, Toronto, Butterworths-London, 1976, str. 447–448
- [13] J. Murray, D. Kahan, (1990). Al-Be (Aluminum-Beryllium), *Binary Alloy Phase Diagrams*, T. Massalski (ur.), ASM International, 1990, str. 125–127
- [14] H. Okamoto, L. Tanner, Be-Mn (Beryllium-Manganese), *Binary Alloy Phase Diagrams*, T. Massalski (ur.), ASM International, 1990, str. 665–667

**Slika 3:** Mikroposnetek z odbitimi elektroni štirikomponentne zlitine Al-Mn-Cu-Be v litem stanju

# POLPREPUSTNE HOLOGRAMSKE FOLIJE ZA ZAŠČITO DOKUMENTOV

Marta Klanjšek Gunde<sup>1</sup>, Darijan Faktor<sup>2</sup>, Miha Čekada<sup>3</sup>, Srečko Paskvale<sup>3</sup>,  
Peter Panjan<sup>3</sup>, Barbara Sušin<sup>2</sup>, Nina Hauptman<sup>1</sup>, Mojca Friškovec<sup>2</sup>

ZNANSTVENI ČLANEK

<sup>1</sup>Kemijski inštitut, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup>Cetis, grafične in dokumentacijske storitve, d. d, Čopova 24, 3000 Celje

<sup>3</sup>Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

## POVZETEK

Raziskali smo uklonsko strukturo polprepustnih hologramskih folij, ki se uporabljajo za zaščito dokumentov pred ponarejanjem. Na njih so razmeroma enostavni geometrijski vzorci. To so ploskve z ravnimi vzporednimi uklonskimi režami, kjer se menjavata polimer in snov z lomnim količnikom. Kotno odvisen videz takih ploskev je določen s periodo in smerjo uklonskih rež. Največja perioda rež je velikostnega reda valovne dolžine svetlobe. Strukture s krajšo periodo dajejo nižje rede uklonov, večjo kotno disperzijo uklonjene svetlobe in uklone pri večjih kotih. Take strukture imajo zelo izrazito in prostorsko stabilno mavrično barvo. V vseh primerih je uklonska struktura popolnoma zaprta v polimeru in ima razmeroma veliko defektov in nepravilnosti. Pokazali smo, da uklonsko strukturo polprepustnih hologramskih folij lahko analiziramo z optičnim mikroskopom, lastnosti uklonjene svetlobe pa izmerimo s spektrometrom.

**Ključne besede:** hologramska folija, zaščita dokumentov, optično variabilne mikrostrukture, uklon, mavrične barve

## Semitransparent hologram overlays for document security

### ABSTRACT

Diffraction structure of semitransparent hologram overlays which prevents document forgery was analysed. The individual surfaces of simple geometrical designs have straight parallel diffraction slits made by alternation of polymer and material with sufficiently high refractive indices. Angular appearance of such surfaces depends on period and direction of the diffraction grooves. Diffraction period of all semitransparent overlays has a size of the wavelength of light. Structures with shorter period allow lower diffraction orders, stronger diffractive angular dispersion and higher diffraction angles. Such gratings show high angular separation between diffracted iridescent colours which is easier to observe by the naked eye. Diffractive grating of all analysed hologram overlays is completely buried into a polymer and has a rather high level of defects and imperfections. The diffractive structure of such overlays can be analysed by optical microscope while the properties of diffracted light could be measured by spectrometer.

**Keywords:** hologram overlay, document security, optically variable device, diffraction, iridescent colours

## 1 UVOD

Optično variabilne mikrostrukture (*optically variable device*, OVD) spadajo med najučinkovitejše elemente za zaščito pred ponarejanjem in prenašanjem različnih dokumentov, tiskovin, produktov in embalaže [1]. Večina teh zaščitnih elementov temelji na uklonski strukturi, ki je vtisnjena v ustrezni nosilec (*diffraction optically variable image device*, DOVID). Take strukture dajejo jasno vidne optične učinke, ki jih je mogoče prepoznati s prostim očesom ob ustrezni osvetlitvi, po drugi strani pa jih je praktično nemogoče ponarediti z uporabo katere od sodobnih fotografskih tehnik z visoko resolucijo. Med

takimi zaščitnimi elementi so zelo pomembne tudi polprepustne uklonske optično variabilne folije DOVID [2]. Take folije pogosto imenujemo tudi polprepustne hologramske folije. Izraz je široko uveljavljen na področju zaščitnega tiska, zato ga uporabljamo tudi v tem članku.

Optično variabilnost hologramske folije omogoča uklonska struktura z razmeroma enostavno mikrostrukture, ki se iz nosilne folije prenese na dokument in z ustrezno zaščito zapre v večplastno strukturo končnega dokumenta. Taka uklonska struktura povzroča kotno odvisne mavrične barve slike oz. ornamenta, ki je na hologramski foliji, zaradi velike prepustnosti pa je v večini načinov opazovanja viden celotni prekriti dokument. Kakršno koli spreminjanje tako zaščitnega dokumenta bi poškodovalo uklonsko strukturo in spremenilo oz. poškodovalo uklonsko sliko, to pa bi se zaznalo s prostim očesom.

V zadnjem času so postale sodobne tehnologije dostopnejše, produktno znanje pa bolj razširjeno. To dokazujejo npr. dekorativne folije za zavijanje daril, ki vsebujejo uklonske in/ali interferenčne strukture in imajo podobne vidne učinke kot polprepustne hologramske folije. Pomemben vidik odkrivanja ponaredkov je torej tudi možnost uporabe ponarejene hologramske folije. Zato je treba vedno več in več raziskovalnih in razvojnih naporov usmerjati tudi v učinkovito odkrivanje pristnosti oz. ponaredka zaščitne hologramske strukture [3–5]. Treba je poznati metode, s katerimi bi lahko ugotovili, ali je hologramska struktura na dokumentu pristna ali ponarejena. Med metodami druge stopnje kontrole pristnosti dokumentov, kjer se uporabijo razmeroma enostavni pripomočki, je lahko zelo učinkovito spektroskopsko merjenje [1,6].

Namen naše raziskave je ugotoviti mikroskopsko strukturo polprepustnih hologramskih folij in pregledati, ali je mogoče z razpoložljivimi spektroskopskimi metodami izmeriti kotno odvisen videz.

## 2 UKLONSKE STRUKTURE

Optično variabilne snovi izrazito spremenijo videz v odvisnosti od kota osvetlitve in opazovanja. Take efekte lahko povzroči zrcalni odboj na optično gladkih površinah (npr. kovin), uklon svetlobe na uklonskih strukturah ali interferenca na tankih plasteh. Pomembna lastnost takih snovi in njihovih površin je velika urejenost. Optično neurejena snov daje difuzni odboj in od opazovanja neodvisen videz (barvo), urejena struktura pa vodi do posebnih svetlobnih učinkov, ki pri določenih periodi urejenosti vodijo do iridescence – mavričnih barv. Govorimo torej o barvah, ki jih povzroča urejena struktura snovi, to je o barvah t. i. brezbarvnih snovi oz. o strukturnih barvah [1]. Bela svetloba, s katero opazujemo take pred-



mete, omogoča interferenčne in uklonske pojave le, če največja značilna perioda snovi ni večja od koherentne dolžine svetlobe. Kadar je razlika poti žarkov, ki se odbijejo na različnih delih urejene strukture, daljša od koherentne dolžine svetlobe, namreč ne nastane interferenca, zato ni mavričnih barv. Ker je koherentna dolžina bele svetlobe nekaj mikrometrov, morajo imeti uklonske strukture periodo reda velikosti mikrometra. Enak pogoj velja tudi za debelino tankih plasti, ki dajejo interferenčne efekte. Če opazujemo debelejšje plasti in uklonske strukture z daljšo periodo, kot je koherentna dolžina svetlobe, torej ne opazimo barv.

Pri polprepustnih hologramskih folijah, ki se uporabljajo za zaščito dokumentov, opazujemo barve v odbiti svetlobi, zato jih obravnavamo kot odbojne uklonske strukture. Žarki, ki se odbijejo od posameznih rež na taki strukturi, se ojačijo, kadar je:

$$\sin \theta_i \pm \sin \theta_m = m \frac{\lambda}{p} \quad (1)$$

kjer je  $p$  razdalja med režami (perioda uklonske strukture),  $\theta_i$  je kot vpadne svetlobe,  $\theta_m$  kot uklonjene svetlobe,  $m$  red uklona ( $m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ ),  $\lambda$  pa valovna dolžina svetlobe. V gornji enačbi velja vsota sinusov, kadar sta vpadni in uklonjeni žarek na isti strani vpadne pravokotnice, sicer pa razlika [1,7].

Strukture s krajšo periodo dajejo uklone pri večjih kotih. Svetloba z večjo  $\lambda$  se ukloni pri večjih kotih. Čim manjša je perioda uklonske strukture  $p$ , tem manj uklonskih redov lahko opazimo.

### 3 VZORCI IN MERITVE

Da bi preverili osnovne lastnosti polprepustnih hologramskih folij, smo na prosojne folije, ki se uporabljajo za zaščito dokumentov, pripravili uklonske reže z različnimi debelinami med seboj vzporednih ravnih linij. Uporabili smo Nd:YAG-laser z valovno dolžino 1064 nm in izhodno močjo 10–30 W ter širino 8  $\mu\text{m}$ . Z ustreznimi parametri laserskega jedkanja smo pripravili ( $1,1 \times 0,4$ ) cm velike kvadratne površine z ravnimi vzporednimi črtami v medsebojni oddaljenosti (100, 80, 60, 40 in 20)  $\mu\text{m}$ . Po jedkanju smo folije polirali, da bi odstranili morebitne nepravilnosti. Dobljeno strukturo smo analizirali s profilometrom (Taylor Hobson Talysurf Series 2).

Analizo optičnih in strukturnih značilnosti komercialnih polprepustnih hologramskih folij smo opravili na nekaterih komercialno dosegljivih izdelkih OVD Kinegram® (Švica) in na strukturi Optoseal (Hologram Industries, Francija), ki je laminirana na vzorčnem dokumentu v prilogi monografije o metodah za zaščito dokumentov [1].

Osnovne lastnosti folij smo analizirali z optičnim mikroskopom Olympus BX50, s konfokalnim mikroskopom Zeiss Axio CSM700 in z vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM) na poljsko emisijo Karl Zeiss Supra 35 VP z analizatorjem EDS (Oxford INCA 400). Celotno odbojnost vzorcev smo merili v območju vidne svetlobe (400–700 nm) s spektrofotometrom Lambda 950 (Perkin Elmer) z integracijsko kroglo in s spektrogoniometrom MA98 (X-Rite). Pri obeh načinih meritve gre za osvet-

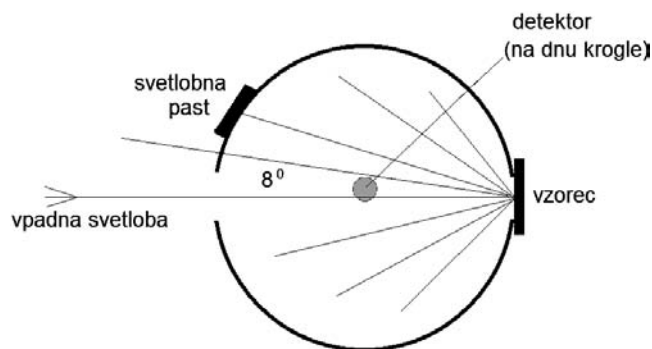
ljevanje z usmerjeno belo svetlobo, merska geometrija pa je različna.

Pri merjenju z integracijsko kroglo pade svetloba pod kotom  $8^\circ$ , integracijska krogla pa zbere svetlobo, ki se odbije v kateri koli smeri (**slika 1**). To geometrijo označujemo z  $8^\circ/\text{di}$ , kjer  $8^\circ$  pomeni vpadni kot svetlobe, »di« pa razpršeni odboj z vključeno zrcalno odbojnostjo (*diffuse, specular included*). Rezultat meritve je celotna odbojnost usmerjene svetlobe, ki pade na vzorec pod kotom  $8^\circ$ . Kadar je svetlobna past odprta, skozi odprtino izhaja zrcalno odbita svetloba, zato na detektor pada le svetloba, ki se difuzno odbije od vzorca. Tako geometrijo meritve označimo z  $8^\circ/\text{de}$ , kjer  $8^\circ$  pomeni vpadni kot svetlobe, »de« pa razpršeni odboj brez zrcalnega prispevka (*diffuse, specular excluded*).

Spektrogoniometer omogoča meritve usmerjene odbojnosti, pri katerih je vpadni kot različen od odbojnega. Take meritve se uporabljajo za analizo vzorcev s kotno odvisnim videzom. Nekaj takih lahko najdemo v naravi (nekateri hrošči, metulji, školjke bisernice ipd.), še več pa je delo človeških rok (posebne tkanine, folije, premazi s posebnimi efekti, tankoplastne strukture ...). Aparatura, ki smo jo uporabili, je namenjena merjenju premazov s kotno odvisnim videzom za avtomobilsko industrijo.

Mersko geometrijo spektrogoniometričnih meritev označujemo z navedbo dveh kotov, vpadnega in nezrcalnega kota (*aspecular angle*). Nezrcalni kot je tisti, ki ga odbita svetloba oklepa z zrcalnim kotom, pozitivna smer pa je kot običajno nasprotna smeri urnega kazalca. Spektrogoniometer MA98 ima sistem optičnih vlaken, ki omogoča dve smeri osvetlitve,  $45^\circ$  in  $15^\circ$ . Pri osvetlitvi  $15^\circ$  lahko merimo odboje pri nezrcalnih kotih  $15^\circ$  (kot  $0^\circ$ ) in  $-15^\circ$  (enako kotu  $30^\circ$ ), pri osvetlitvi  $45^\circ$  pa pri nezrcalnih kotih  $-15^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $75^\circ$  in  $110^\circ$ . Geometrije spektrogoniometričnih meritev zapišemo v obliki (XXasYY), kjer je XX kot osvetljevanja glede na vpadno pravokotnico, YY pa nezrcalni kot, kjer se detektira odbita svetloba. Vsi koti so v isti vpadni ravnini. Aparatura ima tudi možnost merjenja odbojev iz vpadne ravnine (zunajravninski odboji), vendar teh nismo uporabili.

Shema meritve je prikazana na **sliki 2**. Merilnik kalibriramo na črni in beli standard. Črni standard je odprtina prazne črne škatle, beli pa je po priporočilu proizvajalca gladka bela ploščica iz posebnega zelo odbojnega materiala, kar pomeni, da se pri meritvah upošteva zrcalni in razpršeni odboj.



**Slika 1:** Shematični prikaz geometrije meritve z integracijsko kroglo

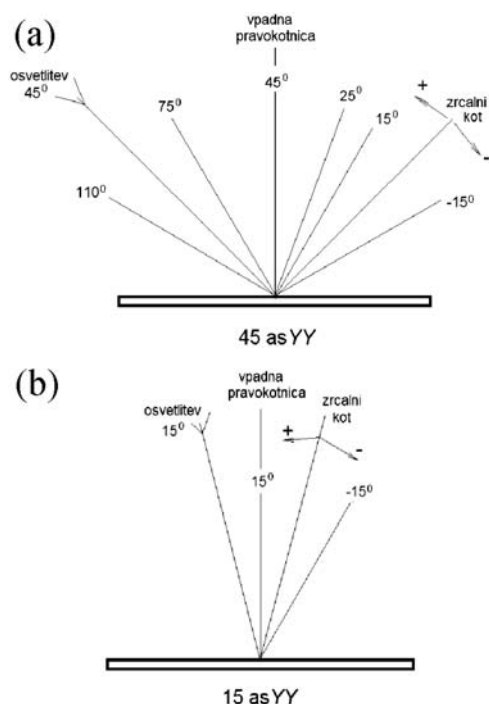
## 4 MERITVE IN REZULTATI

### 4.1 Uklonske reže, pripravljene z Nd:YAG-laserjem na prosojni foliji

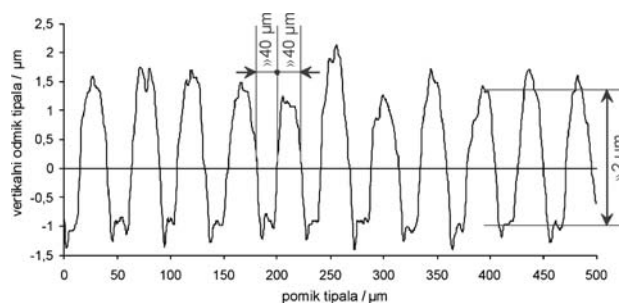
Analizirali smo površinski profil vseh lasersko graviranih vzporednih črt (uklonske reže). Linijski profil pri načrtovanem razmiku  $40\ \mu\text{m}$ , merjen pravokotno na črte, je prikazan na **sliki 3**. Podobne profile smo izmerili tudi na drugih vzorcih. Določili smo njihovo povprečno periodo, globino ter širino vrhov in vdolbin. Njihov pomen je označen na **sliki 3**, rezultati analize pa so zbrani na **sliki 4**. Vse gravirane linije so globoke dobra  $2\ \mu\text{m}$  in imajo razmeroma dobro periodičnost. Večje odmike od načrtovane periode smo izmerili le pri vzorcu z načrtovanim razmikom graviranih linij  $40\ \mu\text{m}$ . Širina vrha linije je pri periodi nad  $40\ \mu\text{m}$  približno  $20\ \mu\text{m}$ , širina dna zarez pa linearno narašča s periodo linij. Pri najmanjšem razmiku linij ( $20\ \mu\text{m}$ ) sta širina vrha in vdolbine približno enaki in se razmeroma dobro ujemata s širino laserskega curka. Analiza površinskih profilov kaže, da je graviranje vzporednih uklonskih rež uspešno pri periodi nad  $40\ \mu\text{m}$ .

Analizirali smo tudi 3D površinski profil strukture. Za razmik linij  $40\ \mu\text{m}$  je prikazan na **sliki 5**. Na spojih ploskev z različno smerjo gravure dobimo nazobčano strukturo, ki je najverjetneje posledica narivov laserja. Struktura gravur stran od spojev je brez večjih napak, komaj opazna valovitost pa je posledica ukrivljenosti podlage.

Gravirane strukture ne kažejo nobenih barv. Ker je perioda vseh struktur večja od koherenčne dolžine bele svetlobe, je tak rezultat mogoče pričakovati. Zato smo poskušali dobiti uklonsko sliko s koherenčno svetlobo. Uporabili smo rdeči laser (pointer), ki smo ga usmerili pravokotno na folijo, sliko pa smo gledali na belem zaslonu,



**Slika 2:** Shematični prikaz meritve s spektrogoniometrom MA98 pri vpadnem kotu  $45^\circ$  (a) in  $15^\circ$  (b). Vse smeri ležijo v vpadni ravnini.



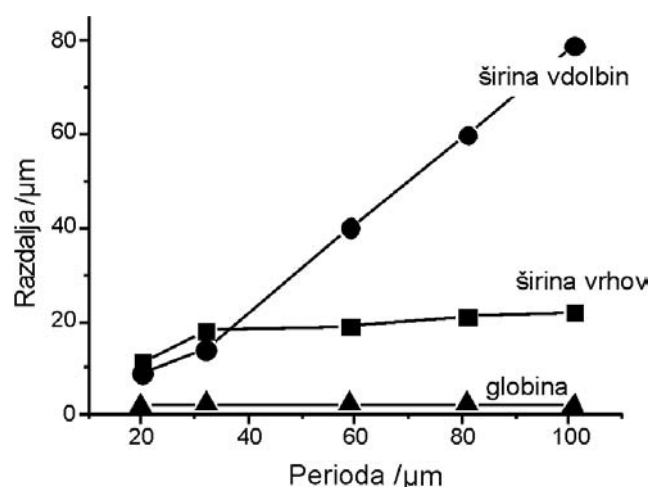
**Slika 3:** Linijski profil površine graviranih linij z načrtovanim medsebojnim razmikom  $40\ \mu\text{m}$ . Na eni od linij je označena perioda, globina gravure, širina vrha in širina vdolbine.

ki je bil vzporeden s folijo. Z nobeno od graviranih struktur nam ni uspelo dobiti dobro vidnih uklonov, pač pa praktično neprekinjeno črto v smeri pravokotno na zarez.

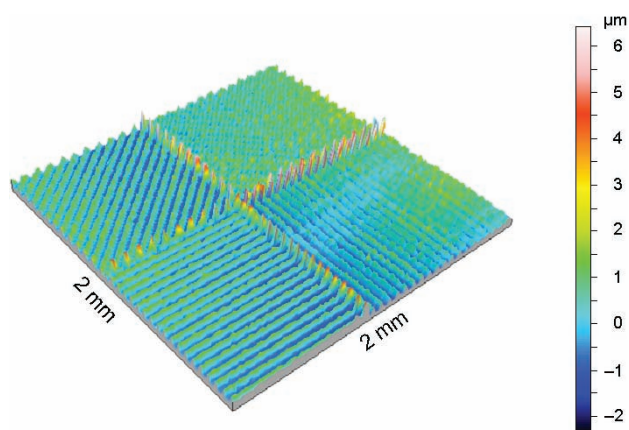
### 4.2 Hologramska folija OVD Kinegram®

Uporabljena folija je trak širine  $3,6\ \text{cm}$ , ki ima ob enem robu ( $2 \times 2$ ) cm velike ornamente. V beli svetlobi ob ugodnih opazovalnih razmerah (pravilno osvetljevanje in smer opazovanja) na ornamentih opazimo puščice mavričnih barv. Vsaka ploskev na ornamentu je enobarvna, njena barva pa se menja v odvisnosti od obeh kotov. Posamezni ornamenti so med seboj oddaljeni  $3\ \text{mm}$ . Sredina robu vsakega takega elementa je označena s  $5\ \text{mm}$  široko orientacijsko oznako, ki pri izbranih pogojih opazovanja daje enobarvno uklonsko sliko (**slika 6**). Ta oznaka omogoča avtomatsko identifikacijo položaja ornamenta pri uporabi folije. Uklonski efekti (svetloba mavričnih barv) so najizrazitejši, če je vpadna ravnina vzporedna z orientacijsko črto; kadar pa je pravokotna nanjo, pa mavrične barve popolnoma izginejo.

