

VAKUUMIST 33/1, april 2013

VSEBINA

ČLANKI

Fotomehanski materiali

Špela Brglez, Franc Zupanič 4

Poslednja volja prvega slovenskega letalca (Ob 190-letnici smrti Gregorja Kraškoviča)

Stanislav Južnič 14

DRUŠTVENE NOVICE

115. sestanek izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA

Miran Mozetič 25

Vabilo za udeležbo na 20. slovensko-hrvaškem vakuumskem srečanju

Miran Mozetič 27

Vabilo na občni zbor Društva za vakuumsko tehniko Slovenije

Miran Mozetič 27

Kratke društvene novice 27

VAKUUMIST

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

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

Glavni in odgovorni urednik: doc. dr. Miha Čekada

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

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: dr. Matjaž Finšgar

Oblikovanje naslovnice: Ignac Kofol

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

Naklada: 320 izvodov

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

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: info@dvts.si

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

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 37 96

faks.: (01) 251 93 85

FOTOMEHANSKI MATERIALI

Špela Brglez, Franc Zupanič

STROKOVNI ČLANEK

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

POVZETEK

Fotomehanski materiali spadajo med pametne materiale. Njihova posebnost je, da pod vplivom svetlobe spremenijo svoje mehanske lastnosti. V članku so predstavljeni predvsem fotomehanski materiali, ki vsebujejo azobenzenske skupine ali azoskupine. To so skupine, sestavljene iz dveh fenilnih obročev, povezanih z dvojno dušikovo vezjo. Kadar azoskupina absorbira foton določene valovne dolžine, preide iz izomera trans v izomer cis ali obratno. S tem se vsa molekula deformira, zraven oblike pa se spremenijo tudi druge lastnosti materiala. Materiale z azoskupinami delimo na enoatomske azoplasti, amorfne azopolimere in azopolimere v obliki tekočih kristalov. V članku je opisan razvoj raziskav fotomehanskih materialov in sedanje stanje na tem področju za vse tri skupine materialov. Omenjena je tudi problematika raziskav fotomehanskega pojava pri ogljikovih nanocevkah. Na koncu so našteje možnosti uporabe fotomehanskih materialov.

Ključne besede: pametni materiali, fotomehanski pojav, azobenzeni, tanke plasti, tekoči kristali

Photomechanical materials

ABSTRACT

Photomechanical materials belong to the group of smart materials. They can change their mechanical properties when exposed to light. In this paper we present mainly the photomechanical materials containing azobenzene groups or azo-groups. These groups contain two phenyl rings linked by a double nitrogen bond. When an azo-group absorbs a photon of a certain wavelength, it transforms from trans- to cis-isomer or vice versa. That way the shape of the whole molecule is deformed. Other material properties are also changed. The materials containing azogroups are classified into azomonolayers, amorphous azopolymers and liquid-crystalline azopolymers. This paper describes the progress of research in photomechanical materials, and the current state of research for all three groups of materials. The issues of the photomechanical effect in carbon nanotubes are also mentioned. At the end, possible practical applications of photomechanical materials are listed.

Keywords: intelligent materials, photomechanical effect, azobenzenes, thin layers, liquid crystals

1 UVOD

V članku opisujemo eno izmed skupin pametnih materialov – fotomehanske materiale. Ti materiali pod vplivom svetlobe spremenijo svojo obliko. Pojav je mogoče koristno uporabiti v številnih aplikacijah.

Najprej bomo nekaj besed namenili splošnim značilnostim fotomehanskih materialov ter zgodovini razvoja in uporabe pojava, nato bomo fotomehanski pojav podrobno opisali. Nato se bomo osredinili na opis različnih materialov, s katerimi ta pojav lahko dosežemo. Na koncu bomo predstavili tudi področja uporabe fotomehanskih materialov.

1.1 Splošno o fotomehanskih materialih

Iz literature lahko povzamemo, da poznamo fotomehanske materiale v širšem in ožjem pomenu. V

širšem pomenu jih definiramo kot fotomehanske materiale, ki se na svetlobo odzivajo s spremembo mehanskih lastnosti (na primer dolžine, oblike, trdnosti ...).