Posnetki z optičnim mikroskopom kažejo ravne črte, ki so vzporedne z robom traku (**slika 7**). Posamezni deli, ki se kažejo kot ploskve različnih barv, imajo različno periodo uklonskih rež. S posnetkov na sliki razberemo, da je perioda puščice na **sliki 7** približno  $3,2\ \mu\text{m}$ , orientacijske črte pa  $0,9\ \mu\text{m}$ . Ker je takšna perioda krajša od koherenčne dolžine



**Slika 4:** Odvisnost povprečne globine ter širine vrhov in vdolbin od periode vzporednih linij, graviranih v folijo

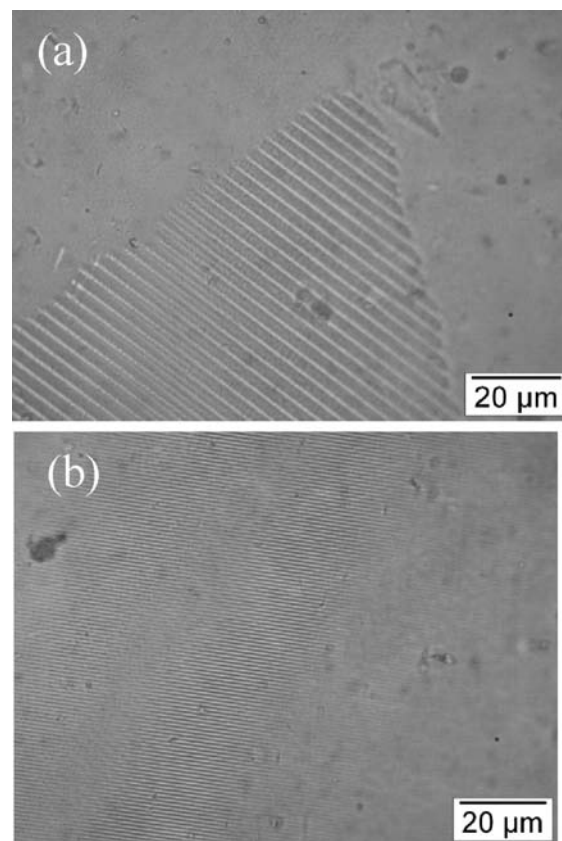


**Slika 5:** 3D-profil gravirane strukture vzporednih črt pri načrtovanem medsebojnem razmiku 40 µm

bele svetlobe, v beli svetlobi lahko opazimo interferenčne barve. Usmerjenost črt na hologramski foliji je razlog za smeri, v katerih se pojavljajo ukloni, torej različna barva uklonjene svetlobe. Ker se svetloba vedno uklanja pravokotno na strukturo, ki povzroča uklon, uklonske barve izginejo, kadar so reže vzporedne z vpadno ravnino [1,2].

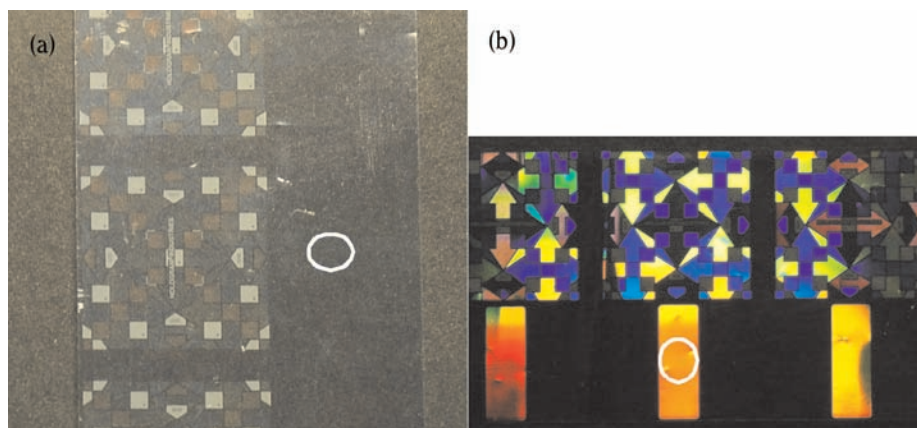
Povečava uklonske strukture, ki smo jo dobili z optičnim mikroskopom, kaže razmeroma veliko število defektov in nepravilnosti (**slika 7**). Take ali še večje nepravilnosti smo opazili tudi pri drugih vzorcih polprepustnih hologramskih folij. Pojav kaže, da imajo majhne nepravilnosti uklonske strukture zanemarljiv vpliv na kotno odvisne optične efekte.

Spektrogonometrično odbojnost orientacijske oznake smo izmerili v dveh pravokotnih vpadnih ravninah, v smeri uklonskih črt (pravokotno na smer oznake) in pravokotno nanje (vzporedno z oznako). Za podlago hologramske folije smo uporabili bel pisarniški papir. Vsi izmerjeni spektri so prikazani na **sliki 8**. V ravnini, ki je vzporedna z uklonskimi črtami, je odbojnost v vseh geometrijah majhna in praktično nima interferenčne strukture. Takšni spektri pomenijo, da je vzorec v vseh merskih geometrijah praktično brezbarven. Povsem drugače je, kadar je vpadna ravnina pravokotna na uklonske črte. Najsvetlejšo barvo (največjo odbojnost) dobimo v geometriji ( $45^\circ$ as $45^\circ$ ), kjer je zbrana rumena



**Slika 7:** Uklonska struktura na polprepustni hologramski foliji OVD Kinegram®: puščica na ornamentu (a) in orientacijska oznaka za pozicioniranje ornamenta (b)

svetloba. To svetlobo smo posneli tudi na fotografskem posnetku na **sliki 6b**. Izrazito vijolična svetloba se odbije pri ( $45^\circ$ as $25^\circ$ ), zelena z vrhom okoli 525 nm pri ( $45^\circ$ as $75^\circ$ ), pri ( $45^\circ$ as $110^\circ$ ) pa razmeroma šibka svetloba modrozeleno barve z vrhom okoli 480 nm. Iz teh podatkov smo ocenili periodo uklonskih rež in red uklona (**tabela 1**). Ocena pokaže, da nastane svetloba z največjo intenziteto z uklonom prvega reda, druga dva pa sta uklona tretjega reda. Pri izračunu smo uporabili enačbo (1) in periodo, ki smo jo dobili z mikroskopskih posnetkov (**slika 7b**,  $p = 0,9 \mu\text{m}$ ).

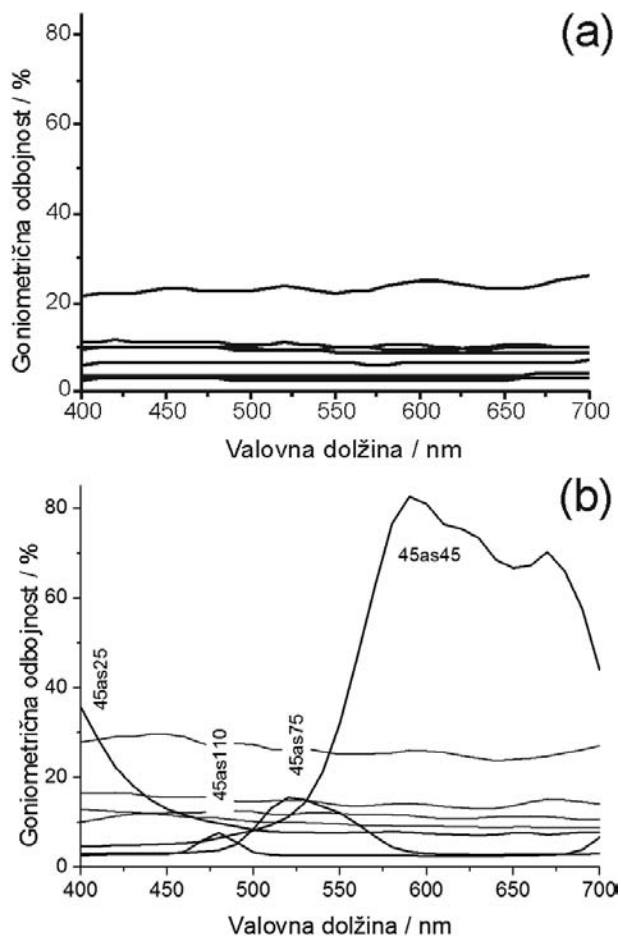


**Slika 6:** Fotografski posnetek analizirane polprepustne hologramske folije OVD Kinegram® v vzdolžni (a) in prečni vpadni ravnini (b). Uklonski efekti se pojavijo le pri eni smeri osvetlitve in opazovanja (b); če vzorec pri enakih pogojih zavrtimo za  $90^\circ$ , uklonska svetloba izgine (a). Mesto, kjer smo opravili spektralne meritve, je označeno z belim krogom.

**Tabela 1:** Preračun uklonov polprepustne hologramske folije OVD Kinegram®, ki jih dobimo iz spektrogoniometričnih meritev (**slika 8a**). Podana je oznaka geometrije, v kateri dobimo uklon, vpadni kot  $\theta_i$  in uklonski kot  $\theta_m$ . Z enačbo (1) izračunamo  $p/m$ , to je razmerje periode  $p$  in reda uklona  $m$ . Če privzamemo, da je  $p \approx 900$  nm, dobimo tudi  $m$ .

geometrija	$\theta_i$	$\theta_m$	$\lambda/\text{nm}$	$(p/m)/\text{nm}$	$m$
45as45	45	0	590	834	1
45as75	45	-30	525	435	2
45as110	45	-65	480	298	3

Hologramsko folijo OVD Kinegram® smo analizirali tudi z vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM) in opravili EDS-analizo. Na SEM-posnetkih ni videti nobene urejene strukture. Na eni strani je površina skoraj popolnoma gladka, na drugi pa nepravilno nagubana (**slika 9**). To pomeni, da je uklonska struktura na obeh straneh hologramske folije zalita, na nagubani strani pa je lepilo za nanašanje folije na dokument. Elementna analiza pokaže poleg kisika in ogljika, ki sta v polimerni foliji, tudi signifikantno vsebnost cinka in žvepla. Sklepamo, da je uklonska struktura narejena s kombinacijo polimera (lomni količnik okoli 1,45) in ZnS (lomni količnik 2,36 pri  $\lambda = 600$  nm). Linije, ki so narejene z ZnS, so najverjetneje zelo tanke, zato nam uklonske strukture ni uspelo videti na SEM-posnetkih prečnega prereza folije.



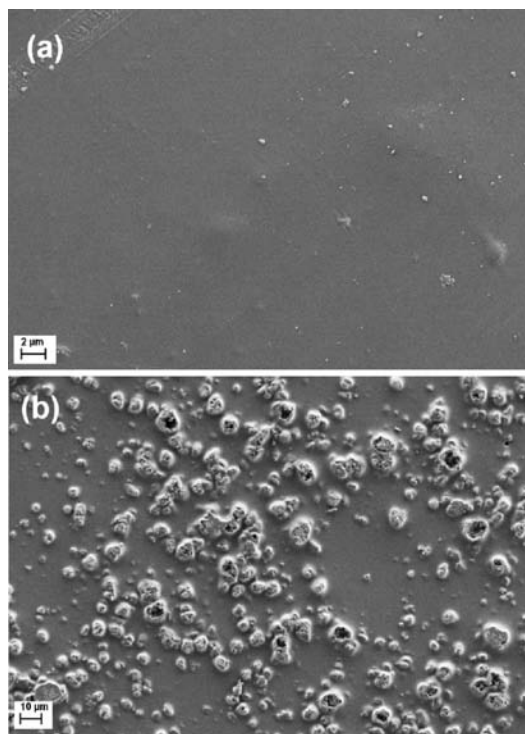
**Slika 8:** Spektrogoniometrična odbojnost orientacijske oznake na hologramski foliji OVD Kinegram®, merjena v ravnini vzporedno z uklonskimi črtami (a) in pravokotno nanje (b)

### 4.3 Folija Optoseal

Glede na navedbo v prilogi monografije o metodah za zaščito dokumentov je vzorčni dokument prekrit z hologramsko folijo ničtega reda (*zero-order device*) [1]. Taka struktura je povezana s periodo, ki je manjša od valovne dolžine svetlobe. Za strukture s periodo med  $\lambda/2$  in  $\lambda$  dobimo uklone prvega reda pri zelo velikih vpadnih kotih. Ko se perioda še zmanjša, tudi prvi uklonski red izgine. V difuzni osvetlitvi je prekrivna plast videti popolnoma prozorna in praktično brez barve, pri opazovanju v usmerjeni svetlobi pod velikimi koti pa opazimo najprej izrazito rumeno oz. zlato barvo, ki pri večjih kotih preide v zeleno in nato vijolično-modro. Pri pojavu izrazite barve ima vrhnja plast dokumenta kovinsko barvo, zapisa na dokumentu pa ne opazimo (**slika 10**).

Na posnetkih, ki smo jih naredili s konfokalnim optičnim mikroskopom, smo le s težavo opazili zelo gosto uklonsko strukturo s periodo okoli  $0,45 \mu\text{m}$  (**slika 11**). Ta perioda je enaka valovni dolžini modre svetlobe. Na merilnem mestu so črte usmerjene vzporedno z daljšo stranico dokumenta – vodoravno na **sliki 10**.

Celotno odbojnost dokumenta, zaščenega s hologramsko folijo Optoseal, smo izmerili v geometriji ( $8^\circ/\text{di}$ ) v dveh vpadnih ravninah – vzporedno z uklonskimi režami in pravokotno nanje (**slika 12**). Kadar je vpadna ravnina vzporedna z uklonskimi režami, v spektru prevladuje odbojnost podlage (vidimo podatke, ki so zapisani na dokumentu). Kadar je vpadna ravnina pravokotna na uklonske reže, se na odbojnost podlage naloži šibka struktura z vrhoma pri 613 nm in 635 nm. Sklepamo, da je to posledica uklona na hologramski foliji, ki se pojavi le v vpadni ravnini pravokotno na uklonske reže.



**Slika 9:** SEM-posnetki zgornje (a) in spodnje površine (b) hologramske folije OVD Kinegram®. Posnetki so narejeni brez zaščitne folije.



**Slika 10:** Fotografski posnetek vzorčnega dokumenta z zaščitno folijo Optoseal. Približno pravokotno na vzorec vidimo vsebino dokumenta (a), pri velikem vpadnem kotu pa dokument zakriva kotno zelo široka uklonska barva (b). Krog označuje mesto merjenja. Na temnih mestih slike (b) je prilepljen prosojni lepilni trak, ki preprečuje uklon svetlobe, pri pravokotnem gledanju (a) pa ga ne opazimo.

Spektrogonometrična odbojnost je prikazana na **sliki 13**. V vpadni ravnini vzporedno z uklonskimi režami je odbojnost v vseh smereh praktično neodvisna od  $\lambda$ , kar pomeni brezbarvno oz. belo površino (**slika 13a**). Kadar je vpadna ravnina pravokotno na uklonske reže, izmerimo selektivni odboj svetlobe v geometriji (45as75) med 400 nm in 470 nm (modra svetloba, **slika 13b**), v geometriji (45as110) pa med 560 nm in 600 nm (zelena svetloba). V teh delih spektra je odbojnost bistveno večja od 100 %, kar dokazuje, da gre za konstruktivno interferenco. V takih razmerah je intenziteta svetlobe lahko bistveno večja od odbojnosti kalibracijskega standarda pri enaki geometriji. Ta pojav lahko ocenimo tudi s primerjavo videza vzorca in kalibracijskega standarda v razmerah, ko opazimo uklonsko barvo na vzorcu. Od vzorca se širi intenzivna bleščeča svetloba, kalibracijski standard pa odbija razpršeno bledo in belo svetlobo. Zeleno svetlobo uklona (45as110) smo ujeli tudi na fotografskem posnetku na **sliki 10b**.

Z valovno dolžino uklonov, ki jih izmerimo v geometrijah (45as75) in (45as110), lahko z enačbo (1) dobimo razmerje  $p/m$ . Če je perioda  $p$  okoli 450 nm, sta oba uklona prvega reda ( $m = 1$ ).

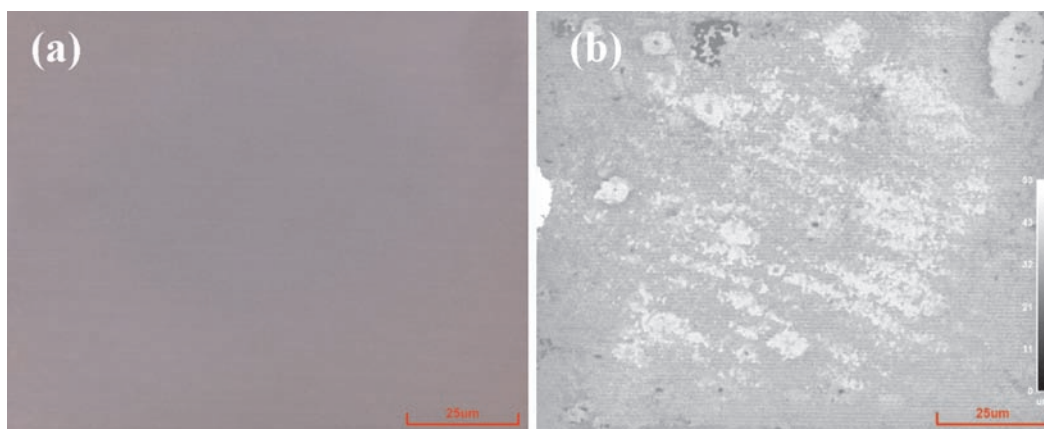
**Tabela 2:** Preračun uklonov polprepustne hologramske folije Optoseal, ki jih dobimo iz spektrogonometričnih meritev (**slika 13**). Podana je oznaka geometrije, v kateri dobimo uklon, vpadni kot  $\theta_i$  in uklonski kot  $\theta_m$ . Z enačbo (1) izračunamo  $p/m$ , tj. razmerje periode  $p$  in reda uklona  $m$ . Ker je  $p \approx 450$  nm, dobimo tudi red uklona  $m$ .

geometrija	$\theta_i$	$\theta_m$	$\lambda/\text{nm}$	$(p/m)/\text{nm}$	$m$
45as75	45	-30	450	373	1
45as110	45	-65	580	359	1

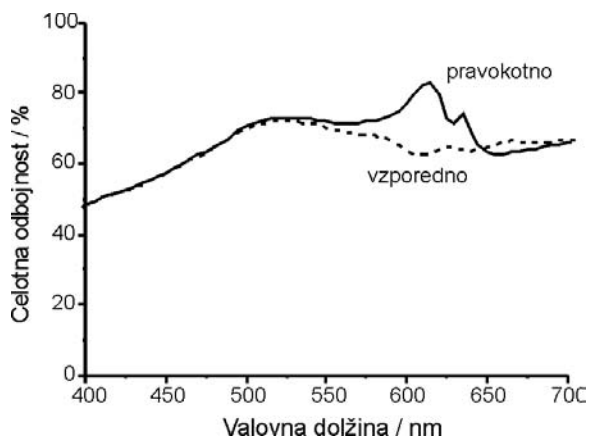
## 5 SKLEP

Na polprepustnih hologramskih folijah so navadno ploskve z ravnimi uklonskimi režami. Te so narejene iz tankih vzporednih črt z velikim lomnim količnikom (npr. ZnS), ki so zalite v polimeru. Posamezne ploskve s razlikujejo po periodi črt in njihovi smeri.

Perioda uklonske strukture, ki daje uklone pri opazovanju v beli svetlobi, mora biti manjša od koherenčne dolžine bele svetlobe (nekaj mikrometrov). Tako goste strukture ni mogoče gravirati z laserjem valovne dolžine 1064 nm.



**Slika 11:** Posnetek površine dokumenta, ki ima zaščitno folijo Optoseal. Posnetek je narejen s konfokalnim optičnim mikroskopom. Optični posnetek (a) in topografija (b).



**Slika 12:** Celotna odbojnost dokumenta z zaščitno folijo Optoseal pri vpadni ravnini vzporedno z uklonskimi režami (črtkana) in pravokotno nanje (polna črta)

Mikroskopski posnetki uklonske strukture polprepustnih hologramskih folij kažejo razmeroma veliko število napak in defektov. To pomeni, da popolna pravilnost uklonskih rež ni ključnega pomena.

Uklonski efekti se pojavijo, kadar jih opazujemo v vpadni ravnini pravokotno na uklonske reže. Ker imajo analizirane polprepustne folije vse uklonske reže v isti smeri, je v ravnini, ki je vzporedna z njimi, nemogoče opaziti uklonske efekte.

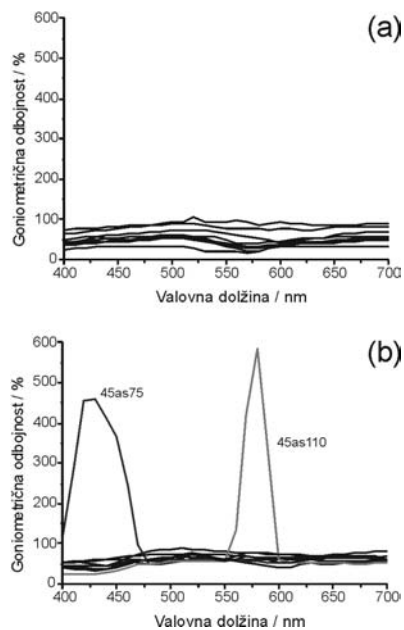
Celotna odbojnost polprepustnih hologramskih folij pri vpadnem kotu  $8^\circ$  ne kaže izrazitih uklonskih efektov; prevladuje odbojnost podlage, na kateri je hologramska folija. Pri merjenju v vpadni ravnini pravokotno na uklonske reže se na odbojnost podlage naloži šibak interferenčni efekt, kar potrjuje enotno usmerjenost črtne strukture hologramske folije.

Tudi spektrogoniometrična odbojnost kaže barvne efekte le, kadar je vpadna ravnina pravokotno na uklonske reže. Iz rezultatov meritev lahko določimo periodo uklonskih rež hologramske folije. Rezultati se razmeroma dobro ujemajo s strukturo, ki jo dobimo na mikroskopskih posnetkih in z opazovanji.

Spektrogoniospektrometrične meritve smo opravili z aparaturom, ki je namenjena kontroli kotno odvisnih premazov v avtomobilski industriji. Rezultati kažejo, da je mogoče to aparaturom uporabiti za identifikacijo optičnih efektov na hologramski foliji, ki ščiti dokument. Ker je uporabljena aparatura prenosna in namenjena delu na terenu, je taka meritev popolnoma nedestruktivna.

## Zahvale

Projekt št. L2-2150 je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega



**Slika 13:** Spektrogoniometrična odbojnost dokumenta z zaščitno folijo Optoseal, merjena v ravnini vzporedno z uklonskimi črtami (a) in pravokotno nanje (b)

proračuna. Za sofinanciranje se zahvaljujemo tudi podjetju Cetus, d. d.

Mojca Friškovec se zahvaljuje Tehnološki agenciji Slovenije za sofinanciranje po programu Mladi raziskovalci iz gospodarstva. Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.

Avtorji se zahvaljujejo g. Romanu Habichtu iz podjetja HSH, d. o. o., za možnost testnega merjenja s spektrogoniometrom X-Rite MA98.

## 6 LITERATURA

- [1] R. L. Van Renesse, *Optical Document Security*, 3<sup>rd</sup> edition, Artech house Boston, London, 2005
- [2] A. Argoitia, R. Phillips, *Proc. SPIE*, 6075 (2006), 60750P1–60750P18
- [3] M. Baloukas, L. Martinu, *Applied Optics*, 47 (2008), 1585–1593
- [4] L. Kotačka, T. Těthal, V. Kolařík, *Proc. SPIE*, 5954 (2005), 59540K1–59540K9
- [5] J. Jahns, Q. Cao, S. Sinzinger, *Laser & Photon. Rev.*, 2 (2008), 249–263
- [6] S. Sumriddetchkajorn, Y. Intaravanne, *Proc. SPIE*, 7003 (2008), 7003181–7003189
- [7] E. Hecht, *Optics*, 4<sup>th</sup> edition, Addison-Wesley, San Francisco, 2002

# VAKUUM RAZSVETLJENSKE LJUBLJANE V FRANČIŠKANSKI KNJIŽNICI

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oddelek za zgodovino znanosti, Norman, Oklahoma, ZDA / Občina Kostel, 1336 Kostel

## POVZETEK

Nakazane so potrebe frančiškanskega višješolskega pouka lastnih gojencev in zunanjih študentov, ki so Žigo Škerpina in druge predstojnike oziroma knjižničarje silile k nakupom določenih zvrsti pouku vakuumskih tehnik namenjenih knjig. Učinkovitost frančiškanskih knjižnih učnih pripomočkov sredi 18. stoletja je primerjana s sočasnimi nabavami frančiškanskih vzornikov – nasprotnikov, jezuitskih šolnikov. Nasprotno od jezuitov pri ljubljanskih frančiškanih žal še ni na voljo podatkov o vakuumskih eksperimentalnih napravah v šolskih laboratorijih.

Izrecen poudarek je namenjen frančiškanskim rokopisnim fizikalnim učbenikom, ohranjenim v Ljubljani. Pregledane so ljubljanske profesorske priprave domačinov Žige Škerpina, Gotfrida Pfeifferja in Vigilusa Dinarića, prav tako pa Bavarcev Castula Huberja in Teofila Zinsmeistra. Navezanost zadnjih dveh na Boškovićevo fiziko ducat let po smrti tega slovitega Hrvata je kronski dokaz, da so v srednjeevropskem prostoru Boškovićeve zamisli pri Juriju Vegi, Francu Ksaverju Karpeju, Huberju, Zinsmeistru in njim podobnih izobražencih odmevale še globoko v 19. stoletju.

**Ključne besede:** ljubljanski frančiškani, zgodovina raziskovanja vakuuma, Žiga Škerpin, Gotfrid Pfeiffer, Vigilus Dinarić, Castul Huber, Teofil Zinsmeister, Ruđer Bošković

## Vacuum of the illuminated Ljubljana in franciscan library

### ABSTRACT

Sigismund Škerpin collected so many mathematical and technical books for the Ljubljana Franciscan Library that he had to extend the Library on the right bank of Ljubljana River several decades before the monastery was moved to the former Augustinian building on the left bank. The needs of Franciscan internal and external school lecturing which forced Škerpin and other guardians or librarians to acquire certain sorts of textbooks are put forward. The effectiveness of Franciscan school equipment is compared with the simultaneous acquisitions of their Jesuit school model and antagonists, although no data are available yet for Franciscan's experimental equipment in their school laboratories for comparison with the better known Jesuit mathematical-physical laboratories organized in the mid-18<sup>th</sup> century.

The greatest attention is put on Franciscan manuscript physical textbooks preserved in Ljubljana. The lecturing preparations of the domestic professors Sigismund Škerpin, Gotfrid Pfeiffer, and Vigilus Dinarić, and the Bavarians Castul Huber, Teofil Zinsmeister were examined. Their attachment to Bošković's physics a dozen years after the death of the great Croat is used to prove how Bošković's ideas preserved their impact on Mid-European literati Jurij Vega, Franc Ksaver Karpe, Huber, Zinsmeister, and many other erudite well into 19<sup>th</sup> century.

**Keywords:** Ljubljana Franciscans, history of vacuum research, Sigismund Škerpin, Gotfrid Pfeiffer, Vigilus Dinarić, Castul Huber, Teofil Zinsmeister, Ruđer Bošković.

## 1 UVOD

Ljubljanski frančiškanski samostan se prvič omejnja leta 1242; leta 1491 so konventualce zamenjali observanti, ki pa niso preživeli protestantskih izzivanj

<sup>1</sup> Babor, Samostanske knjižnice, str. 396, 397, 398.

leta 1569.<sup>1</sup> Ko je Turjačane vendarle minila protestantska strast, so se frančiškani vrnili v kranjsko prestolnico. Po smrti cesarja Jožefa II. so nekdanje ljubljansko frančiškansko samostansko poslopje predelali za potrebe liceja; po ljubljanskem potresu pa imajo Ljubljanci tam tržnico s Plečnikovimi arkadami za Vodnikovim spomenikom. Medtem je baročna fasada frančiškanske cerkve Marijinega oznanjenja s samostanom na Marijinem trgu slej ko prej kljubovala viharjem, čeprav je Marija morala trg leta 1949 prepustiti Prešernu. Med letoma 1646 in 1660 je bila cerkev postavljena za avguštince po naročilu barona Konrada Ruessensteina († 1668) s Strmola; pročelje je bilo dokončano leta 1700, pol stoletja pozneje pa je Francesco Robba postavil glavni oltar. Jožef II. je odstranil ljubljanske avguštince leta 1784, njihov samostan pa je prepustil frančiškanskim sosedom z nasprotnega brega Ljublanice. Ruessensteina ta sprememba lastništva niti ni kdo ve kaj motila, saj so svoje zajetne alkimistične rokopise zapustili avguštinskim naslednikom frančiškankom, ki jih vneta čuvajo še dandanes.

## 2 ALKIMISTI PRI LJUBLJANSKIH FRANČIŠKANIH

Ruessenstein nikakor ni svojih alkimističnih snovanj shranil pri ljubljanskih frančiškanih le zavoľo lepšega. Ljubljanska frančiškanska alkimija je imela namreč tisti čas že zavidljivo dolgo pot za seboj, saj so

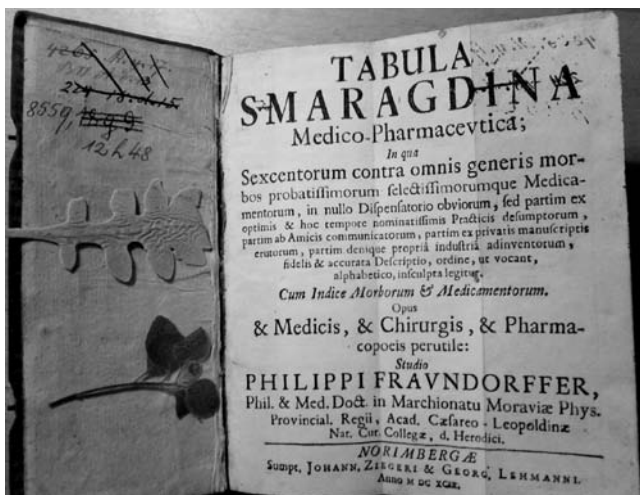


**Slika 1:** Opombe ljubljanskega bralca ob strani poglavja o planetu Veneri v povezavi s kovino baker v Rosenkreuzerjevi alkimistični knjigi, ki jo je objavil Franz Ritter. Ljubljanski frančiškanski izvod ima lastniški vpis Karla de Caeciasa (Caccias), ki je gotovo botroval domisljam ljubljanskega bralca (Ritter, Rosenkreuzer, *Astronomia*, str. 87; z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM, tako kot vse druge slikovne priloge te razprave, ki jih je posnel pisec).

si med drugim nadebudni menihi omislili prepis in ponatis alkimističnih snovanj Dvanajst ključev, ki naj bi jih napisal nemški benediktinec Basilius Valentinus; le-ta je dognal da toplota Sonca spodbuja rast zemeljskih bitij, vendar je ne povzroča. Celo Newtonu je njega dni hasnilo branje Basiliusove knjige v priredbi Johanna Thöldeja Hessenskega, mestnega komornika v tiringiškem Frankenhausnu in solastnika solarne.<sup>2</sup> Basiliusa so listali tako loški kapucini kot ljubljanski frančiškani, ki so s pridom prebirali še veliko po njem prirejenih del vključno z domislicami slovitih Marca Fridricha Rosenkreutzerja in Philippa Fraunhofferja, navezanih na Hermesa Trismegistosa.

### 3 LJUBLJANSKI FRANČIŠKANSKI ROKOPISI POD GOSJIMI PERESI PISCEV IN BRALCEV

Kako so ljubljanski frančiškani izkoristili bogato bero znanstvenih knjig v svoji knjižnici? Frančiškanski magister Nicolo d'Orbellis je pred letom 1465 sestavil svoje komentarje, potem ko se je kalil kot profesor na univerzi Angers. Večina njegovih del je izšla posmrtno: matematika prvič leta 1485 v Bologni, fizika pa leta 1494 v Baslu. Skupno knjigo logike, matematike in fizike so mu leta 1503 ponatisnili v Baslu in je vsaj že leta 1707 postala last novomeškega frančiškana Pavla Novaka; podaril mu jo je bakalavr filozofije istega leta 1707 Marko Stanzhero (Štancer), eden prvih slušateljev prav tedaj ustanovljenih filozofskih študijev ljubljanskih jezuitov. Za Novakovim zapisom je pod naslovnico videti zgolj vogal starejšega lastniškega vpisa. Tretji starejši ob ponovni vezavi prepolovljeni lastniški vpis se da izslediti v



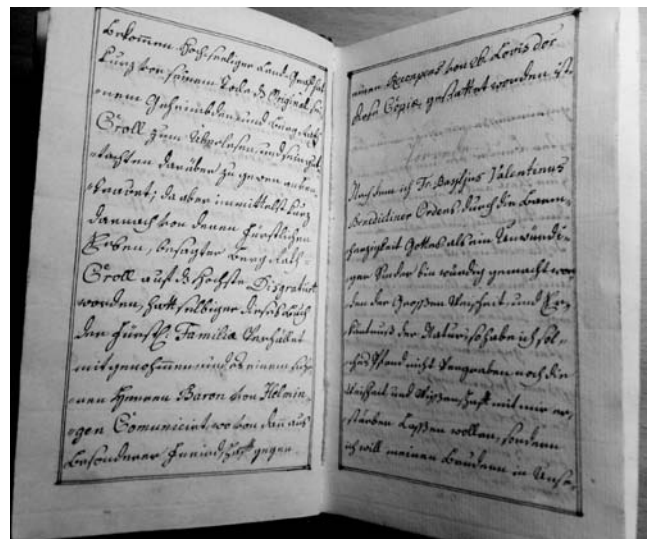
**Slika 2:** Naslovnica zelo vplivne Smaragdne tabele Philippa Fraunhofferja (\* okoli 1650; † 1702), ki so jo ljubljanski frančiškani uporabljali kar za herbarij, kot pričata primerka ohranjenih stisnjenih rastlin iz davnih stoletij, ki sta fotografirana na levi strani slike (Fraunhoffer, *Tabula smaragdina*).



**Slika 3:** Naslovna stran Kemijskih spisov z dobrodušnim portretom Basiliusa Valentinusa v tri stoletja poznejšem ponatisu pri ljubljanskih frančiškanih (Basilius, *Chymische Schriften*)

desnem zgornjem kotu prve strani, pod njim pa je vpis ljubljanskih frančiškanov iz leta 17?? z odrezanima zadnjima dvema števkama. Gotovo so ga zapisali pred Škerpinovim ponovnimi vezavami frančiškanskih knjig iz let 1743 in 1744, o kateri priča zapis na notranji platnici Orbellisove knjige. Knjiga je postala last ljubljanskih frančiškanov najkasneje med letoma 1707 in 1744 ter je edino doslej najdeno Orbellisovo delo v Sloveniji.

Orbellis je svoje nepaginirano delo razdelil na krajšo logiko z uvodom v matematiko in geometrijo; sledilo je daljše prirodoslovje s fiziko, povzeto po



**Slika 4:** Rokopis Basiliusa Valentinusa iz leta 1480 v stoletja poznejšem prepisu pri ljubljanskih frančiškanih z osnovnimi podatki o Baziliusu na začetku poglavja (Basilius, *Via veritatis*, str. 5)

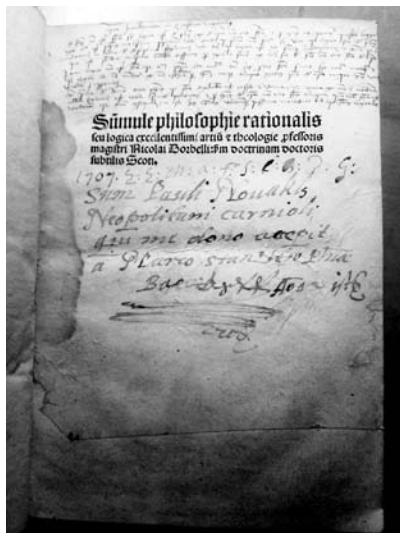
<sup>2</sup> Grdenić, *Zgodovina kemije*, str. 366–367.



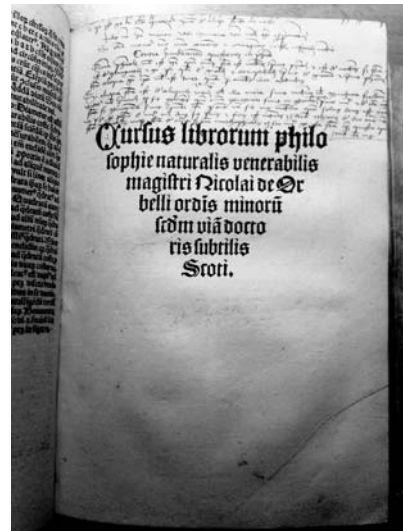
Aristotelovih knjigah, nato pa razprave o duši, etiki in metafiziki, kot je bilo tiste dni v navadi. Bistvo Orbellisove razlage možnega gibanja v praznem, privzetega v razpravi o četrti knjigi Aristotelove fizike, je bil prazen prostor Anaksagore, nasproten prepričanju Aristotela ali Skota.<sup>3</sup>

Prvi ljubljanski lastnik Orbellisove knjige iz zgodnjega 16. stoletja je vanjo vpisal naslove podpoglavij, predvsem pa domiselne opombe v gotici že zgodaj v 16. stoletju: z malo domišljije lahko njegova snovanja proglasimo za prvi zajetnejši matematično usmerjeni znanstveni tekst, napisan v Ljubljani. Pozorni, domnevno ljubljanski, bralec in pisec opomb je največ latinskega pisanja posvetil ravno Orbellisovim komentarjem Aristotelovih fizikalnih knjig; očitno je prav posebej pozorno bral razpravo o četrti knjigi z drugim od obeh poglavij, posvečenim vakuumu. Tako imamo danes neznanega bralca lahko kar za prvega ljubljanskega pisca o vakuumu, čeprav svojih komentarjev po tedanji navadi ni podpisal in nam je tako prikril svoje ime. Daljše misli je zapisal nad prvo naslovnico in nato še nad naslovnico komentarjev Aristotelovih fizikalnih knjig. Krajši zapisi so bili večinoma poudarjeni naslovi poglavij, ki so posebej privlekla bralčevo pozornost.

Ob podčrtani razpravi o prostoru tik pred podpoglavjem o vakuumu v četrti knjigi si je ljubljanski bralec privoščil daljši opombi z dvema različnima črniloma. Prva vakuumu posvečena opomba se je



**Slika 5:** Začetni naslov Orbellisove knjige z opombami ljubljanskega bralca iz 16. stoletja, ki ga je leta 1707 dopolnil Pavel Novak iz Novega mesta (Orbellis, *Summula philosophiae rationalis ... incipit mathematica*, 1r).



**Slika 6:** Dolgovezni zapis ljubljanskega bralca nad Orbellisovim naslovom fizikalnega dela knjige (Orbellis, *Summula philosophiae ... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 1r)

obregnila ob naslov Orbellisove razlage tlačenja zraka. Naslednja daljša opomba se je nanašala na Orbellisovo ugotovitev, da zrak zavzame več prostora od vode. Nato se je bralec razpisal ob Orbellisovi domnevi, da bi gibanje v vakuumu steklo v trenutku brez kakršne koli zakasnitve. Prostor je različen od lege, vakuum pa je prostor brez teles, kar je ljubljanski bralec v opombi še posebej poudaril. Iz Orbellisove razlage je izdvojil geslo o dvojnem odboju in s posebno kazalko v obliki pesti in kazalca poudaril Orbellisovo dokazovanje izredno drobnih por v telesih, ki pa vendarle preprečujejo dvema telesoma zasesti isti prostor.<sup>4</sup>

Ljubljanski bralec si je najdaljšo opombo privoščil nad Orbellisovo trditvijo o dimenziji in položaju, ki opredeljujeta vrsto telesa.<sup>5</sup> V petem poglavju je Orbellis razmišljal o zaporednih delitvah delcev snovi, kar je znova šlo v nos ljubljanskemu bralcu, ki je hudomušno navrgel svoje dvome ob strani. Sredi istega poglavja je Orbellis obravnaval nedeljivost in vrste količin, bralec pa ga je podprl z opombo. Kazalec s pestjo je znova narisal ob Orbellisovi razlagi poteka časa med gibanjem in ob Orbellisovih razlagah argumentov, ki so navidez neoporečni. Ljubljanski bralec se je z opombo obregnil ob Orbellisovo razpravo o meri gibanja v poglavju o času.<sup>6</sup>

Žal so del Ljubljančanovih umovanj ob strani Orbellisovega tiska odrezali, ko je Žiga Škerpin (Jurij Friderik Škerpin, \* 5. 4. 1689 Kamnik; OFM 19. 10. 1703 Nazarje; † 26. 1. 1755 Ljubljana) ukazal knjigo prevezati leta 1744.<sup>7</sup> Domnevno isti ljubljanski

<sup>3</sup> Orbellis, *Summula philosophiae ... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 24v.

<sup>4</sup> Orbellis, *Summula philosophiae ... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 24r–25r, 26r.

<sup>5</sup> ... *instrumenta naturalia in aere repercusso* (Orbellis, *Summula philosophiae... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 27r).

<sup>6</sup> Orbellis, *Summula philosophiae ... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 28v, 29r, 30r, 31r.

<sup>7</sup> Orbellis, *Summula philosophiae ... Cursus librorum philosophiae naturalis*, 26v pred naslovnico.



**Slika 7:** Škerpinov portret danes kraljuje sredi knjižnih zakladov, ki jih je ta zaslužni učenjak svoj čas zbiral za frančiškansko knjižnico.

frančiškanski bralec je z rokopisom 16. stoletja v enkrat bolj rjavi, drugič bolj črni tinti na zadnjo stran zapisal kazalo knjige s posebej poudarjenimi poglavji o vakuumu na dnu levega stolpca ob komentarjih Aristotelove četrte knjige fizike.

Frančiškanske knjižne zaklade je še onstran Ljubljane posodobil predvsem Žiga Škerpin, provincial Hrvaško-kranjske frančiškanske province med letoma 1732 in 1735 ter 1745 in 1748, tajni dvorni svetnik<sup>8</sup> in dejanski generalni definator vseh frančiškancev. Številna poslovna potepanja po tujih velemestih je oplemenitil z nabavljanjem knjig, namenjenih prenovljeni ljubljanski frančiškanski knjižnici, utemeljene v prvotni frančiškanski zbirki, ustanovljeni leta 1233<sup>9</sup> na današnjem Vodnikovem trgu. Med letoma 1733 in 1746 je Škerpin navozil v Ljubljano 1668 naslovov v 2627 zvezkih; v pričujoči razpravi nas bo zanimal predvsem matematično-tehniški del te bogate bere.