V tem primeru upoštevamo samo vstopne (svetloba) in izstopne (mehanska lastnost) parametre, medtem ko so lahko mehanizmi, zaradi katerih se spremenijo lastnosti, različni (**slika 1**). Tako ugotovimo, da je pri zgornji definiciji vzrok spremembe določene mehanske lastnosti sicer jasen (svetloba), mehanizem pa je pravzaprav poljuben. Nekaj različic bomo opisali v naslednjem podpoglavju.



Slika 1: Širše pojmovanje fotomehanskih materialov

1.2 Različice

1. mehanizem: fototermično segrevanje

Eden izmed možnih mehanizmov sprememb mehanskih lastnosti materiala zaradi izpostavljenosti svetlobi je fototermično segrevanje zaradi absorpcije. Temu mehanizmu so pravzaprav izpostavljeni vsi materiali, vendar mora biti material dovolj dolgo izpostavljen dovolj močnemu obsevanju (potreben čas in potrebna intenziteta obsevanja sta odvisna od obravnavanega materiala), da se pri absorpciji svetlobe material segreje in posledično deformira. Fototermično segrevanje je značilno predvsem za kolimirane žarke, na primer za laserske curke, katerih značilnost je, da imajo še zelo ozko določeno valovno dolžino. Toda pri tako ozkih pramenih fotonov se spremenijo mehanske lastnosti zelo majhnih območij. Pri izpostavljenosti velikemu številu fotonov določene valovne dolžine se lahko spremeni oblika materiala zaradi toplotnega raztezka, lahko pa tudi druge lastnosti, med njimi tudi kristalna zgradba, če v materialu potekajo fazne premene v trdnem. Materialov, ki se tako spremenijo pod vplivom svetlobe, ne prištevamo k fotomehanskim materialom, čeprav je res, da je edini vzrok njihovega preoblikovanja izpostavljenost svetlobi. Hkrati velja, da je ta mehanizem spreminjanja mehanskih lastnosti materiala z uporabo svetlobe najpogosteje uporabljen oziroma opažen v naravi.

2. mehanizem: fotostrikcija

Fotostrikcija deluje v dveh korakih. Najprej absorpcija svetlobe v materialu povzroči tok elektronov. S tem se v drugem koraku v materialu vzpostavi električno polje, to pa povzroči deformacijo opazovanega materiala. To je pravzaprav inverzni piezoelektrični pojav. Tako obravnavamo drugo skupino pametnih materialov – piezoelektrične materiale, pri katerih je vir napetosti vpadna svetloba.

3. mehanizem: sprememba oblike molekul zaradi absorpcije svetlobe – fotomehanski pojav

V nadaljevanju bomo obravnavali zgolj ta mehanizem, saj materiale, ki so sposobni takšnih transformacij, najpogosteje prištevamo k fotomehanskim materialom. V tem primeru ni povezave več pojavov, temveč gre za neposredno absorpcijo fotonov v molekuli, ki se posledično deformira. Temu mehanizmu na kratko rečemo kar fotomehanski pojav. Podrobneje ga bomo opisali v naslednjih poglavjih.

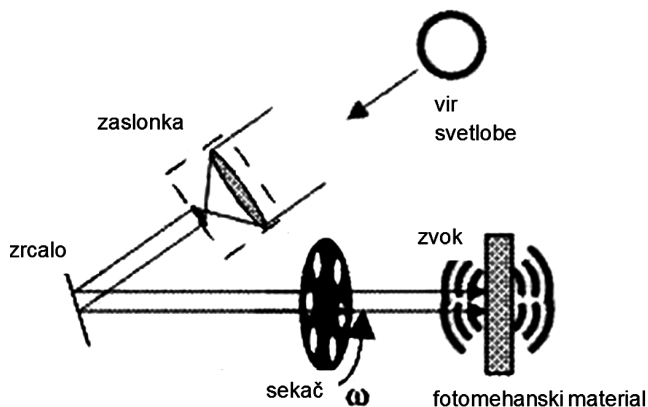
Kombinacija mehanizmov

V večini primerov delujejo vsi zgoraj naštetih mehanizmi, le da je eden od njih prevladujoč. Obstaja tudi veliko materialov, ki se odzivajo močno svetlobno odvisno, vendar te odvisnosti še ne znamo popolnoma pojasniti. Eden takšnih materialov so ogljikove nanocevke, ki jih bomo zato opisali v čisto posebnem poglavju.