Žiga Škerpin je močno pomnožil frančiškanske knjige, mimo tega pa je na Trsatu nad hrvaško Reko sestavil učbenik Aristotelove fizike z opisi najnovejših dognanj njega dni, ki ga danes hranijo v Ljubljani.

Njega dni so študentje kar radi uporabljali profesorjeva skripta ob pripravah za izpit, saj e-pošte in Facebooka še ni bilo na spregled. Vigilij Dinarić je

sestavil eno boljših. Med letoma 1734 in 1736 se je udinjal kot lektor filozofije na Sveti Gori, leta 1739 lektor teologije in kazuistike na Trsatu, med letoma 1740 in 1742 lektor teologije na Trsatu, leta 1743 lektor kanonskega prava na Trsatu, leta 1744 magister na Sveti Gori in leta 1745 lektor kanonskega prava na Trsatu. Kot generalnega lektorja ga je senjski škof vzel za vizitatorja župnij svoje škofije.<sup>10</sup>

Dinarić je 27. 3. 1735,<sup>11</sup> 20. 6. 1735<sup>12</sup> in 16. 7. 1735<sup>13</sup> v frančiškanskem samostanu na Sveti Gori pri Gorici končal svoj zajetni nepaginirani rokopis o Aristotelovi fiziki in sorodnih vedah. Pri 7. vprašanju ob 4. Aristotelovi knjigi je meril na zagate vakuuma in obilno citiral svoje sobrate. Zanimal ga je uporaba teles, nepredirnost in strah pred praznim. Pri 8. vprašanju si je izposodil posrečeno domislico o absolutno močnem Bogu, ki zna ustvariti resda nemogoči vakuum; ob citatih frančiškanskega doktorja Skota je opisal vodo, zrak in ogenj tudi po kartezijanskih idejah. V odgovoru na 9. vprašanje je iskal možnosti za gibanje v vakuumu; največ preglavic mu je prinesel uporaba sredstva, lokalno gibanje in teže gibljivih gostih delcev ognja. Hitrost lokalnega gibanja v vakuumu je določil po sv. Tomažu in Skotu. Brzino je določalo redčenje, vztrajnost, gibanje v polnem in omejenost okolja.<sup>14</sup> Če je gibanje v vakuumu zaporedno, potem mora hitrost naraščati podobno kot pri gibanju v vodi.

Dinarića je privlačila uporaba vakuuma v medicini, vendar ni opisal in narisal barometrov ali črpalk. Po Aristotelovih fizikalnih knjigah je pisal o nastajanju in propadanju,<sup>15</sup> o nebu in svetu,<sup>16</sup> o meteorjih,<sup>17</sup> prav tako pa o duši. Posamezne planete je ob robu lista označil s starodavnimi astrološkimi znaki, citiral pa je predvsem Ptolomeja. Glede gibanja v našem sončnem sistemu se je rad skliceval na Matejev evangelij in deveto Jobovo knjigo,<sup>18</sup> vendar ni imenoma navedel Kopernika ali Galileja.

Nekaj mesecev po Dinariću je dne 9. 11. 1735 prav tako v svetogorskem samostanu Pfeiffer končal drugi del svojega filozofskega rokopisa s četrto in peto Aristotelovo knjigo splošne fizike; seveda sta Dinarić in Pfeiffer sodelovala pri pisanju. Pfeiffer se je držal klasične Aristotelove razlage, v kateri je bil opis vakuuma osnova drugega dela četrte Aristotelove knjige o prostoru in vakuumu, tako da se je ob sedmem vprašanju spraševal, ali prazno nasprotuje

<sup>8</sup> Hoško, *Franjevačke visoke šole*, str. 313.

<sup>9</sup> Miklavčič, *Škerpin (Škrpin)*, str. 329.

<sup>10</sup> Špelič, *Nekrologij*, št. 4528.

<sup>11</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, 4. knjiga fizike: 20r.

<sup>12</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, zadnja stran rokopisa, ki jo je dne 20. 6. 1735 podpisal Vigilio Dinarić.

<sup>13</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, de generatione et corruptione: 36v (12: 12v).

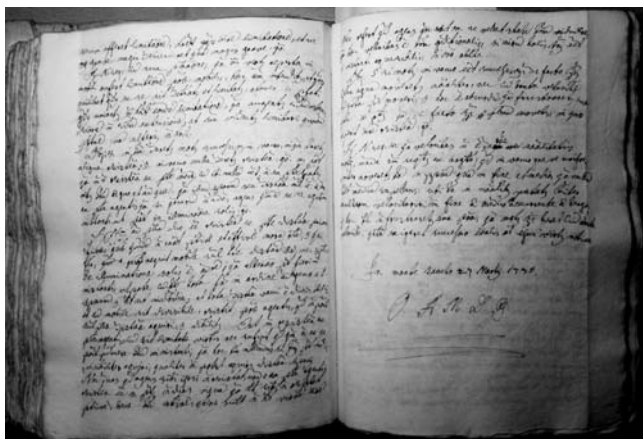
<sup>14</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, 4. knjiga fizike: 13v–15v, 17, 18v.

<sup>15</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, de generatione et corruptione: 1r–20v (10: 1r–12: 12v).

<sup>16</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, de coelo et mundo: 1r–23r (11: 1r–12: 6v).

<sup>17</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, de coelo et mundo / de methoeis: 37v (12: 6v–12: 12r).

<sup>18</sup> Dinarić, *Inscrit Philosophia naturalis*, de coelo et mundo: 4r (11: 4r), 7r (11: 7r).



Slika 8: Zadnja stran Dinaričevega učbenika o Skotovi filozofiji narave, datirana 27. 3. 1735 na Sveti Gori (Dinarič, 1735, 1r)

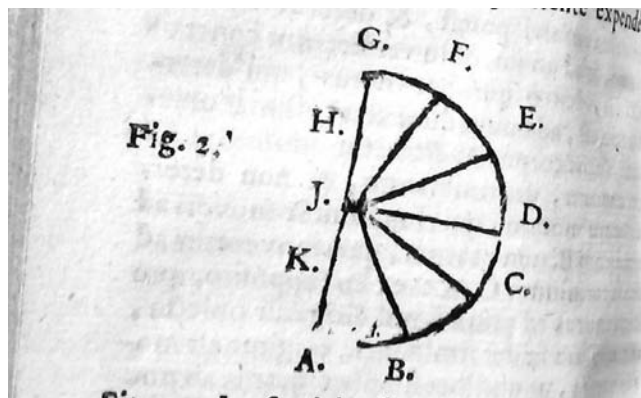
(pojmovanju) prostora; podobno se je v svojem sedmem vprašanju obregnil Dinarič.<sup>19</sup> Pfeiffer je razglabljal o bivanju več teles na istem prostoru in o možnostih za nastanek vakuumu ob delovanju vodne ure.<sup>20</sup> Skliceval se je na številna opazovanja delovanja vakuumu, priobčena leta 1729 v Filozofiji s fiziko Jacques-Casimirja Guérinoisa (\* 1640; † 1703) iz reda frančiškanom sicer ne vedno ljubih dominikancev.<sup>21</sup> Guérinoisovo knjigo je Pfeifferjev osemnajst let starejši predstojnik Škerpin nabavil kmalu po natisu; seveda jo je ozaljšal s svojo nalepko. Ljubljanski frančiškani so ob Guérinoisovih imeli še nekaj starejših dominikanskih del, med njimi Logiko (1609) Chrysostoma Javellusa, Polemično metafiziko (1649) Joana Martineza del Prada in Arnùjevo zajetno filozofijo. Pfeiffer je sledil Guérinoisovim zamislim glede možnosti za Božjo stvaritev vakuumu in lokalnega gibanja v njem, medtem ko se je Dinarič omejil na navedbe frančiškanskih povzetrov Skotovega nauka;<sup>22</sup> Guérinois se je bolj poglobil v Gassendijev atomizem in poskuse z (Boylovo) pnevmatsko vakuumsko črpalko.<sup>23</sup>

Po opisu utekočinjanja je Pfeiffer stvaritev čudežnega vakuumu pripisal Bogu; navajal je Descartesa, svojega sobrata Skota, v isti sapi pa Aristotela.<sup>24</sup> Pfeiffer se je spraševal po absolutni Božji moči ust-

varjanja vakuumu v prvem vprašanju članka 2, Dinarič pa je enako počel v svojem 8. vprašanju; oba sta zavračala Descartesov napačen opis vakuumu.<sup>25</sup> Podoben obračun z Descartesom si je privoščil hrvaško-primorski stotnik v Bakru in Reki od leta 1716 oziroma od leta 1725 Adelmo Antonio grof Petazzi (Petazi, Petaci, † 1733). Petazzi je obelodanil Odgovore Descartesu zavoljo božje kreacije sicer nemožnega filozofskega vakuumu,<sup>26</sup> Petazijeve spise pa sta si Dinarič in Pfeiffer prebirala v ljubljanski frančiškanski knjižnici. V nadaljevanju se je Pfeiffer bolj posvetil raziskovanju gibanja v vakuumu ob treh vprašanjih, med tem ko je Dinarič zagato praznega odpravil z enim samim mnogo krajšim vprašanjem.<sup>27</sup> Zdi se, da Pfeiffer in Dinarič nista postavljala samostojnih poskusov.

Gorenjski sholastik-skotist Gotfrid Pfeiffer (Pfeifer) je dolga leta poučeval novomeške in goriške frančiškane; dišala mu je astronomija, čeprav zavoljo papeževih prepovedi ni preveč hvalil Kopernikovih novosti. Kot frančiškanski teolog in predstavnik sholastične filozofije je bil seveda pristaš skotistične razlage Aristotelovih prirodoslovnih del. Napisal je šest latinskih tekstov, med katerimi jih polovico danes hrani FSNM.<sup>28</sup>

Za svoja goriška filozofska predavanja je napisal filozofsko delo<sup>29</sup> na Sveti Gori, ki je bila eno žarišč



Slika 9: Petazijeva skica gibanja (Petazi, Responsio Cartesii, str. 280)

<sup>19</sup> De vacuo ut opposito loco (Pfeiffer, Cursus philosophicus, 22: 11r; Dinarič, Inscrit Philosophia naturalis, 4. knjiga fizike: 13v (9: 1v)).

<sup>20</sup> Pfeiffer, Cursus philosophicus, 22: 11v.

<sup>21</sup> Pfeiffer, Cursus philosophicus, 22: 12v (Articulus 1mus: 6. odstavek); Guérinois, Clypeus philosophiae, 4: 293–294, 349–363 (quaestio 5 de loco, articulus 4: paragrafa 3 in 4).

<sup>22</sup> Pfeiffer, Cursus philosophicus, 23: 1r, 23: 5r; Guérinois, Clypeus philosophiae, 4: 366, 371; Dinarič, Inscrit Philosophia naturalis, četrta knjiga fizike: 14v (9: 2v).

<sup>23</sup> Guérinois, Clypeus philosophiae, 4: str. 357, 360–361.

<sup>24</sup> Pfeiffer, Cursus philosophicus, 23: str. 1, 2r, 3v, 5v, 7v.

<sup>25</sup> An de potentia Dei absoluta fieri possit vacuum? (Pfeiffer, Cursus philosophicus, 23: 2r; Dinarič, Inscrit Philosophia naturalis, 4. knjiga fizike: 15v (9: 3v)).

<sup>26</sup> Petazi, Responsio Cartesii, str. 81–89.

<sup>27</sup> Quaestio 2da: A quo moveantur corpora ad replendum vacuum et qualis sit motus?; quaestio 3ia: De motu in vacuo; articulis 1mus: An possibilis sit motus in vacuo?; articulus 2dus: An motus in vacuo esset successivus? (Pfeiffer, Cursus philosophicus, 23: 3r, 5r, 6r); Quaestio Nona: An sit po(ssibi)lis Motu in vacuo et qualis sit? (Dinarič, Inscrit Philosophia naturalis, 4. knjiga fizike: 17r (9: 5r)).

<sup>28</sup> Bregač, Literarna preteklost, str. 209.



**Slika 10:** Pfeifferjevo mnenje o Kopernikovem in Galilejevem delu, ki sta bila na papeževem indeksu prepovedanih knjig (Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 10v; 31: 11r (odstavka 2 in 3 na levi strani); Benedikt XIV, *Index librorum*, str. 118).

skotizma od 17. stoletja dalje. Po fiziki je<sup>30</sup> dne 1. 10. 1736 opisal zgradbo in lastnosti vesolja v Leibnizovem duhu; poglobil se je v zagate večnosti in prednosti domnevno najboljšega<sup>31</sup> vseh svetov. V poglavju *O nebesu in nebesnih pojavih* je razglabljal o številu nebes (*orb*), o zvezdah, o Rimski cesti, o Sončevih in Luninih »pegah«. <sup>32</sup> V prvem »očitku« se je lotil gibanja neba proti Kopernikovi bronasti plošči Sonca, Keplerjevimi trebušastimi oblikam elips, po katerih se manjša (Zemlja) lažje vrtili okoli večjega (Sonca); podobno se piščanci sukajo ob kokoši in ne narobe.<sup>33</sup> Odobral je Galilejevo opazovanje odboja svetlobe na konkavnih zrcalih in segrevanja strojev zavoljo trenja v nasprotju s starejšimi pisci. Galilei je Luni kratil lastno svetlobo, obenem pa ji je pomotoma odrekel še odločilno vlogo pri plimovanju; te zmote Pfeiffer resda ni posebej poudaril. Pfeiffer je nadaljeval razčlenitev meteorjev,<sup>34</sup> opredeljenih kot pojavov v prostorih pod Luno, ni se pa branil niti astronomskih posebnosti.<sup>35</sup>

Rad je opravljal najvišje funkcije; leta 1745 je bil celo gvardijan v Novem mestu, naslednje leto pa prvi novomeški gimnazijski ravnatelj. Postal je provincial Hrvaško-Kranjske frančiškanske province (1748–1751)

kot Ž. Škerpinov naslednik; na visok položaj je bil znova izvoljen med letoma 1757 in 1760 ter 1766 in 1769.<sup>36</sup>

Desetletje po Dinariću in Pfeifferju je ljubljanski lektor leta 1744/45 pustil svoj rokopis fizike nepodpisan. Morda si nas je privoščil zgolj zato, da bi si mi danes belili glave z vprašanjem, kdo neki je bil. Dne 27. 8. 1745 so na zasedanju definitorija določili učne moči za nove službe; takrat so razporedili tudi lektorje filozofije. Leta 1744 je lektor filozofije Pavlin Korač predaval na Sveti Gori, v Novo mesto pa so nastavili Hieronima Markiliča in Bonavito Dietriha; naslednje leto 1745/46 sta na Sveti Gori predavala Korač in Hugo Vodnik, v Klanjcu Bonavita Dietrih in Hieronim Markilič, v Novem mestu Krizogon Šuštaršič in Krizostom Perkopac, na generalnih študijih v Ljubljani Vincent Marjašič ob generalnem lektorju in vikarju v Jaski Ambrožu Bedenčiču. Na Trsatu so nastavili Zaharijo Matka, medtem ko je magister Avrelj Zevko poučeval mladino na glavnih študijih v Ljubljani.<sup>37</sup> Primerjava z rokopisi iz let 1769–1774 kaže, da Markilič ni spisal dela iz leta 1744/45; enaka presoja podobnosti z osemnajst let starejšim Zevkovim zapisom<sup>38</sup> kaže le nekaj sorodnosti pri pisanju velikih črk A ali S, manj pa pri črki P. Možna pisca sta bržkone Vincent Marjašič ali Ambrož Bedenčič. Marjašič je uporabljal številne ljubljanske frančiškanske knjige, vendar je vanje lepil nalepke podobno kot Škerpin; zato Marjašičevega rokopisa ne poznamo.

Pisec je paginiral le prvih nekaj listov in začetke poglavij, ni pa si privoščil kazala. Na koncu zvezka je navedel datum 3. 9. 1745, vmes pa starejše dneve istega leta ob zaključkih posameznih knjig. Kratek uvod na manj kot eni strani je posvetil uporabi znanstvenih naprav; najprej pa je pojasnil sam naziv »fizika«. V za nas najbolj zanimivi četrti knjigi Aristotelove fizike se je lotil vakuuma v le mestoma paginiranih začetkih poglavij. Spraševal se je o vakuumu in gibanju v njem. Ali se lahko telesa gibljejo v praznem? Poglavje o vakuumu je končalo četrto knjigo, peto pa je posvetil neskončnosti; seveda je prisegal na Skota. Ob strani je pozneje dopisoval dopolnitve in ustavke ozaljšane z znaki +. Neskončnost je imel za božjo kategorijo, poglavje pa je končal 21. 5. 1745 s

<sup>29</sup> Od Pfeifferjevega *Cursus philosophicus* se je ohranil le drugi del rokopisa pod naslovom *Complectens scientiam naturalem, seu Physicam universam* o filozofiji narave in splošni fiziki.

<sup>30</sup> V spisu *O svetu, nebu in prvinah (Incipiunt libri de mundo, coelo et elementis)* (Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 1r–32: 5r).

<sup>31</sup> ... meliorem et perfectionem (Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 32r).

<sup>32</sup> Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 7r (Quaestio 2da).

<sup>33</sup> Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 10r, 31: 10v (Quaestio 6ta, Articulus 1mus. Kopernika je opisal v tretjem odstavku, Keplerja pa na začetku petega predzadnjega odstavka).

<sup>34</sup> Pfeiffer, *Cursus philosophicus*, 31: 11r (odstavka 2 in 3), 12v (Disputatio 3ia, Quaestio 1ma).

<sup>35</sup> Murko, *Starejši slovenski znanstveniki*, str. 34.

<sup>36</sup> Bahčič, *Čudež*, str. 232.

<sup>37</sup> Škofljanec, *Pregled lektorjev*.

<sup>38</sup> Lastniški zaznamek v knjigi: Duhan, *Philosophus*.

citati in navedbami drugih piscev,<sup>39</sup> med katerimi še ni mogel biti tisti čas premladi Boškovič.

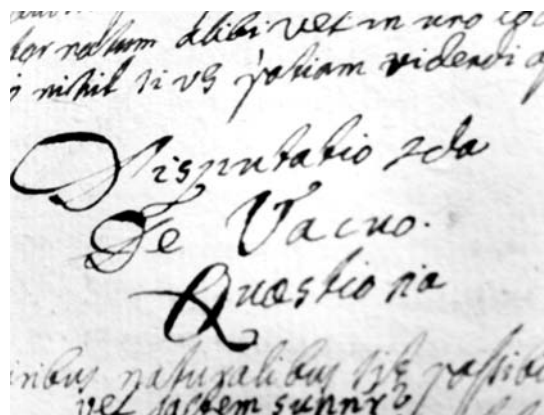
Šesto knjigo je začel z obravnavo zveznosti in citati angleškega doktorja Skota. Zgolj tri prepoznavne risbe si je privoščil, in sicer na drugi strani drugega vprašanja šeste knjige fizike. Postavil jih je na dno strani ob opisu Zenonovega nasprotujočega si gibanja orla in želve; s točkami, dotikalnicami in trenutnimi premiki je dokazal nevzdržnost Zenonovih dvomov. Pozneje je dopisal še več novih misli ob strani.<sup>40</sup>

Naslednji dve fizikalni knjigi je nato obravnaval zelo na kratko. Druga Aristotelova naravoslovna dela je za učne potrebe le povzel pod naslovom z obravnavo par; več pa je povedal o Aristotelovi *De anima*. Končno se je lotil še metafizike.<sup>41</sup> Svoj tekst je po letu 1745 pridno dopolnjeval, kot je razvidno iz opomb, napisanih po dolgem ob strani prvotnega teksta končanega ob začetku šolskega leta septembra 1745. Žal bralcu ni privoščil kazala, zato je izredno peripatetično zasnovan zapis z zgoščeno pisavo nekoliko nepregleden.

Sredi 18. stoletja je v Ljubljani nastal še drugi podobno zajeten frančiškanski rokopis; žal mu zadnje strani manjkajo in tako ne poznamo ne imena pisca ne leta zapisa. Narava naj bi se bala vakuuma, je pisec zatrjeval ob primerjavi gorenja sveče na zraku in v praznem. Seveda vseomogočni Bog lahko ustvari nemoogočo praznino s čudežem. Božji prst tako omogoča lokalno gibanje v praznem in prav tako gibanje angelov.<sup>42</sup> Pisec je vztrajal pri štirih elementih: pri ognju,



**Slika 11:** Skice ljubljanskega frančiškanskega profesorja iz leta 1745 (Marjašič ali Bedenčič, *Physica seu philosophia naturalis*, 204r)



**Slika 12:** Opis vakuuma iz rokopisa Skotove fizike, zapisa-nega pri ljubljanskih frančiškanih pred letom 1777 (Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis* // Liber Quartus Physicorum, str. 9)

zraku, vodi in zemlji.<sup>43</sup> V astronomskem le deloma ohranjenem koncu zvezka je zagovarjal vrtenje neba v 24 urah, ne da bi posebej poudaril nasprotno Kopernikovo mnenje;<sup>44</sup> pozneje je dodal nekaj navpičnih opomb. Citiral je le malo piscev, razen sv. Avgušтина, sv. Tomaža Akvinskega, Skota, Aristotela in kvečjemu še Pedra de Fonseca, enega prvih spremljevalcev ustanovitelja jezuitov, sv. Ignacija.<sup>45</sup> Navidezne prostore je opisal po Bonaventuri Baroniusu,<sup>46</sup> ki so ga ljubljanski frančiškani prav tako s pridom prebirali.

V razpravi iz leta 1768, privezani k dialektiki iz istega leta, je ljubljanski frančiškan pisal o splošni fiziki kot naravoslovni znanosti. Zanimalo ga je iskrenje ognja, fluidi, kot sta voda ali zrak, potopitev sveče in osvetlitev. Opisal je sisteme atomistov Demokrita, Levkipa in Gassendija, Descartesovo pot pa je proglasil za zgrešeno. Ni pozabil na raziskovanje posameznih kemijskih elementov, pozneje pa je ob strani dodal opise opazovanj Grewa;<sup>47</sup> na koncu je poudaril raziskovanje soli in živega srebra Grewovega starejšega sodelavca Boyla in osnovni atomistični sistem Empedokla, Argentiusa, Pitagore ali njegovih učencev. Zanimal se je za Ahila in štiri elemente po (kirskem škofu) Theodoretu, pa tudi za druge filozofske sisteme Anaksagore po Aristotelu, za Zenona, Platona z Descartesom vred; med novimi učenjaki so mu ugajali Newtonovi nepredirno trdni atomi. Zavrgel je domnevno zgrešeno psihologijo Leibnizovih monad

<sup>39</sup> Anonimno, Marjašič ali Bedenčič, *Physica seu philosophia naturalis*, 2r, 178r, 189v (*Disputatio secunda* oziroma *quaestio secunda De vacuo*), 190v, 190r, 191r, 194r, 197r, 201r.

<sup>40</sup> Anonimno, Marjašič ali Bedenčič, *Physica seu philosophia naturalis*, 202r, 204r (*Ars Continuum ex solis indivisilibus componantur?*), 204v.

<sup>41</sup> Anonimno, Marjašič ali Bedenčič, *Physica seu philosophia naturalis*, 211r, 220r (*Tractatus sinopticus de omnes libros de coelo, mundo et metheoris*), 223v, 225r, 267.

<sup>42</sup> Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis* ... Liber Quartus Physicorum, 35r, 36r, 38r, 41v, 44v.

<sup>43</sup> Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis*, seu *Physica* / Generatione et corruptione, 33r.

<sup>44</sup> Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis*, seu *Physica* / Mundo et coelo, 21r, 22r.

<sup>45</sup> ... *dice cum Fonseca* (Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis*, seu *Physica* / Liber Sextus Physicorum de Continuo, 12r).

<sup>46</sup> Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis*, seu *Physica* / Generatione et corruptione, 12v.

<sup>47</sup> Raziskovalec ustroja rastlin z uporabo mikroskopa fiziolog Nehemiah Grew FRS (\* 1641; † 1712) je leta 1677 postal tajnik londonske Kraljeve družbe.

in aktivnih sil; Wolffa je kot privrženca Leibniza obravnaval ob snovnih atomih med fiziko, ločeno od aritmetike. Wolffu in Leibnizu je posvetil domala celo stran, Newtonu pa le odstavek dolg dobrih deset vrstic.

Veliko zagat naj bi razrešil jezuitski pater Regnault v drugem delu svoje Fizike glede etra in plamena po egipčanski oziroma Herodotovi doktrini; končno je frančiškanski pisec podal peripatetični sistem, vendar brez citiranih piscev. Po metafizični razlagi materije in forme se je lotil sistema sodobnikov brez navajanja imen, nato pa še mehanskega sistema, ki naj bi ga zagovarjali petripatetiki in še posebej kartezijanec Nicolas Malebranche. Zagat vakuuma se je na kratko dotaknil ob naštevanju Gassendijevih domnev.<sup>48</sup> Zanimal ga je predvsem filozofski vakuum, ki ni bil povsem enak onemu, preizkušanemu s črpalkami; pripisal mu je tri zvrsti:

1. prazno z zaznavnimi premiki tekočin;
2. vakuum v prostoru;
3. Gassendijeva dvojna določitev praznin v vodi in zraku.

Filozofski vakuum sta opisala Descartes in za njim Newton. V prvem ugovoru je frančiškanski pisec opisal Torricellijev poskus in dvigovanje živega srebra za 28 prstov v cevi; vmesni prostor zavzame vakuum, ki se ohranja. Preostalo živo srebro preprečuje dostop zraka. Podobno deluje recipient v pnevmatski *antiliji*, kjer svetloba vpliva na pore stekla, ob njej pa še vročina in njeno pomanjkanje. Frančiškanskega pisca je zanimalo vedenje kapljev in v vakuumu. V drugem ugovoru se je lotil poskusov z mrzlo in vročo vodo. Posodo je napolnil z oljem in zanetil majhen plamen; vakuum je prodril v prostor, ki ga je prej zavzemalo olje. Če je svetilki preprečil dostop zraka je ugasnila; zrak je silil kvišku, zato ga je nadomestil prazen prostor. Počasi, po kapljicah bi potekalo gibanje v snovi, zato je obravnaval gibanje planetov v vakuumu, ki ga prazen prostor dopušča brez trenja. Kometi plujejo po najbolj fini tekočini, prav tako zvezde in svetloba Sonca. Toplota prostora je izredno velika zavoljo finega etra. Planeti se gibljejo in Sonce seva. Vakuum se kopiči, saj bi polno okolje oviralo gibanje; razredčina vakuuma znova paradoksalno napolni tekoči vesoljni prostor. Poskusi z (Boylovo) *antilio* so ovrgli domnevo o strahu pred praznoto. Ljubljanski frančiškanski pisec je natančno opisal velikosti posameznih delov črpalke, vendar Boyla ni omenil z imenom. Cevki pri vodometu je odmeril 60 čevljev, torej domala 20 m; tolikšna višina je ustrezala tlaku dveh atmosfer.

Ljubljanskega frančiškanskega pisca je zanimala debelina plasti ozračja. Pri tem je poudarjal razširje-

nost vakuuma v naravi in pritrjeval atomistom v sporu med peripatetiki in zagovorniki praznemu bolj naklonjenega Ptolomeja. Tresenje atomov je razširjalo vakuum, ki je atome ločeval med seboj. Raziskal je impulze po Newtonovi teoriji ob poskusih z leseno in svinčeno težko kroglo; obe imata enak upor, ki izgine v vakuumu ne glede na njuni gostoti. Kljub neenaki masi naj bi po Galileijevem miselnem poskusu padali enako hitro; danes se zdi, da Galileo tovrstnega poskusa na poševnem stolpu v Pizi sploh ni opravil. Seveda se je tudi Galileo svoj čas izobrazil pri frančiškanih, zato se le-ti zvečine nanj niso tako jezili kot, denimo, jezuiti.

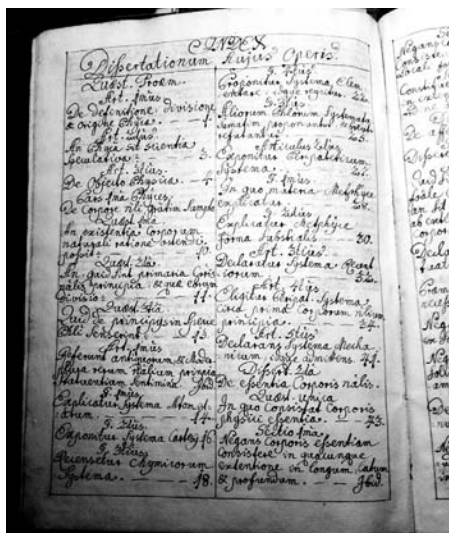
Frančiškanskega pisca iz bele Ljubljane je zanimalo prodiranje vakuuma v fluid, nato pa se je lotil kohezije trdih snovi.<sup>49</sup> V dodatku je dovolil posebnosti lokalnega zaporednega, ne povsem trenutnega gibanja v vakuumu, nato pa se je lotil definicij gibanja. Zanimala ga je prožnost, odboj, lom in zakoni gibanja. Pisal je o ognju in zemlji, v zadnji disertaciji pa o posebnih lastnostih, predvsem o toploti in mrzlem; žal ni omenil elektrike, magnetizma ali optike. Razmišljal je o tekočinah, gibanju trdnin in fluidov; težnostno gibanje je ponazoril s stroji. Ukvarjal se je s tlakom tekočin in osnovami hidrostatičnega; v zadnji sekciji se je spopadel s problemi teže zraka v povezavi s črpalko *antilio pneumatico*, opisano kot Guerickejev izum.

Nato je po vrsti nanizal devet poskusov, tudi za zaščito rastlin pred gnitjem; preučeval je Torricellijevo cev z živim srebrom v suspenziji. Odgovore je iskal pri hribovskih opazovanjih Pascalovega zeta z ogromno cevjo višine 32 čevljev. Opisal je izdelavo *antilie*, poudarjal pomembnost teže zraka za delovanje sifona in ovrednotil Musschenbroekov dosežek. Poznal je Huyghensovo adhezijo vode, v ceveh pa je poleg živega srebra uporabljal tudi vino; dobra kapljica pač vedno pride prav. Verjel je v obstoj drobnega etra med porami stekla ob živem srebrom. Po Musschenbroeku je številčno primerjal teži zraka, pare in vode, kar so tisti čas počeli tudi drugi frančiškanski pisci.

Pri tretjem vprašanju se je lotil dvigovanja živega srebra v ceveh, poznal pa je tudi spreminjanje teže ob ekvatorju. Znova je omenil suspenzijo živega srebra, odnos med zemljo in etrom ter barvo zraka v višjih legah. Naprave za merjenje tlaka, toplote in mraza je zgolj naštel (barometer, baroskop, manoskop, manometer, termoskop (ali) termometer, higroskop ali higrometer); šele nato jih je opisal bolj natančno, začeniši z barometrom. V nadaljevanju je z baroskopom meril spreminjanje teže zraka; z manoskopom je določal gostoto zraka; termometer je napolnil z rujnim vinom po Musschenbroekovih navodilih ali z idrij-

<sup>48</sup> Anonimno, *Institutiones philosophiae ... tractatus ad universam physicam*, 2: 14, 16, 18, 21–27, 32, 41, 42, 78, 79 (sectio 3).

<sup>49</sup> Anonimno, *Institutiones philosophiae ... tractatus ad universam physicam*, 2: 91 (Sectio 7: članek 2), 92, 94, 95.



Slika 13: Začetek kazala na koncu knjige ljubljanskega frančiškanskega profesorja iz let 1768 in 1771 (Anonimno, Institutiones philosophiae ... tractatus ad universam physicam)

skim živim srebrom po predlogu Daniela Fahrenheita. Opisal je skalo termometra Galileijevih dedičev, pozneje pa je s svetlejšim črnilom dodal možnosti za merjenje mraza. S higroskopom je meril vlago v zraku; po tedanji navadi ga je bržkone kar najbolj pristrčno opremil s človeškim lasom.

Zadnji odstavek pred obvezno sklepno molitvijo k sv. Frančišku in drugim svetnikom je posvetil z rahlo svetlejšim črnilom zapisanemu povzetku obravnavanih poskusov; glede vode se je skliceval na drugo sekcijo lastnega spisa.<sup>50</sup> Opis strojev je razvil od najbolj enostavnih do zapletenih, katerih krona so bile vakuumske merilne naprave z barometri, termometri in črpalkami vred, vendar za zdaj še brez novih parnih strojev. Pisec si je privoščil nekoliko večji format kot v svojem rokopisu iz let 1770–1771; znova je uporabil usnjen hrbet in robove, vendar je tokrat platnice barvito marmoriral.

Drugi ljubljanski frančiškan je med letoma 1772 in 1774 sestavil splošno fiziko za predavanja svojim študentom. Opisal je pore s praznim in se spraševal, ali se vakuum ohranja. Nasprotoval je tedanjemu navdušenju nad Gassendijem ali Epikurjem in opisal Torricellijevo cev z živim srebrom. Dosežki vakuumskih črpalk so ga najbolj vznemirjali; ob ponovnem branju lastnega rokopisa zato o njih ni dodal le stranskih opomb, temveč je moral nalepiti kar dodaten list; še na njem bi mu kmalu zmanjkalo

prostora zavoljo močice novosti, ki jih je hotel sporočiti bralcu. Opisal je mnenja atomistov Levkipa, Demokrita, Epikurja in njihovih sodobnih dedičev, drobno snov in fluidne molekule. Posebej ga je navdušila vakuumska črpalka *Antilia pneumatica*, s katero je Musschenbroek meril lastnosti živega srebra; seveda je frančiškanski pisec obstoj vakuuma še zmeraj pogojeval s posegi ljubega Boga. Dogajanje v Torricellijevi cevi in vakuumski črpalki je pojasnil z Newtonovimi in Lukrecijevimi atomi, ni pa se branil niti poskusov z vodo, vinom ali gorenjem sveče. Znal je črpati vakuum in je tako kljub citatom Jobove knjige iz Stare zaveze nadomestil strah pred praznino s sodobno težo zraka. Vakuum je mogoč nadnaravno, čeprav se ga kartezijanci bojijo; predvsem pa ga je bilo mogoče uskladiti s posodobljenim frančiškanom Skotom.<sup>51</sup>

Isti pisec je med letoma 1774 in 1775 sestavil še Posebno fiziko. Opisal je Kopernikov sistem, skiciral Keplerjeve elipse, domislice Ptolomeja in Tycha. Citiral je priljubljenega frančiškana Fortunatusa Brixianusa ob opisu astrologije, preden se je lotil meteoroloških pojavov. Pritrjeval je Beccarijevim domnevam o fluidni naravi svetlobe, posebej pa so ga zanimali dosežki Musschenbroeka, račun hitrosti svetlobe na poti od Sonca k nam in perujske raziskave jezuita Pierra Bouguera (\* 1698 Bretagna; †1758). Končno se je lotil še elektrike; podobno kot Jaslzinsky ali Teofil Zinsmeister (Franc, \* 1777 Bavarska; 1796 OFM; † 1817 Novo mesto) je opisal poskuse z električnim kolovratom, ne da bi navajal Franklina. Ob obravnavi turmalina se je skliceval na Musschenbroeka, ni pa pozabil niti na podzemne pojave in magnetne.<sup>52</sup>

Ljubljanski frančiškanski visokošolski pouk tedanjih dni se je v marsičem ravnal po tirolskih zgledih. Tako si je Zinsmeister v ljubljanski frančiškanski knjižnici gotovo dodobra ogledal 75 fizikalnih tez o telesih in 54 matematičnih tez, ki so jih morali zagovarjati študentje frančiškanskega profesorja Simona Lypnica Kapfererja v samostanu Hale severno od Innsbrucka na Tirolskem. Simon je na sodoben način ponazoril vakuum v barometru in črpalkah;<sup>53</sup> alkimije ni maral, tem bolj pa je čislal Newtonovo optiko.<sup>54</sup> Bojda ni vedel, da je bil sam Newton na skrivaj razvpit alkimist.

<sup>50</sup> Anonimno, Institutiones philosophiae ... tractatus ad universam physicam, 2: 98–100 (dodatek), 118 (4. sekcija z definicijami gibanja), 122, 123, 141, 146, 163 (zadnja disartacija o posebnih kvalitetah), 166, 168, 171, 178, 182, 183, 185 (zadnja sekcija), 186 (ni priložil figure 1 s table 7), 188 (figuri 2 in 4 na tabli 8, figura 3 na tabli 9), 189, 190 (figura 5 na tabli 9), 191 (figura 9 na tabli 9), 192.

<sup>51</sup> Anonimno, Incipit Physica generalis, 44r (4: 9r), 44v, 45r–46r, 47r, 47v, 48r, 48v.

<sup>52</sup> Anonimno, 1774–1775, 1: 22v, 2: 1r (24. 11. 1774), 4: 1r, 8r (ob strani sklic na Beccarijevo objavo pri Bolonjski akademiji), 8v, 9r, 10r, 10v, 14r, 16v.

<sup>53</sup> Lypnica Kapferer, Theoremata philosophica ..., str. 61–62 teza 76.

<sup>54</sup> Lypnica Kapferer, Theoremata philosophica ..., str. 58 teza 72; str. 64–65 teza 85.

#### 4 LJUBLJANČAN MARKILIČ PROTI BRIXIANUSOVEMU VAKUUMU

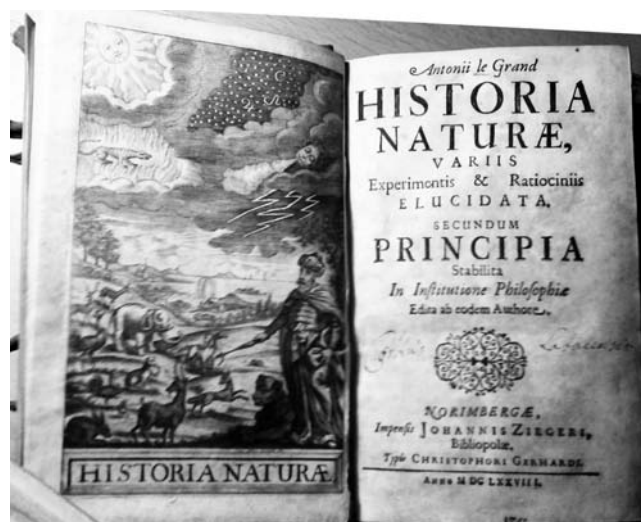
Kljub dolgoletnim sporom, ali pa prav zavoljo njih, so ljubljanski frančiškani brali številne jezuitske knjige, ljubljanski jezuiti pa so brali veliko del frančiškanskih piscev. Med njimi najbolj priljubljenimi na obeh sprtih straneh je bil frančiškan Stefano Pace z italijansko pisano Fiziko peripatetikov, kartezijancev in atomistov. Na svoj način se je namreč priljubil obema stranema, saj je bil sprva parmski jezuit, dokler ga ni božja previdnost zapeljala v frančiškanski habit.

V prva dva dela Pacejeve knjige so ljubljanski jezuiti trideset let po izdaji vpisali ekslibris; v svojih študentskih letih se je frančiškanski pesnik in učitelj Valentin Vodnik gotovo navzel Pacejevih idej. Zadnjo knjigo je Pace posvetil biološkim vedam. Svojo fiziko je povzel po jezuitu Paulu Casatiju; po vrsti je opisal posamezne pojave (svetloba, mraz, toplota, elektrika) in o njih navajal mnenje kartezijancev, atomistov, starih sholastikov in novih peripatetikov; med slednje je bržkone štel sebe, saj je peripatetična prepričanja vedno navajal kot zadnja. Prvi del je začel s hvalo Roemerjevi meritvi hitrosti svetlobe kot dosežku »drugega Tycha«, opisom mraza po Glauberju, tlaka zraka z vakuumom in Torricellijevim poskusom vred. Nadaljeval je z Boylovimi dosežki, bolonjskim kamnom in opisom kartezijanskih domnev Jacquesa Rohaulta;<sup>55</sup> pri tem je omenjal Gassendija, ne pa Newtona. Prvi del je sklenil s skicami odboja in loma svetlobe. V šestih traktatih druge knjige je opisal snov v zvezdah, komete, astrologijo za odločevanje,<sup>56</sup> posamezne planete, plimovanje, transformacije kovin,<sup>57</sup> končno pa še podzemne vode in potrese.<sup>58</sup> Slike, vstavljene na konec teksta, so ponazorile vse možne sisteme sveta, mrke, lom svetlobe in magnetne.

Pacejev sosed je bil skotist Brixianus, čigar eksperimentalni fizikalni učbenik so nabavili ljubljanski avguštinci; Brixianusov matematični učbenik v štirih delih z dodatno obravnavo vrtenin (1738, 1739) je B. F. Erberg (1751) kupil za knjižnico ljubljanskih jezuitov, kot enega od priročnikov, potrebnih za posodobitev pouka po navodilih presvetle cesarice Marije Terezije. Novomeški frančiškani so imeli oba dela svojega sobrata Brixianusa, fizikalnega kar v dveh izdajah po starem širokogrudnem dolenjskem načelu »Več je boljše«. Škerpin je za ljubljansko frančiškansko knjižnico nabavil domala vsa Brixianusova dela, saj je frančiškanska učenost vendarle temeljila predvsem na domačih umotvorih.

Striktne observant Fortunatus Brixianus je bil profesor naravoslovja z matematiko vred v mestu Brescia, po katerem je po tedanji dobrohotni navadi prevzel svoj latinsko zasukani priimek. Zagovarjal je domislice frančiškana Skota z atomizmom in strogo zaverovanostjo v mehaniko kot temeljem naravoslovja. V eksperimentalnem in matematičnem učbeniku ni priznaval znanstvene avtoritete Cerkev ali Aristotela, pravovernost Brixianusovega fizikalnega učbenika pa so potrdili beneški učenjaki v Padovi dne 20. 9. 1745. Pri ljubljanskih avguštincih uporabljano izdajo iz let 1751 in 1752 sta sestavljali dve knjigi o splošni in ena o posebni fiziki; v slednji se je pisec lotil predvsem astronomije s kronologijo vred. Ko so ljubljanske avguštince ob Tromostovju prepovedali, je knjiga romala čez Ljubljano v tedanjo licejsko knjižnico, kjer je del listov ostal še dolga stoletja deloma nerezan. Zdi se, kot da Brixianusu ni uspelo najti posebno vnetih bralcev med ljubljanskimi srajcami. Poltretje stoletje neprebrano knjigo si je privoščil komaj pisec teh vrstic, saj dotlej očitno ni vzbujala pretiranega zanimanja med ljubljanskimi srajcami.

Brixianus je obravnaval številne sodobne raziskovalce, med njimi Gassendija z vakuumom v porah, Du Hamela v zvezi z ohranjanjem vakuuma in *Institutio philosophia* kartezijanca Le Grand, ki so jo imeli tudi ljubljanski frančiškani. Brixianus je citiral svojega sosedu jezuita Lano Tercija iz Brescie, 'sGravesanda, Musschenbroeka<sup>59</sup> in Boerhaava. Dva Le Grandova zagovora Descartesa sta se znašla na indeksu skupaj s številnimi Descartesovimi knjigami; Grand se je



Slika 14: Slika pred naslovnico in naslovna stran Le Grandovega Naravoslovja pri ljubljanskih frančiškanih (Le Grand, *Historiæ Naturæ*)

<sup>55</sup> Pace, *La fisica*, 1: 190, 218–233, 237, 263, 291, 311.