2 ZGODOVINA

Za prvega, ki je sistematično preučeval fotomehanski pojav, imamo Alexandra Grahama Bella, ki si je zamislil svetlobni telefon. Ta naj bi deloval, kakor prikazuje **slika 2**.

Svetloba, ki prihaja od nekega vira, je usmerjena skozi zaslonko. Tako dobimo ožji, bolj usmerjen curek z večjo intenziteto. Curek nato potuje proti izbranemu fotomehanskemu materialu, njegovo pot pa preseka vrteča se zaslonka. To je preluknjana plošča, ki se vrti



Slika 2: Bellov svetlobni telefon [1]

okrog središča in omogoča, da fotomehanskega materiala ne doseže konstantni, ampak pulzirajoči svetlobni tok. Svetlobni pulzi vpadejo na fotomehanski material, ki začne nihati s frekvenco svetlobnih pulzov (torej s frekvenco odpiranja vrtečih se zaslonk). Kadar je frekvenca svetlobnih pulzov v slišnem območju, nastane zvok. Ideja o takšnem telefonu ni bila nadgrajevana, je pa iz nje nastalo nekaj prisluskovalnih naprav, ki izkoriščajo svetlobo, odbito od okenskih šip [1].

Konec 20. stoletja je bilo veliko naporov namenjenih raziskavam, da bi svetlobni signali prevladali nad elektronskimi. Mnogi raziskovalci še danes vidijo številne prednosti v prenašanju informacij z uporabo optike in ne elektronike, zato razvoj v tej smeri še vedno poteka. Res pa je, da je vzpon, ki ga je v zadnjih letih dosegla elektronika, težko doseči ali preseči z optičnimi napravami.

V zadnjih desetletjih vlada veliko zanimanje za izdelavo umetnih človeških udov in nasploh aktuatorjev, ki bi bili dobra alternativa klasičnim motorjem (motor z notranjim zgorevanjem, elektromotor ...). Na področju fotomehanskih materialov potekajo intenzivne raziskave na področju takšnih aktuatorjev vse od nanonivoja do večjih sistemov, kot so na primer človeške mišice. Ideja je, da bi lahko delovanje takšnega aktuatorja sprožali z uporabo svetlobe.

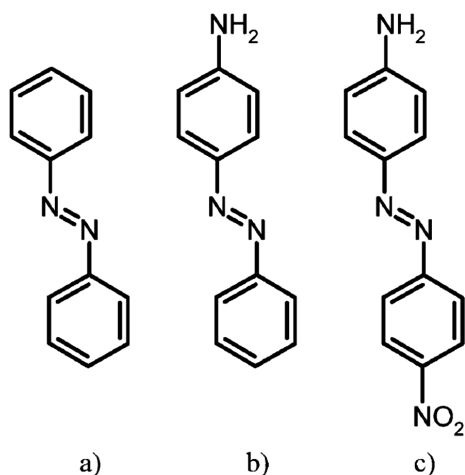
Kot lahko ugotovimo, so ideje o uporabi svetlobe kot sprožilca spremembe mehanskih lastnosti materiala prisotne že relativno dolgo časa. Živahen razvoj pa so ti materiali začeli doživljati šele v zadnjih desetletjih.