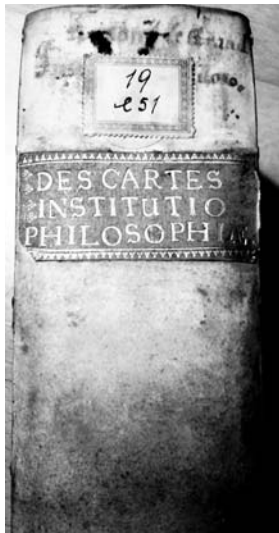
<sup>56</sup> Pace, *La fisica*, 2: 90, 141, 155, 158, 289.

<sup>57</sup> Pace, *La fisica*, 2: 149–153, 177, 360.

<sup>58</sup> Pace, *La fisica*, 2: 388, 295.

<sup>59</sup> Du Hamel, *Operum philosophicorum*; Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 52–54, 250, 260, 277.



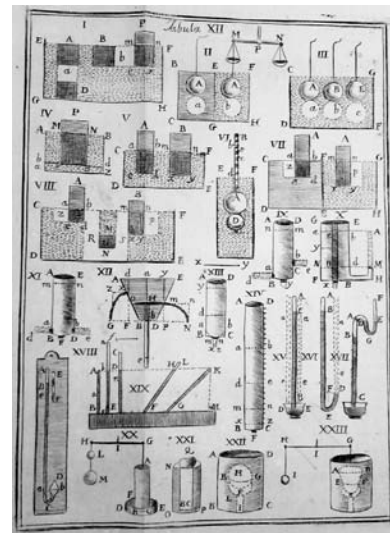


**Slika 15:** Descartes pri ljubljanskih frančiškanih: hrbet Le Grandove Filozofije (Le Grand, *Institutio philosophiae*)

zavzemal za neposreden stik med telesi; izgovarjal se je na ostanke vode v praznem kozarcu, da je lahko zanikal vakuum.<sup>60</sup> Povzel je pnevmatske poskuse, še posebej Gassendijeve s solmi z domnevno različno oblikovanimi atomi in poskuse z Aeolovo harfo.<sup>61</sup> Uporabil je Gassendijevo razlago Torricellijevega poskusa z barometrom ob upoštevanju prevajanja toplote in svetlobe v vakuumu.<sup>62</sup>

Brixianus je naravne pojave raziskoval s poskusi, ne da bi se posebej oziral na mnenje Aristotela ali teologov.<sup>63</sup> V obsežnem poglavju o vakuumu ni opisal Torricellijevih poskusov,<sup>64</sup> čeprav je priznaval obstoj vakuuma in natrosil zvrhano mero dokazov Torricellijeve florentinske *Accademia del Cimento* za razlikovanje med povzročiteljema toplote in mraza.<sup>65</sup> Med Newtonovimi kritiki je citiral italijanski beneški prevod *Lezioni di fisica* (1743) honorarnega člana pariške akademije (1721) in člana londonske Kraljeve družbe (1729), Josepha Privata de Molièresa (1734–1739).<sup>66</sup> Molières je knjigo zasnoval na svojih predavanjih pri Kraljevem kolegiju, v Newtonovo teorijo pa je skušal vpeljati majhne Descartesove vrtince čeprav jih sam Newton niti malo ni maral.

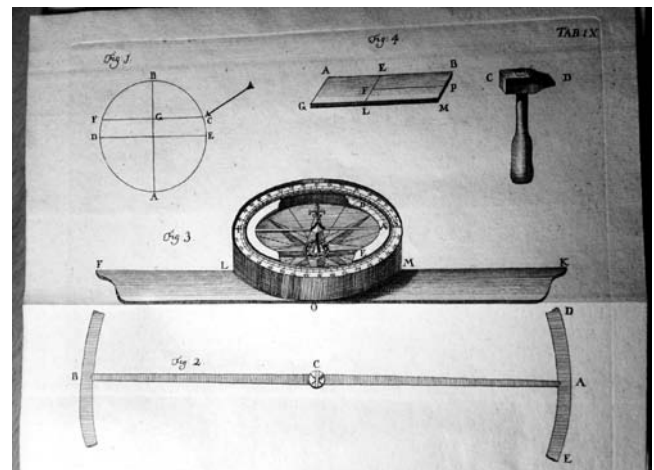
Na koncu prve od splošnih fizikalnih knjig je Brixianus priporočil Newtonove *Principe* v izdaji svojih rimskih sobratov minoritov iz leta 1739, S. Clarkovo izdajo Newtonove optike iz leta 1729, 'sGravesandejev eksperimentalni učbenik (1741), Musschenbroekov prevod poskusov *Accademia del*



**Slika 16:** Brixianusovi vakuumski barometri pri ljubljanskih frančiškanih (Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, sliki 15 in 17 na tabli XII)

*Cimento* (1731), beneško izdajo Boerhaavejeve kemije (1737) in nekaj medicinskih spisov. Priporočilo je padlo na plodna tla, saj so novomeški frančiškani ob Brixianusu nabavili prav to Jacquierjevo izdajo Newtonovih *Principov* in eno izmed Musschenbroekovih del. Podobno je bilo med ljubljanskimi frančiškani, ki so s pridom brali Musschenbroekov in Jacquierjev učbenik.<sup>67</sup>

Medtem ko se je v prvi knjigi lotil nastajanja in pojavov teles po naravnih principih, je Brixianus



**Slika 17:** Kompas v Erbergovi ljubljanski izdaji Musschenbroeka pri ljubljanskih frančiškanih (Musschenbroek, *Dissertatio physica*, tabla s slikami 7)

<sup>60</sup> Benedikt XIV, *Index librorum*, str. 51, 126; Le Grand, *Institutio philosophiae*, str. 335–336.

<sup>61</sup> Le Grand, *Historiae Naturae*, str. 10–13.

<sup>62</sup> Le Grand, *Historiae Naturae*, str. 15–16.

<sup>63</sup> Sodnik-Zupanec, *Vpliv Boškovićeve*, str. 24; Lind, *Physik im Lehrbuch*, str. 73, 374.

<sup>64</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 50–56, 244–262.

<sup>65</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 278.

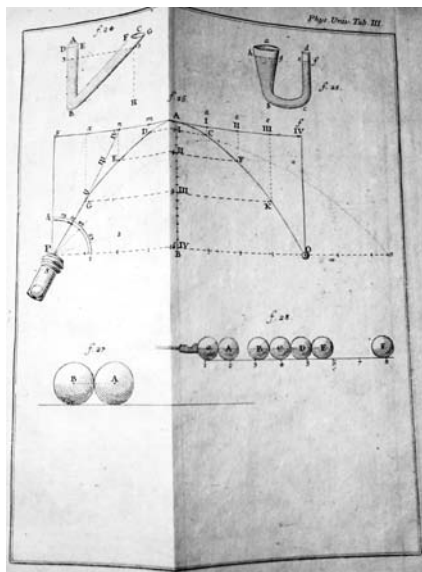
<sup>66</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 56.

<sup>67</sup> Jacquier, *Institutiones philosophicae*.

drugo knjigo ločil na poglavja o viru težnosti,<sup>68</sup> umetnem in naravnem težnostnem gibanju<sup>69</sup> ter težnostnem gibanju tekočin v povezavi s hidrostatikom.<sup>70</sup> Drugo knjigo je sklenil s skicami gibanja, klancev, trkov, veznih posod, vakuumskih barometrov in termometrov, potem ko je v predzadnjem poglavju o suspenziji živega srebra v Torricelijevih ceveh opisal Boylovo kritiko jezuita Francisca Linusa, Musschenbroekove in Pascalove poskuse. Dobro je poznal dosežke Huygensa, Newtonovega pomočnika Clarka in redovnika pavlinca Emanuela Maignana.<sup>71</sup> Meritve gostote zraka v primerjavi z vodo pri ducatu različnih raziskovalcev je povzel po Musschenbroekovih prevodih dosežkov florentinskih akademikov.<sup>72</sup>

Zadnjo tretjo knjigo posebne fizike je ločil na šest disertacij o nastanku sveta, matematičnem opisu Zemlje, sistemu vesolja, posebnostih zvezd in kronologije. Objavil je dva bakroreza Kopernikovega sistema; mednju je ustavil bakrorez Tychovega vesolja.<sup>73</sup> Zastareli Ptolomejev nauk je očitno že vrgel med staro šaro. Z zadnjo, devetnajsto skupino slik je pojasnil sončni mrk. Newtonov nauk je uporabljal tako v mehaniki kot pri optiki.<sup>74</sup>

Kustos knjižnice ljubljanskih frančiškanov in večkratni gvardian Hieronim Markilič je spadal med



**Slika 18:** Vezne posode iz Guflove Filozofije v ljubljanski frančiškanski knjižnici (Guf, *Philosophia Scholastica*, str. 9)



**Slika 19:** Markiličev vstavek v spis proti vakuumskim teorijam Fortunata iz Brescie (Brixianusa) (Markilič, *Scripta Theologia Dogmatica ... Fortunatum a Brixia*, str. 306)

najbolj ostre kritike sobrata Brixianusa in podobnih sodobnih raziskovalcev.<sup>75</sup> Leta 1764 si je nabavil enajst let staro sholastično regensburško Filozofijo benediktinca Veremundusa Gufla s podrobnim opisom in skico Pascalovega poskusa in Guerickejeve črpalke v Schottovi razlagi.<sup>76</sup> Gufl je nanizal več deset poskusov, leta 1769 pa je ljubljanski frančiškan H. Markilič njegove domneve zavračal skupaj z mnenji Fortunatusa Brixianusa.<sup>77</sup>

Leta 1777 si je Markilič omissil še osemnajst let star zagrebški traktat o nenatančnosti filozofije, ki ga je objavil ljubljanski profesor fizike Jožef Matija Engstler v prevodu Kazimirja Bedekovića. Bedeković je v latinščino prevedel *Reflections upon learning*, ki so jih Thomasu Bakerju objavili anonimno leta 1709/10 in posmrtno v Londonu leta 1756. Tiskar Härl je sočasno natisnil prevoda v Ljubljani in v Zagrebu ob izpitnih težah. Bedeković je bil rojen v okolici Varaždina, filozofijo pa je študiral na Dunaju. Leta 1758 je predaval fiziko v Zagrebu.<sup>78</sup> Pisec Baker je s svojimi domislicami omogočil številne prevode, po katerih je na zeleno vejo splezal marsikateri mislec, vključno z Engstlerjem in Bedekovićem: onadva sta na začetek dodala le eno stran nepaginiranega pozdravnega uvoda. Baker je sedmo in osmo poglavje

<sup>68</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 2: 1–29.

<sup>69</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 2: 30–231.

<sup>70</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 2: 232–250.

<sup>71</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 2: 323, 325, 330, 332–333, slike 15 in 19 na tab XII.

<sup>72</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 338.

<sup>73</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 3: table XVI–XVIII.

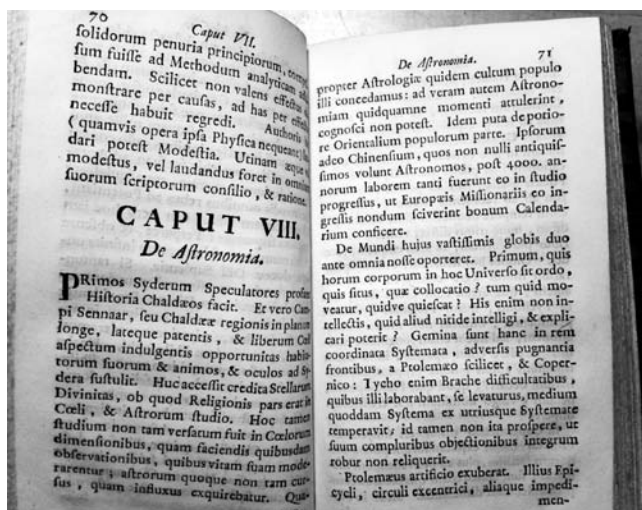
<sup>74</sup> Brixianus, *Philosophia Sensuum Mechanicum*, 1: 53, 56, 247.

<sup>75</sup> Markilič, *Scripta Theologia Dogmatica ... Dissertatio secunda veritatis catholica ... Fortunatum a Brixia*, str. 4: 306/307; Furlan, *Pisatelj frančiškani*, str. 38

<sup>76</sup> Gufl, *Philosophia Scholastica*, str. 102, 103, fig. 8 tab 1; 117.

<sup>77</sup> Markilič, *Scripta Theologia Dogmatica ... Dissertatio secunda veritatis catholica ... Fortunatum a Brixia*, 4: 377.

<sup>78</sup> Bazala, *Pregled hrvatske*, str. 250–251.



Slika 20: Astronomija v zagrebški izdaji prevoda dela o Nezaneljivosti znanosti Angleža Bakerja pri ljubljanskem frančiškanku Markiliču (Baker, Engentler, Bedeković, *Tractatus de incertitudine*, 70)

posvetil fiziki oziroma astronomiji.<sup>79</sup> Descartesa je pogosto ujel na levi nogi, saj je Baker zagovarjal sodobno teorijo vakuuma in molekul po minoritu Mersennu, René Rapinovih *Reflexions* in Gabriel Danielovemu zagovoru Descartesa iz 1590. let. Baker je poznal dosežke kitajskih astronomov; na vse pretege je hvalil Kopernikov nauk,<sup>80</sup> ki je prav tedaj dobil nekaj zamaha tudi pri naših katoliških prednikih.

## 5 BAVARCI UČIJO KRANJCE VAKUUMSKIH POSKUSOV – HUBER IZ CHAMA

Lektor filozofije Castul Huber (OFMobs) iz samostana Cham (Cambiensi) na vzhodnem Bavarskem 50 km severovzhodno od Regensburga je bil lahko naše krvi, saj so plemiči z njegovim priimkom gospodarili v Vipavski dolini. Za ljubljanske sobrate je sestavil dva rokopisa: prvega je 11. 8. 1796 posvetil filozofiji in matematiki z astronomskimi drobcami o Uranovih satelitih prav na koncu, drugega pa je napolnil s svojim fizikalnim znanjem ob nedokončanih geometrijskih definicijah na koncu. V drugem rokopisu o filozofiji teles ali splošni fiziki je vztrajnostno silo opisal po Newtonu in Boškoviću. Vesolje je napolnil z vakuumom in si privoščil poskuse s poroznostjo; toploto je v posebni fiziki proglasil za gibanje po tedaj prevladujočem mnenju, medtem ko se pri svetlobi ni znal odločiti med Newtonovimi delci in Eulerjevimi valovi. Izračunal je višino atmosfere in težo zraka, da bi zavrnil Descartesovo teorijo polnega ob opisih vakuumskih črpalk ali barometrov.<sup>81</sup>

<sup>79</sup> Baker, Engesler, Bedeković, *Tractatus de incertitudine*, str. 59–70–81.

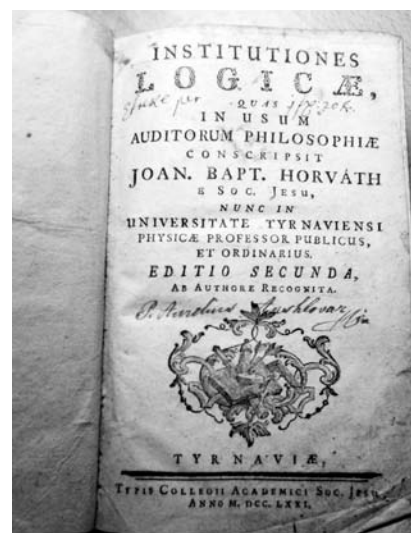
<sup>80</sup> Baker, Engesler, Bedeković, *Tractatus de incertitudine*, str. 64–65, 71–72.

<sup>81</sup> Huber, *Philosophia Corporum*, str. 5, 7–8, 146, 159, 201–205



Slika 21: Huberjeva skica ravnovesja v kapljevini kot uvod k opisu vakuumskih črpalk (Huber, *Philosophia Corporum*, str. 66)

Najlepši rokopis v ljubljanski frančiškanski zbirki je leta 1799 sestavil Bavarec Teofil Zinsmeister, ki je predaval filozofijo s fiziko kmalu po Huberju; njegovo delo smo že opisali v *Vakuumistu*. Zinsmeister je dne 12. 10. 1799 opravil zaobljube, leta 1803 pa se je priključil kranjski provinci, da je lahko med letoma 1803 in 1816 poučeval matematiko in grščino na novomeških višjih študijah. Morda so prav Zinsmeister in njegovi bavarski sobratje vrstniki prinesli Huberjeve rokopise v Ljubljano. Zinsmeister je navajal Horvatov jezuitski učbenik fizike, ki je že takoj na prvi



Slika 22: Naslovna stran Horvatovega učbenika logike pri ljubljanskih frančiškankih z lastniškim vpisom subsidiarja Aureliusa Anshklovarja (Anžlovar, † 19. 5. 1847 Ljubljana) (Horvat, *Institutio Logicae*)

tabli polni pregibnih slik ponudil skice vakuumskih naprav.

## 6 SKLEP

Žiga Škerpin se je že kot mlad frančiškan na Trsatu in v Klanjcu na sedanjem Hrvaškem navzel zanimanja za matematiko in tehniko, ki ga pozneje zavoljo mnogoterih političnih dolžnosti ni mogel docela izživeti. Svoje zanimanje in znanje pa je vendarle izkoristil za poznavalsko nabavljanje strokovne literature za ljubljansko frančiškansko knjižnico, ki je omogočila znanstvena snovanja naslednjim generacijam kranjskih frančiškanov. Le tako so novomeški frančiškani lahko prebrodili hudo preizkušnjo javnega pouka z matematičnimi primesmi na nižji stopnji začetega leta 1746, predvsem pa internega frančiškanskega pouka matematike in fizike na višji stopnji filozofskih študijev v Novem mestu po letu 1762. Škerpinova zbirka je kranjskim frančiškanom omogočila streti najtrši oreh, pouk matematičnih ved z razumljivo predstavitvijo novih odkritij vakuumskih tehnik. Podobno kot jezuiti stoletje poprej v Ljubljani po svečanem odprtju filozofskih študijev na jezuitskem kolegiju v Ljubljani dne 4. 11. 1704, so si morali tudi novomeški frančiškani za začetnike javnega in internega pouka matematičnih ved vsaj sprva omisliti tujerodne strokovnjake, predvsem Bavarca Huberja in Zinsmeistra; oba sta zaupanje povsem opravičila, kot pričajo njuni rokopisi, ohranjeni pri ljubljanskih frančiškanih.

## VIRI IN LITERATURA

### Arhivski viri

ARS = Arhiv Republike Slovenije, Ljubljana.

Zois, Žiga. AS 1052, Žiga Zois, Posebno udejstvovanje popis na listih, št. 23, katalog Zoisovih knjig Jerneja Kopitarja, 1803

Škofljanec, Jože, Pregled lektorjev in magistrstov 1678–1749. Tipkopis, 2010

FSLJ = Frančiškanski samostan v Ljubljani

Anonimno (Vincent Marjašič ali Ambrož Bedenčič), 1.: *Philosophia Aristotelica Joannis Duns Scoti Doctoris subtilis, solidissimis ac invertibilibus principiis ac firmissimis fundamentalis insistentis. Dialectica Institutiones et Logica; Philosophia naturalis*. Rokopis, 1744, *FSLJ-10* g 41. 2.: *Physica seu philosophia naturalis / invertibilibus Scoti fundamentis insistentis*. Mestoma paginiran rokopis, 1745, *FSLJ-10* g 42.

Anonimno, Incipit *Philosophia naturalis, seu Physica / ad Mentem Mariani Doctoris Joannis Duns Scoti // Liber Quartus Physicorum*. Rokopis, 175? pred odkritjem Urana leta 1781, *FSLJ-16* h 115, nepaginirano, zadnji list izgubljen, okoli 650 strani 20 cm × 16 cm; shranjeno v ovitku druge danes nepostavljene knjige s signaturo 16 h 20.

Anonimno, *Institutiones philosophiae ... In dei nomine tractatus ad universam physicam sive scientiam naturalem (privez k dialektiki iz istega leta)*. Rokopis, 1768, *FSLJ-29* f 29, 192 strani z nepaginiranim kazalom na koncu. Podoben vendar ne enak rokopis kot 1771 *FSLJ-5* h 34.

Anonimno, *Tractatus Metaphysicus seu Universalis Philosophiae; Particularis Physica*. Rokopis, 1770/71, *FSLJ-5* h 34. Enak rokopis z okraski kot 1767–1768 *FSLJ-4* b 5.

Anonimno, Incipit *Physica generalis*. Rokopis, 1772–1774, *FSLJ-13* i 68.

Anonimno, Incipit *Physica particularis*. Rokopis, 1774–1775, *FSLJ-10* c 86.

Basilius, Valentinus OSB, *Via veritatis Von der = Quinta essentia et Oleo=Metallorum welche auß der Tinctur, Wurgel und Geister der Metallen und Mineralien bereitet wird ...* Rokopis, 1480 v poznejšem prepisu, *FSLJ-7* e 83.

Dinarić, Vigilius, Inscrit *Philosophia naturalis seu physica ad placubus doctoris subtilis Scoti*. Rokopis, 1735, *FSLJ-13* c 81.

Huber, Castul, *Theses Philosophicae ex logicae, Metaphysicae et Mathesi pura quas in conventu studii Cambensi P.P Franciscanorum publica disputatione exponit P. Castulus Huber Philosophiae lector ord. Defendas ... P. Varingo Garsberger*. Rokopis, 11. 8. 1796, *FSLJ-1* d 50.