3 FOTOMEHANSKI POJAV

3.1 O azobenzenih

Kot smo omenili že v splošnem pregledu fotomehanskih materialov, se bomo v tem članku posvetili mehanizmu spremembe mehanskih lastnosti zaradi absorpcije svetlobe, ki ne zahteva nobenega vmesnega pojava. Materiali, ki zmorejo takšno transformacijo, so azobenzeni. To so aromatske spojine, v katerih staja dva fenilna obroča povezana z azovezjo ($-N=N-$). Če se na fenilna obroča vežejo različni substituenti, dobimo široko skupino različnih spojin. Nekateri primeri so prikazani na **sliki 3**. Azobenzeni lahko tvorijo tudi fazo tekočih kristalov, kar bomo podrobneje obravnavali kasneje.

Najbolj zanimiva lastnost, skupna vsem azobenzenom, je njihova absorpcija svetlobe v določenem spektralnem območju (navadno v UV-spektru ali v vidni svetlobi, v določenih primerih tudi za valovne dolžine manjše od 400 nm), ki povzroči znatno, učinkovito in povratno izomerizacijo spojine. Pri tem

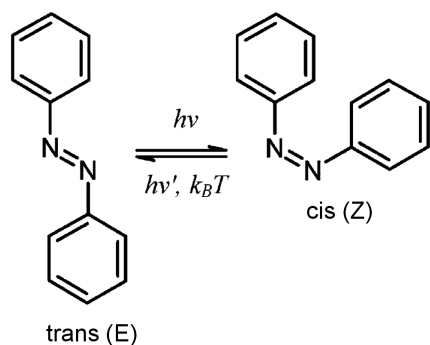


Slika 3: Primeri azobenzenov [2]: a) skupina azobenzenov; b) skupina aminoazobenzenov; c) skupina psevdostilbenov

je lahko svetloba koherentna ali nekoherentna. Azobenzeni imajo dva izomera: toplotno stabilno obliko trans- in metastabilni cis-izomer. Ob obsevanju takšnega materiala s svetlobo se del trans-izomerov pretvori v cis-izomere in ostane v tej obliki nekaj časa. To spremembo prikazuje **slika 4**.

Psevdostilbenski razred azobenzenov je posebej zanimiv, saj sta mu priključeni redukcijska in oksidacijska skupina na nasprotnih straneh molekule (**slika 3c**). Za psevdostilbene tudi velja, da se absorpcijska spektra za trans- in cis-konfiguracijo v veliki meri prekrivata. To pomeni, da se za pretvorbo iz trans- v cis-izomer uporablja svetloba enake valovne dolžine kot pri obratni pretvorbi (iz cis v trans) [2]. Pri drugih razredih azobenzenov se spektra ne ujemata v takšni meri, zato moramo za povratno izomerizacijo uporabiti drugačno svetlobo (drugo valovno dolžino). Pri tem je spekter vzbujanja od materiala do materiala drugačen.

Idealno bi bilo, da bi lahko ustvarili popolno krmiljenje med obema stanjema z uporabo svetlobe. Najprej bi trans-izomer azobenzena obsevali s svetlobo, zato bi se spremenil v cis-izomer. Spremenjena spojina bi nato obstala v tem stanju, dokler je ne bi izpostavili svetlobi ustrezne valovne dolžine, da bi se



Slika 4: Pretvorba azobenzena iz trans- v cis-izomer [2]

pretvorila nazaj v trans-izomer. Ker je cis-izomer vseh azobenzenov le metastabilen, je takšno idealno preklapljanje nemogoče, saj ne moremo doseči, da bi trans-izomer pretvorili v cis, ga pustili v tej obliki za nedoločeno obdobje (na primer nekaj desetletij ali več) in ga nato spet s svetlobo pretvorili v trans. Cis-izomer bi namreč že mnogo prej sam prešel v trans-konfiguracijo. Ta proces se zgodi pod vplivom razpolovnega časa (v katerem se stanje cis relaksira v trans) in okolice.