Huber, Castul, *Philosophia Corporum seu Physica: Pars I generalis ex variis / Novissimis Autoribus con gesta ac Systemate ordinata pro annis Praelectionibus P. Castuli Huber (227 strani) / Notiones et Definitiones ex Geometria (5 nedokončanih posebej paginiranih strani)*. Rokopis, 1797, *FSLJ-15* b 65.

Markilič, Hieronym, Manuscript P. Hieronymi Markillitsch franciscani philosophia lectoris / Incipit *Philosophia naturalis seu Physica Secundum principia et Doctrinam Mariani Doctoris Subtilis Joannis Duns Scoti*, Rokopis, 1755?, *FSLJ-3* c 71. Nedatiranih 862 strani z nepaginiranim kazalom na koncu A4/2 formata vezanega v rjavo usnje. V rokovniku I. Medveda 6. 11. 1938 vpisano kot 3 c 70–72 *Dialectica manuscriptum*, nedatirano.

Markilič, Hieronym, Manuscript P. Hieronymi Markillitsch franciscani philosophia lectoris / Incipit *Tractatus in libros Aristotelis de generatione et corruptione*. Rokopis, 1755?, *FSLJ-3* c 72. Nedatiranih 395 strani z nepaginiranim kazalom.

Markilič, Hieronym, *Scripta Theologia Dogmatica, 1769–1774 ... (str. 4: 306/307) Dissertatio secunda veritatis catholica sanctissimo eucharisiam sacramento in qua contra neotericos, et prasertim contra nostrum P. Fortunatum a Brixia assertitur, et defenditur ... aliquid teala physicum a parte rei existens extra sensus ...*, Ljubljana 1769, *FSLJ-12* c 7.

Medved, I., *Manuscripta conventus pp. Franciscanorum Ljublanensis*. Rokopis, 6. 11. 1938, vezani listi 12,8 cm × 7,6 cm z opisi posameznih rokopisov iz FSLJ.

Pfeiffer, Gotfrid, *Cursus philosophicus praelectus iuxta mentem Doctoris Subtilis studiosae juventuti á Patre Godefridi Pfeiffer Philosophia Lectoris actuali. Tomus 2dus / Complectens scientiam naturalem seu Physicam universam*. Rokopis, Sveta Gara, 1735/36, *FSLJ-29* f 24.

Ruessenstein, Alexis baron, *Drittes Buch / von denen zusammen getragenen Schriften des Herren Alexis Baron von Ruessenstein*. Cistopis, (1)694, *FSLJ-29* F 54.

Ruessenstein, Alexis baron, *Drittes Buech / von denen zusammen getragenen Schriften des Herren Alexis Baron von Ruessenstein (von Salzburg)*. Rokopis, (1)694, *FSLJ-29* F 56.

Škerpin, Žiga, *Commentaria in Aristotelis Stagyrtae octo libros Physicorum*. Rokopis. Ohranjeni prva knjiga, 1714, *FSLJ-6* d 4 (448 strani, na koncu podpis Skerpin lector Philia 1714) in druga knjiga, Trsat 1718, *FSLJ-6* d 57 (431 strani).

Špelič, Miran OFM, *Nekrologij province sv. Križa*. Tipkopis, 2010, *FSLJ*.

Zinsmeister, Theophil. *Tractatus ex Physica*. Rokopis, 1799, *FSLJ-1* d 48).

FNSM = Knjige iz Frančiškanske knjižnice v Novem mestu.

NUK = Knjige iz Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani.

### Literatura

Bahčič, Robert. Čudež, ki traja 800 let. Zgodovina Frančiškove karizme v svetu in pri nas. Ljubljana: Brat Frančišek, 2007.

Bahor, Stanislav, Samostanske knjižnice na Dolenjskem. Frančiškani in knjižnica frančiškanskega samostana v Novem mestu. *Rast*, 66, 2005, 3–4, str. 387–409.

Baker, Thomas, Engstler, Jožef Matija, *Tractatus de incertitudine scientiarum, recens ex italico latine redditus*, Zagrabiae: Francisco Härl, 1759. *Dum Assertiones ex universa Philosophia in aula Academica Archi-Ducalis Societatis Jesu Collegii Labaci Anno Salutis M.DCC.LIX Mense Augusto publico propugnarent praenobilis, ac eruditus Dominus Anton. Jos. De Zanetti, Carn. Locopolitanus, e Fund. Thalb et Nobilis, ac Eruditus Dominus Jo.*

- Jugoviz, Carn. Crainburgensis Philosophiae in Secundum Annum Auditores, Ex praelectionibus r. p. Jos. Engestler, è Societ. Jesu, A. A. L. L. et Phil. Doct. Ejusdemque prof. publici & ordinarii, et examinatoris, Auditoribus oblatus (NUK-4835 iz Erbergove knjižnice). Sočasna izdaja: Tractatus de incertitudine scientiarum. Orig. Reflections upon learning Auctore Thoma Baker. In Academia Zagrabienſi latinitate donatus a Casimir Bedekovich. Dum Assertiones ex universa Philosophia in aula Academica Societatis Jesu publice propugnarent praenobilis, ac eruditus Dominus Marcus Krajachich, Croata Gliensis, ex praelectionibus r. p. Ioannis Bapt. Simunich ... Anno MDCCLIX Mense Aug. Zagrebiae, 1759 (FSLJ-20 i 4).
- Basilius, Valentinus, Chymische Schriften, 1–2. Leipzig: Paul Krauß, 1769 (FSLJ-19 c 32–33).
- Bazala, Vladimir, Pregled hrvatske znanstvene baštine. Zagreb: Nakladni zavod Matice Hrvatske, 1978.
- Benedikt XIV. 1758. Index librorum prohibitorum. Romae: Camerae Apostolica (FSLJ- 9 c 92).
- Bregač, Špela. Literarna preteklost Novega mesta v obdobju starejše književnosti. Doktorat na Ljubljanski univerzi (mentorja: Grdina, Igor; Granda, Stane), 2006.
- Brixianus, Fortunatus, Philosophia Sensuum Mechanicum Methodice Tractata at que ad usum Academicum accomodata opera & studio. Tomus primus physicam generalem continens. Tomus secundus physicam particularum complectens. Secundis cursibus P.F. Fortunati A. Brixia ord. minor. S. Francisci Prov. Brixia. I–III. Brescia: Rizzardi, 1751.1752. (FSNM; NUK-8150; FSLJ-2 i 30–31).
- Duhan, Laurentius Philosophus, in utramque partem. Paris, 1726 (FSLJ-17 d 63).
- Epp, Franc Xaver, Problemata Electrica. Vienna, 1772. Ponatis: Problemata Electrica publicae disputatione proposita a P. Franc Xav. Epp S.J. in electorali Lyceo Monacensi Professore Physices p.o. Defentibus Benedicto Knilling, Josepho Hall, Josepho Widman. Monaci: Joannis Nep. Friz, 1773. Pars I (146 strani) pars I (83 strani) (NUK-8558 iz Zoisove knjižnice, glej ARS, AS 1052, Žiga Zois, Posebno udejstvovanje popis na listih, št. 23).
- Fraunhofer, Philipp, Tabula smaragdina medico pharmacia, Norimbergae, 1699 (FSLJ-18 g 9).
- Furlan, Alfonz. 1926. Pisatelji frančiškani hrvaško-kranjske pokrajine Sv. Križa. Zgodovinski časopis. 21: 29–57.
- Le Grand, Antonius. 1678. Historiae Naturae. Norimbergae: Johann Zieger (FSLJ-17 f 11).
- Le Grand, Antonius. 1679. Institutio philosophiae secundum principia de Renati Descartes. Norimbergae: Johann Zieger (FSLJ-19 e 51).
- Grdenić, Drago. Zgodovina kemije. Ptujška Gora: In obs medicus, 2007.
- Guérinois, Jacques-Casimir, Clypeus philosophiae thomisticae contra veteres ac novos eius impugnatores, in quo veterum philosophorum dogmata adversus Cartesii aliorumque modernorum inventa stabiliuntur, Venezia, Balleoni, 1727 (FSLJ-3 e 27–33).
- Güfl, Veremund, Monachii et Pedeonti (Stadt am Hof pri Regensburg): Joannis Gastl, 1753 (FSLJ-5 h 28–31).
- Du Hamel, Joannis Baptistae, Operum philosophicorum. Tomus 1 astronomia physica; de meteoris et fossilibus; de consensu veteris et novae philosophiae. Pars secunda ... IV. de corporum affectionibus; V. de mente humanas; VI. de corpore animato. Norimbergae: Zieger, 1681 (FSLJ-649 2g 28).
- Horvat (Horváth), Joannis Baptistae, Institutiones Physicae Particularis. Tyrnaviae: Academici Soc. Jesu, 1770 (FSLJ-21 f 9).
- Horvat, Joannis Baptistae, Institutio Logicae, Tyrnaviae: Academici Soc. Jesu, 1771 (FSLJ-6 d 38).
- Hoško, Franjo Emanuel, Franjevačke visoke škole u kontinentalnoj Hrvatskoj. Zagreb: Kršćanska sadašnjost, 2002.
- Imhof, Maximus. 1798. Institutiones physicae. Monachii: Lentner.
- Jacquier, François. 1762. Institutiones philosophicae ad studia theologica accomodata ... tomus tertius ... arithmeticae, algebrae, geometriae ... Venetiis: Occhi (FSLJ-10 h 34; 1766. Institutiones Philosophicae ad Studia Theologica potissimum accomodatae ... Physica Generalis et Particularis. Graecii (W-1514 = NUK-5018).
- Lind, Gunter. 1992. Physik im Lehrbuch 1700–1850. Zur Geschichte der Physik und ihrer Didaktik in Deutschland. Berlin: Springer-Verlag.
- Miklavčič, Maks, Škerpin (Škrpin) Žiga (geslo). SBL. 3, 1967, 10, str. 329.
- Murko, Vladimir, Starejši slovenski znanstveniki in njihova vloga v evropski kulturni zgodovini – Astronomi, Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike (Ljubljana: Slovenska matica), 2, 1974, 11–42.
- Musschenbroek, Peter, Erberg, Bernhard Ferdinand (ur.), Petri van Musschenbroek, Dissertatio physica experimentalis de magnete, Labaci, 1754 (FSLJ-11 c 13).
- Orbellis, Nicolai, Summula philosophiae rationalis seu logica excellentissimi artiū et theologiae professoire Orbelli: & in doctrinam doctoris subtilis Scoti / ... incipit mathematica ... (drugi del) Cursus librorum philosophiae naturalis. Basileae: Michael Furter, 1503 (FSLJ-10 g 57).
- Pace, Stefano, La fisica dei Peripatetici, Cartesiani ed Atomisti al paragone della vera Fisica d'Aristotele. Venezia, 1741 (NUK-8413).
- Petazzi, Adelmo Antonio, Responsio Cartesii ad Regulam fidei et rationis in examen vocati a quodam auctore libelli notati Examen doctrinae Cartesianae, Augusta: Walder, 1723 (FSLJ-13 f 11).
- Ritter (Rosenkreutzer), Franz, Astronomia inferior oder: Septem Planetarum Terrestrium Spagyrica ... Erzelung und Erwehlung der sieben irdischen Planeten. Nürnberg: Ender, 1646 (FSLJ-19 f 15).
- Sodnik-Zupanec, Alma, Vpliv Boškovićeve prirodne filozofije v naših domačih filozofskih tekstih XVIII. stoletja. Ljubljana: SAZU, 1943.

## IN MEMORIAM

### SLAVKO SULČIČ, TEHNIK, FIZIK, VINOGRADNIK IN SLOVENEK



Slavko se je rodil v Dutovljah 22. marca 1948. V rojstno knjigo so ga vpisali po slovensko kot Sulčič in ne na družinski priimek Sulli, ki ga je pred desetletjem vpeljalo poitaljevanje na Primorskem. Svoja mlada leta je preživel v Dutovljah, potem pa so se preselili v Sveti Križ pri Trstu in kasneje v center Trsta. Po osnovni šoli in slovenski nižji gimnaziji se je vpisal na pomorsko srednjo šolo – smer strojništvo, kjer se je izkazal kot dober matematik in fizik. Njegov profesor matematike ga je zelo spoštoval, kljub temu da je bil Slavko Slovenec. To je bilo zelo pomembno v tistih časih.

Vseskozi je rad imel naravo in tehniko; dan mu je bil izreden smisel za naravoslovje. Po maturi se je odločil za fiziko in se tudi vpisal na fakulteto za teoretično fiziko tržaške univerze. Študij mu je šel dobro od rok, vzporedno pa je pogosto prihajal domov v Dutovlje, kje je rasla nova hiša. Poleg pomoči domačim se je rad ukvarjal z zemljo in vinogradom.

Po uspešno končani univerzi je dve leti poučeval fiziko na srednji šoli v Trstu. Nato se je pridružil novo nastalemu podjetju MIPOT iz Krmina (Cormons). Študijsko prakso je opravil na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT). Ta se je podaljšala v delo pri jugoslovanskem projektu za formiranje gospodarsko močnega podjetja pri Slovencih v Italiji. Nova tovarna MIPOT, za katero je v Ljubljani potekal razvoj za njen glavni proizvod, takrat povsem nov miniaturni potenciometer. Slavko je bil v okviru IEVT-ja pri dr. Lahu pritegnjen v razvojno skupino

novega podjetja. Tu je veliko delal z vsem mladostnim zagonom. Po nekaj letih je njegovo podjetje odprlo podružnico v Proseku pri Trstu in tam je začel intenzivno delo na področju vakuumске tehnike. Postal je tehnični direktor. Razvijal je potrebno opremo, črpalne sisteme in vakuumске naprave za izdelavo tankih plasti; pri tem je tudi sam strokovno napredoval.

S svojim znanjem in sposobnostjo komuniciranja po Italiji in Sloveniji je veliko pripomogel k napredovanju podjetja. Kljub temu pa se je moral Mipot kasneje zaradi gospodarskih okoliščin priključiti koncernu Galileo, ki je bil takrat zelo napredna italijanska tovarna. V tem novem okviru je Slavko dobil nove naloge in spet bil uspešen. Kasneje je prišlo je do situacije, ko bi se moral preseliti v Firence, v center Galilea. Slavko se za to ni odločil. Ustanovil je lastno podjetje. Poimenoval ga je z nazivom Tervak, ki je združeval dve njegovi ljubezni: vakuumsko tehniko in pridelavo terana. Prevezel je zastopstvo podjetja Edwards (Anglija) za severno Italijo in za Slovenijo. Prepotoval je nešteto slovensko domovino od Krke, Leka in Gorenja do inštitutov in fakultet. Povsod je razdajal svoje znanje in ga hkrati izpopolnjeval.

Spominjam se, kako zelo je bil skrben pri razvojno-raziskovalnem delu, ko smo na IEVT-ju z njim pridobili razvojno nalogo za razvoj velikih difuzijskih črpalk. Vedno so mu bila izziv področja, ki so zahtevala resnično znanje in delo. Za skupna ustvarjalna prizadevanja mu nikdar ni bilo žal časa. Tako je z radostjo vpeljeval v svet vakuuma svojega nečaka Andreja, da bo nekoč prevzel njegov Tervak; zavzeto je sodeloval s podjetjem Kambič – Laboratorijska oprema in še z mnogimi drugimi – doma in v tujini. Vedno smo bili veseli, kadar se je pojavil na obisku; navadno



je sledilo nekaj prijateljskega klepeta, potem pa strokovno o črpalkah in merilnikih, pa o kaki tehnični novosti iz vakuumskega sveta itd; nato smo dobili zeleno ponudbo, in pogosto še dober nasvet za reševanje določenega problema.

Več mandatov je bil Slavko aktiven in cenjen član izvršnega odbora Društva za vakuumsko tehniko Slovenije. Mnogi smo z njim postali dobri znanci in prijatelji. Nema lokrat smo se srečali tudi na trgatvi v Dutovljah, kjer smo še posebej doživeli njegovo nave-

zanost na svojce, na dom, na vinograde in na prelepo kraško zemljo.

Njegova odkritosrčna preprostost, pa živahen, včasih malo otožen široki nasmeh, nam bodo za vedno ostali v očeh.

Dragi Slavko – za vse nas, ki smo te poznali in imeli radi – nisi odšel, ampak boš trajno živel v našem spominu.

Andrej Pregelj  
ter drugi prijatelji in znanci iz DVTS

## SPOMINI NA SLAVKA SULČIČA

S Slavkom sva se prvič srečala pred več kot 20 leti. Seznanil naju je mag. Marjan Hudomalj, ki je tudi umrl pred kratkim – le dober mesec za Slavkom. Takratno bežno srečanje je kmalu preraslo v intenzivno strokovno sodelovanje ter prijateljstvo.

Čeprav je bil Slavko teoretični fizik, je bil izjemno praktičen človek. Njegovi nasveti s področja vakuumske tehnologije in tankih plasti so bili vedno zelo konkretni in uporabni. Znanja, ki si ga je pridobil pri razvoju industrijskih naprav za nanašanje tankih plasti, ni ljubosumno skrival, ampak ga je z veseljem delil. Poseben je bil tudi v tem, da se je brez oklevanja loteval velikih izzivov.

Tako mi je pripovedoval, kako so ga v nekem italijanskem podjetju prosili, da jim postavi proizvodnjo tankih plasti na osnovi indij-kositrovega oksida. Takšno plast so želeli nanašati na steklo vrat pečice štedilnika z namenom, da bi omogočala pogled v vročo pečico in da bi hkrati zmanjšala segrevanje stekla. Presojna plast bi torej morala odbijati infrardečo svetlobo (toploto) nazaj v pečico. Slavko je izziv brez oklevanja sprejel. Na internetu je našel neko ameriško državno podjetje, ki se je ukvarjalo z razvojem zaščitnih optičnih elementov za bankovce. Ker z nanašanjem tankih plasti na bankovce niso dobili ponovljivih rezultatov, so se odločili, da drago in zahtevno napravo prodajo. Lastniki prej omenjenega italijanskega podjetja so se dogovorili s Slavkom, da je napravo v ZDA prevzel ter jo nato postavil v Italiji. To je bila zahtevna naloga, ki jo je lahko izpeljal le zelo sposoben in pogumen človek, kakršen je bil Slavko.

S svojo dobrodušnostjo in dobrovoljnostjo si je Slavko ustvaril zelo širok krog prijateljev. Rad je organiziral prijateljska srečanja, ki so nas še dodatno povezala. Na takih srečanjih smo se o marsičem pogovorili in se tudi marsikaj koristnega dogovorili. Naj omenim samo en primer. Ob nekem srečanju, pred približno desetimi leti, sem ga prosil, da bi pomagal mojemu prijatelju g. Antonu Kambiču, lastniku pod-

jetja Kambič – Laboratorijska oprema, pri trženju vakuumskih naprav (liofilizatorjev, vakuumskih sušilnikov) na italijanskem trgu. Tudi ta izziv je Slavko brez oklevanja sprejel. V zelo kratkem času je v Italiji navezal stike s podjetjem 5Pascal in se z njimi dogovoril za sodelovanje s podjetjem iz Semiča. G. Kambiču je tako uspelo navezati uspešne poslovne stike s podjetjem 5Pascal, za kar je pokojnemu Slavku izjemno hvaležen. Slavko je uspešno sodeloval tudi z zamejskim podjetjem Vacuumtech, ki se ukvarja z optičnimi dekorativnimi plastmi.

Slavka smo poznali in cenili tudi kot odličnega vinogradnika. Njegov teran je bil tako dober, da mu je tudi v poslovnem svetu pomagal odpirati vrata. Povedal mi je, da se mu je velikokrat pripetilo, da so ga ob poslovnih obiskih različnih podjetij, kjer je kot zastopnik angleškega podjetja Edwards prodajal suhe črpalke in druge vakuumske naprave, najprej vprašali, ali je pripeljal s seboj teran. Ker ga je vedno imel kak karton v prtljažniku, je bila sklenitev posla potem le še formalnost.

Slavku sem ostal v marsičem dolžnik. Tako nikoli nisem našel časa, da bi se udeležil trgatve, na katero me je tolikokrat vabil. Tudi na zadnje vabilo, da pridem na obisk, sem se odzval prepočasi in zato prepozno. Ko sem ga nekega jesenskega dne klical po telefonu, da bi mu najavil obisk, je zvonilo v prazno. Zaslutil sem, da se je zgodilo nekaj hudega.

Pri eni stvari pa mi je tudi Slavko ostal dolžnik. Dolgo časa sem ga kot urednik prosil, da napiše kak strokovni prispevek za Vakuumista. Večkrat mi je zadržki obljubil, da ga bo napisal, pa ga žal ni nikoli. Ne vem, kako to, da mu to ni uspelo – mogoče zato, ker je bil človek dejanj in je stvari raje naredil, kot pa o njih pisal. Mogoče pa tudi zato, ker se je ves čas šolal v Italiji in mu je bilo pisanje v slovenskem jeziku nekoliko težje.

Peter Panjan

Podjetje SCAN, d. o. o., dolgoletni partner DVTS, je namesto venca na grob pokojnega Slavka Sulčiča namenilo društvu 200 EUR. Donatorju se lepo zahvaljujemo in smo prepričani, da bi bil tudi pokojni Slavko tega vesel.

Uredništvo

## DRUŠTVENE NOVICE

### MEDNARODNA VAKUUMSKA ZVEZA IMA NOVEGA PREDSEDNIKA

Na generalni skupščini mednarodne vakuumske zveze IUUSTA (International Union for Vacuum Science, Technique and Applications) je vodenje zveze prevzel prof. dr. Jean-Jacques Pireaux. Nasledil je dotedanjega predsednika dr. Billa Rogersa iz Utaha, ZDA. Po ustaljeni praksi je njegov mandat tri leta in se formalno konča na generalni skupščini, ki bo poleti 2013 v Parizu v Franciji. Takrat ga bo nasledil prof. dr. Mariano Anderle iz Trenta v Italiji.

Profesor Pireaux se že desetletja ukvarja z različnimi vejami vakuumske znanosti. Je redni profesor na Univerzi v Namurju v Belgiji, kjer tudi vodi Interdisciplinarni laboratorij za elektronsko spektroskopijo. Njegovo ožje znanstveno področje je tesno povezano s plazemsko znanostjo, saj za obdelavo sodobnih materialov redno uporablja termodinamsko neravnovesno plinsko plazmo, ki jo ustvari z električnimi razelektritvami pri znižanem tlaku, predvsem v območju srednjega in visokega vakuuma. Plazmo uporablja tako za modifikacijo površinskih lastnosti organskih in kompozitnih materialov kakor tudi za nanos različnih tankih plasti. Za preiskavo površinskih lastnosti materialov in tankih plasti uporablja različne tehnike, ki temeljijo na spektroskopiji elektronov.

Že dve desetletji je izredno plodovit avtor, saj letno objavi okoli 10 izvornih znanstvenih člankov v vrhunskih znanstvenih revijah. Izredno odmevnost njegovih znanstvenih rezultatov najbolje ilustrira več kot 5000 citatov. Njegov Hirschov indeks je 40, kar ga uvršča v sam svetovni vrh na področju vakuumske znanosti. Je soavtor okoli 300 znanstvenih člankov v SCI-revijah, na različnih mednarodnih konferencah, simpozijih in tematskih delavnicah pa je imel že več kot 70 vabljenih predavanj. Izredno pestra je tudi njegova uredniška dejavnost, saj je bil urednik 18 znanstvenih monografij in zbornikov z mednarodnih konferenc. Do leta 2010 je bil tudi urednik specializirane revije *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*.

V okviru Laboratorija na Univerzi v Namuru že domala štiri desetletja opravlja raziskave v okviru različnih projektov, tako nacionalnih kot evropskih. Prof. Pireaux je bil koordinator ali partner v več kot 10 projektih v okviru evropskih programov. Njegov Laboratorij je član belgijskega centra odličnosti »Interakcija med plinsko plazmo in površinami trdnih snovi«. Bogate izkušnje ima na področju fizikalne kemije površin in tankih plasti. Vzorce pripravljajo v napravah, ki so jih dogradili ali v celoti zgradili sami ali v sodelovanju s podobnimi znanstvenimi centri v Evropi. V zadnjem času se največ ukvarja s sintezo in karakterizacijo hibridnih materialov z nanoskopskimi dimenzijami.

Množica naprav za karakterizacijo materialov, ki vključuje tudi ionske in optične spektroskopske tehnike, omogoča kritično presojo uporabnosti in natančnosti posameznih analitskih tehnik. Tehnike, ki jih prof. Pireaux rutinsko uporablja za analize sodobnih materialov, vključujejo rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS), ultravijolično fotoelektronsko spektroskopijo (UPS), visokoločljivo spektroskopijo izgube energije elektronov (HR-EELS), infrardečo spektroskopijo s Fourierjevo transformacijo (FTIR),



Jean-Jacques Pireaux, profesor  
University of Namur, Research Center in Physics of Matter and Radiation, Belgija  
tel.: +32 81724606  
faks: +32 81724595  
e-pošta: jean-jacques.pireaux@fundp.ac.be

spektroskopijo sekundarnih ionov z analizo časovnega preleta (TOF-SIMS) in optično spektrometrijo v območju ultravijolične, vidne in infrardeče svetlobe. Za mikroskopske analize ima na voljo vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), presežno elektronsko mikroskopijo (TEM) in vrstično tunelsko mikroskopijo (STM).

Profesor Pireaux bo obiskal Slovenijo septembra letos, ko bo naše društvo organiziralo sestanek izvršnega odbora mednarodne zveze IUUSTA. Sestanek bo med 23. in 25. septembrom 2011 v Piranu, takoj po sestanku bomo organizirali 4. mednarodno konferenco o naprednih plazemskih tehnologijah, na kateri bo imel prof. Pireaux uvodno predavanje z naslovom »Carbon nanotubes and polymers composites: plasma synthesis, global and local characterization«.

prof. dr. Miran Mozetič

#### Kratka biografija

- 1976 doktorat iz fizike, University of Namur (FUNDP), Belgija
- 1977–1988 raziskovalec pri National Fund for Scientific Research (FNRS)
- od 1988 profesor, University of Namur
- področja dela: polimeri, organske prevleke, površine in fazne meje



## PRIHODNJI PREDSEDNIK MEDNARODNE VAKUUMSKE ZVEZE IUVESTA BO PROF. DR. MARIANO ANDERLE

Na zasedanju generalne skupščine mednarodne vakuumske zveze IUVESTA je bil za prihodnjega predsednika Zveze z veliko večino delegatov izvoljen prof. dr. Mariano Anderle. Funkcijo naj bi opravljal med letoma 2013 in 2016. Dr. Anderle je dolgoletni aktivni član italijanskega vakuumskega društva in je v mednarodni zvezi opravljal različne funkcije. Med drugim je bil namestnik predsednika sekcije za uporabno znanost o površinah, predsednik sekcije za načrtovanje kongresov, ki potekajo pod okriljem Zveze, pobudnik in organizator nove sekcije o biomaterialih, v zadnjem triletnem obdobju od leta 2007 do leta 2010 pa je bil znanstveni direktor Zveze.

Mariano Anderle je doktoriral iz fizike na Univerzi v Trentu v Italiji leta 1980. Njegova prva zaposlitev je bila na Univerzi v Trentu, kjer je kot mladi raziskovalec opravljal raziskave na področju znanosti o površinah in tankih plasteh. Leta 1984 se je zaposlil na Inštitutu za znanstvene raziskave in tehnologije v Trentu, ki se danes imenuje Fundacija Bruno Kessler in zaposluje več kot 350 raziskovalcev. V tej fundaciji je bil zaposlen do leta 2009, od tedaj dalje pa na Odseku za inovacije, raziskave in intelektualno lastnino avtonomne province Trento. Odgovoren je za promocijo in internacionalizacijo raziskovalnega sistema v provinci. Dr. Anderle je bil vselej zagovornik mednarodne vpetosti raziskav. Med drugim je bil tudi italijanski ataše na Kitajskem.

Službovanje v Trentu je pogosto dopolnjeval z gostovanji v različnih znanstvenih središčih po svetu. V šolskem letu 1990/91 je enoletno odsotnost zaradi znanstvenega izpopolnjevanja opravil v raziskovalnem središču Watson, Yorktown Heights, New York, ki deluje pod okriljem multinacionalke IBM. Kot gostujoči raziskovalec je sodeloval tudi pri raziskavah na Univerzi v Illinoisu, Urbana, ZDA, na Univerzi v Marylandu v bližini ameriške prestolnice, v znanstvenem središču CERN v Švici pa je deloval med letoma 2003 in 2008. Prof. Anderle je tudi sodeloval pri organizaciji različnih konferenc, kongresov in tematskih delavnic s področij, ki jih obsega



mednarodna zveza IUVESTA. V letu 2011 je predsednik konference SIMS XVIII, ki bo septembra letos ob Gardskem jezeru v Italiji in na kateri pričakujemo več kot 600 udeležencev.

Prof. Anderle je znanstvene aktivnosti posvetil raziskavam površin, tankih plasti in posebej raziskavam faznih mej. Sprva je delal predvsem z anorganskimi vzorci, v zadnjem desetletju pa se intenzivno ukvarja z zahtevnimi raziskavami organskih materialov, kamor spadajo tudi slabo definirani biomedicinski vzorci. Rezultate njegovih raziskav najbolje ponazarja okoli 150 izvornih znanstvenih člankov, 3 mednarodni patenti in 2 nagradi za izjemne inovacijske dosežke. Skoraj vse znanstvene članke je objavil v SCI-revijah. Njegov dela so bila citirana že skoraj 2000-krat, njegov Hirschov indeks pa je 17. Med izjemno odmevnimi deli se odlikuje članek v reviji *Analytical Chemistry* iz leta 2003, ki je bil citiran že več kot 250-krat.

prof. dr. Miran Mozetič

## KRATKE DRUŠTVENE NOVICE

### Prijava Vakuumista na razpis za sofinanciranje, 22. november 2010

Javna agencija RS za knjigo je tokrat pohitela z razpisom za sofinanciranje periodičnih znanstvenih publikacij. Vsebinsko se razpis ni bistveno razlikoval od preteklih. Prijavo za sofinanciranje Vakuumista smo pravočasno oddali, na rezultate pa še čakamo.

### 31. seja izvršnega odbora DVTS, 10. februar 2011

Izvršni odbor je obravnaval sodelovanje društva na več znanstvenih srečanjih. Tradicionalno hrvaško-slovensko srečanje bo 2.–3. junija v Bohinju. Imenoval je predsednika

znanstvenega (M. Mozetič) in organizacijskega odbora (A. Vesel), člane obeh odborov in vabljeni predavatelje.

Izvršni odbor je tudi podprl organizacijo delavnice »2<sup>nd</sup> International Workshop on Plasma Nano-Interfaces and Plasma Characterization«, delovnega sestanka »112<sup>th</sup> IUVESTA Executive Council Meeting« in konference »4<sup>th</sup> International Conference on Advanced Plasma Technologies«; vsi ti dogodki se bodo letos zvrstili v Sloveniji. Podpira tudi aktivnosti glede planirane organizacije »19<sup>th</sup> International Conference on Thin Films« v Dubrovniku. Imenoval je še kandidate za člane znanstvenih odborov IUVESTA.

V zahtevanem zakonskem roku je izvršni odbor sprejel poslovno poročilo.

## NOVA KNJIGA

## PLINSKI ODVODNIK ZA ZAŠČITO PRED PRENAPETOSTJO PRI UDARIH STRELE

Urednik: doc. dr. Martin Bizjak

Avtorji: doc. dr. Martin Bizjak, France Breclj, dr. Nikola Jelić, dr. Vincenc Nemanič, mag. Andrej Pirih, mag. Andrej Pregelj, dr. Robert Rozman, mag. Aleš Štagoj in dr. Bojan Zajec

Založnik: Zavod Tehnološki center SEMTO, Stegne 25, Ljubljana

Za založnika: Jožef Perne

Knjiga je nastala kot rezultat raziskovalnega in razvojnega dela strokovnjakov s področja zaščitnih elementov v elektrotehniko iz raziskovalnih organizacij in industrije, torej iz sveta znanosti in gospodarstva. Povezana je z izvajanjem dveh aplikativnih raziskovalnih nalog, ki ju je vodil *Tehnološki center SEMTO* in sofinancirala *Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije*.

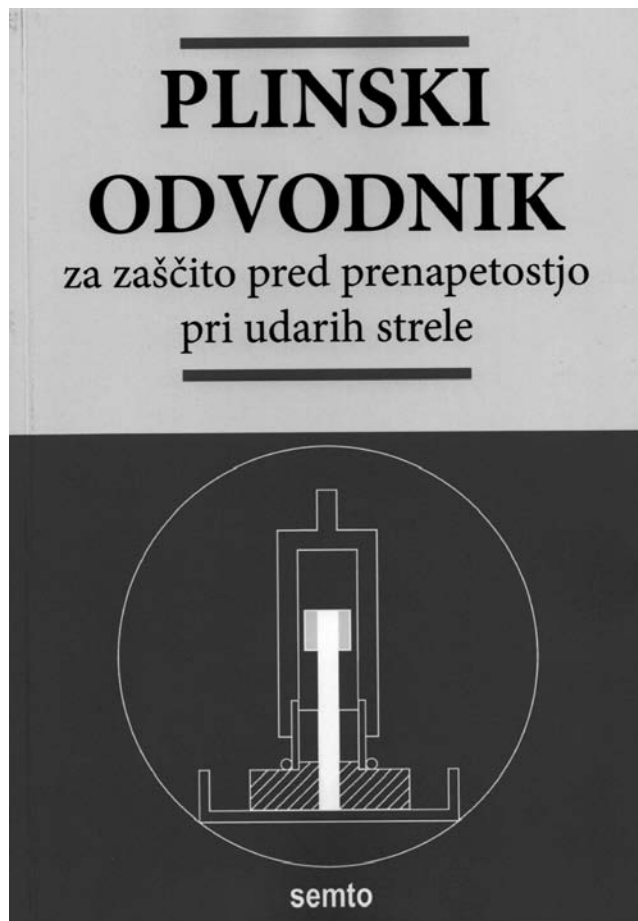
Za izdajo te knjige, ki se lahko uporablja kot učbenik in kot izhodišče za nadaljnje raziskave ali tudi kot zanimivo strokovno branje, so bila potrebna tudi finančna sredstva, tu pa je priskočila na pomoč *Javna agencija za knjigo Republike Slovenije*.

### Povzetek vsebine

Atmosferske razelektritve so vzrok nevarnih prenapetosti v električnih omrežjih, ki jih pri poškodbi izolacije spremljajo znatni tokovni sunki. Zato delujejo uničujoče na električne naprave. Nastanku in zaščiti pred prenapetostmi pri udarih strele je zato v tem delu dan največji poudarek.

Prva poglavja obravnavajo razvoj pogojev v atmosferi za udar strele. Načrtovanje zunanje zaščite pred strelo vsebuje oceno verjetnosti in predvidevanje mest za udar strele, na osnovi katere je projektiran učinkovit lovilni sistem. Opisanih je nekaj vrst lovilni strele, podana je ocena velikosti prenapetostnih in tokovnih sunkov kot posledica udara strele v objekte, navedeni pa so tudi elementi prenapetostne zaščite in odvodniki udarnih tokov.

V poglavjih o delovanju plinskega odvodnika prenapetosti so podani osnovni pojavi, ki so izkoriščeni za omejitev prenapetosti in prekinitev toka po prenehanju prenapetostne motnje v energijskih tokokrogih. Precej obravnave je namenjene samougasitveni spo-



sobnosti, da odvodnik po povratku tokokroga v normalno obratovalno stanje sam prekine tok, ki teče skozenj.

Pri obravnavanju notranje zaščite pred prenapetostjo so podani razredi zaščitnih con in zahteve za zmogljivost zaščitnih elementov na meji med njimi. Podane so tudi zahteve za delovanje plinskih odvodnikov in preizkusni postopki za preverjanje te funkcije na elementih pred vgradnjo v zaščitni sistem.

V zadnjih poglavjih je opisana konstrukcija in tehnološka pot od zamisli in modela do izdelka, tj. plinskega odvodnika podjetja Iskra Zaščite.

Več o vsebini knjige lahko izveste na spletni strani TC SEMTO: <http://www.semto.si>, kjer lahko knjigo tudi naročite. Cena je 38 EUR.

dr. Jože Gasperič

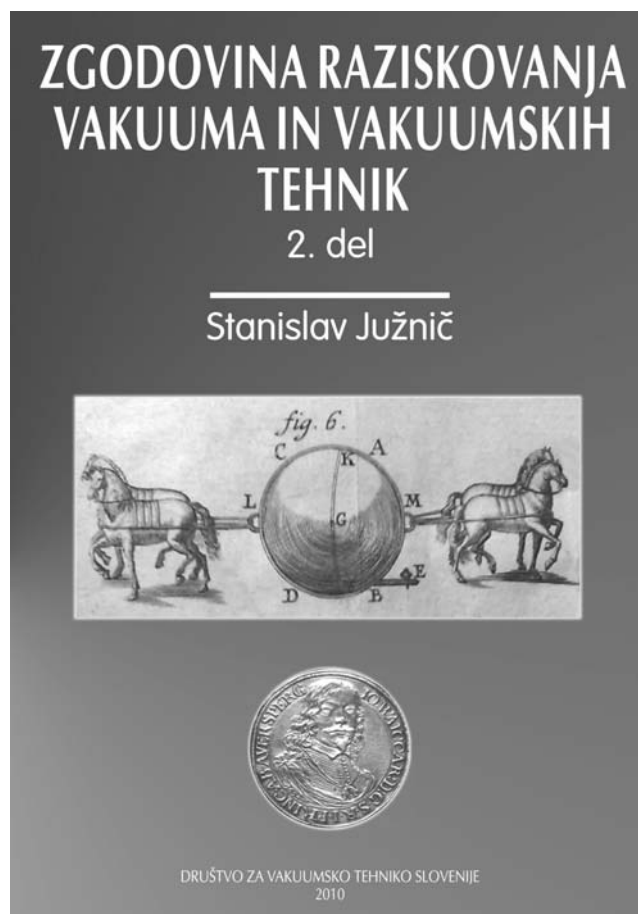
## »ZGODOVINA RAZISKOVANJA VAKUUMA IN VAKUUMSKIH TEHNIK« (2. del)

Konec lanskega leta je izšel drugi del knjige »Zgodovina raziskovanja vakuumu in vakuumskih tehnik« (415 strani). Knjigo avtorja dr. Stanislava Južniča sva uredila doc. dr. Miha Čekada in dr. Peter Panjan, založilo pa Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije.

Južničevi knjigi razkrivata, da je bilo raziskovanje »praznega prostora« od nekdaj izjemno privlačno. Zakaj tolikšno zanimanje za »prazen prostor«? Ker je sam po sebi nekaj skrivnostnega in ker je stičišče znanosti, filozofije in religije. Še več. Razvoj znanosti v 19. in 20. stoletju je pokazal, da ima prazen prostor tudi izjemen tehnični pomen. Raziskovanja »praznega prostora« v 18. stoletju so pripeljala do odkritja barometra. Z njim so znanstveniki merili zračni tlak in na osnovi meritev napovedovali vreme. Uspešno so ga uporabili tudi za merjenje višine hribov. Raziskovanje nizkotlačnih razelektritev plinov pa so konec 19. stoletja pripeljala do odkritja elektrona, rentgenskih žarkov, katodne elektronke (televizije), naprševanja tankih plasti, elektronskega mikroskopa, pospeševalnikov itd. Od tu naprej so se znanstvena odkritja samo še nezadržno množila vse do danes.

Če je prvi del »Zgodovine raziskovanja vakuumu in vakuumskih tehnik« poročal o meritvah vakuumu od Aristotelovih nejevernih dni do zlivanja jeder, se drugi del loteva predvsem slovenskih logov in matematičnih predstav raziskovanja vakuumu. Že v prvem delu je avtor slovenski javnosti pripovedoval o uspehih prvega slovenskega vakuumista kneza Janeza Vajkarda Turjaškega, ki je pomagal Guerickeju pri poganjanju prvih vakuumskih črpalk v Kraljevem gradiču imenovanem Regensburg davnega leta 1654. Ko človek prebira Južničeve zgodbe iz zgodovine raziskovanja vakuumu, je presenečen, kako zelo so bili v vsej zgodovini v ta raziskovanja vpeti raziskovalci, ki so delovali na slovenskih tleh.

Drugi del Zgodovine raziskovanja vakuumu in vakuumskih tehnik gre globoko v nekdanji slovenski vsakdan in bralcu podrobno postreže o vakuumskih knjigah v nekdanjih in sedanjih slovenskih knjižnicah, ki so bile temelj poučevanja in preučevanja matematičnih ved na Slovenskem in vakuumskih tehnik znotraj njih. V zadnji knjigi nam avtor opiše, kako imenitna znanstvenika sta bila v sedemnajstem stoletju Janez Vajkard Turjaški (Auersperg) in Janez Vajkard Valvasor. Vsaj tako imenitni so bili njihovi



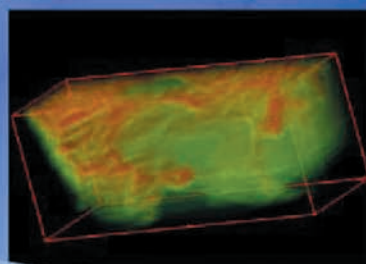
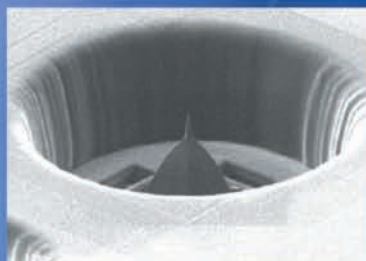
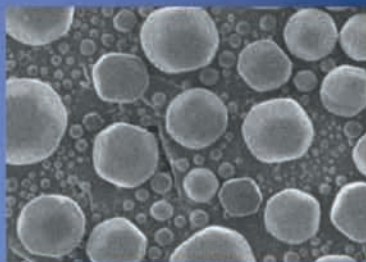
nasledniki v 18. stoletju: Ferdinand Avguštin Hallerstein, Žiga Zois, Gabrijel Gruber in Jurij Vega. Bogato tradicijo na področju znanosti so v 19. in 20. stoletju nadaljevali Jožef Stefan, Janez Puhar, Simon Šubic, Ignac Klemenčič, Franc Hočevar, Karel Robida, Janez Puh, Karel in Serafina Dežman, Anton Šantel, Anton Codelli, Maks Samec, Aleš Strojnik, Anton Peterlin in mnogi drugi. Vsi so se pri svojih raziskavah tako ali drugače ukvarjali z vakuumom oz. vakuumskimi tehnologijami. Po njihovi zaslugi je veliko pomembnih izumov zraslo prav na naših tleh.

Z drugim delom »Zgodovine raziskovanja vakuumu in vakuumskih tehnik« smo Slovenci dobili zaokroženo podobo večstoletnega dogajanja na tem področju v naših krajih in v svetu. To nas uvršča med redke narode v svetu, ki taka dela premorejo.

Knjigo lahko naročite pri Društvu za vakuumsko tehniko Slovenije (cena nove knjige je 30 €).

dr. Peter Panjan

INTRODUCING THE NEW JEOL JIB-4500



**scan**

SCAN d.o.o. Preddvor

Breg ob Kokri 7 · SI-4205 Preddvor · Phone +386-4-2750200

Fax +386-4-2750420 · scan@siol.net

**JEOL**

www.jeol.com

**MULTIBEAM**