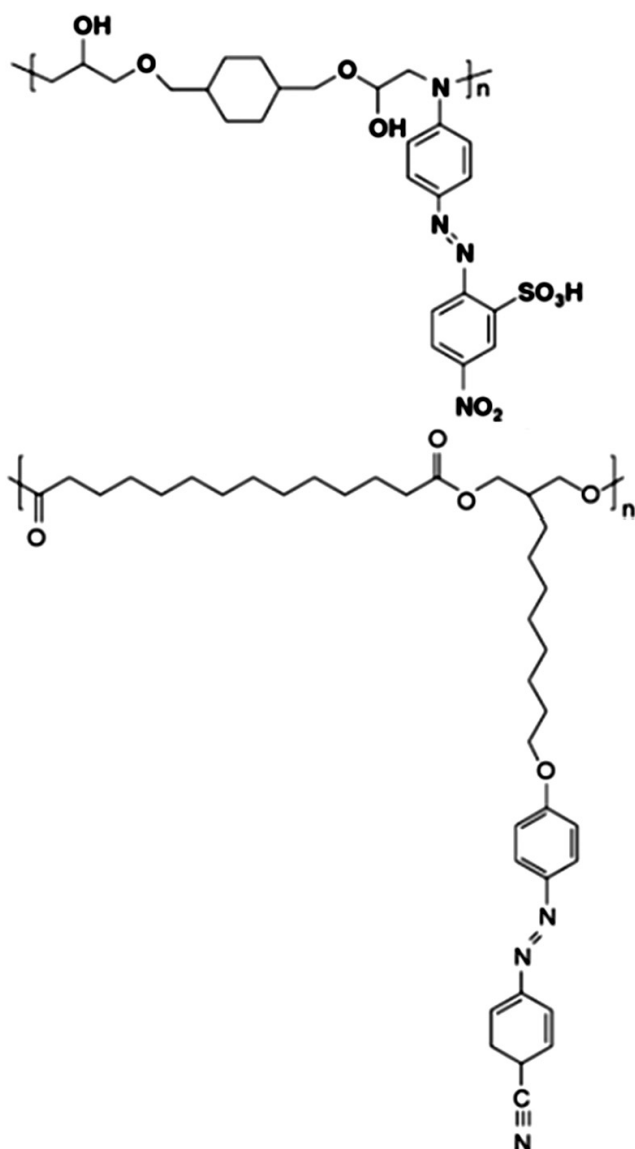
Potrebna energija za pretvorbo cis→trans je 90 kJ/mol, vendar pa je po navadi prej kot energijski pogoj izpolnjen časovni pogoj relaksacije. To pomeni, da se manj stabilni cis-izomer po določenem času pretvori v stabilnejšo trans-obliko. Čas, ki je za pretvorbo potreben, je odvisen od vrste azobenzena. Za azobenzen brez substituentov je čas razpada reda velikosti nekaj ur oziroma dni, za aminoazobenzen nekaj minut oziroma sekund, za psevdostilbene pa reda velikosti nekaj sekund oziroma milisekund [2]. Z ustreznimi postopki lahko obstojnost cis-izomera tudi podaljšamo; izmerjeni so bili celo časi do šest let.

3.2 Sistemi z azobenzenom

Azobenzenke strukture so robustne, kar omogoča, da jih lahko vežemo na mnoge različne materiale. S tem dobimo široko območje, v katerem lahko uporabljamo njihove fotomehanske lastnosti. Azoskupino lahko raztopimo v kristalni osnovi (dobimo trdno raztopino), ali jo kovalentno vežemo na polimer (dobimo amorfno snov ali tekoče kristale). Na **sliki 5** sta prikazana primera vezave azoskupine na polimerni verigi. Zgoraj je prikazan amorfni polimer z vezano azoskupino, spodaj pa polimer, ki bi lahko tvoril zgradbo tekočega kristala zaradi daljše povezave med glavno verigo polimera in azoskupino.

Ker je azoskupina dovolj nereaktivna, jo lahko vežemo na materiale z različnimi postopki, kar pa omogoča vezavo na zelo različne materiale. Znani so primeri vezave na ciklodekstrine in beljakovine [2].

Za študij fotomehanskih lastnosti azobenzenov je primerna izdelava tankih plasti teh spojin. Čeprav jih je, kot smo omenili, mogoče uporabiti tudi kot trdne raztopine, se lahko tam faza azoskupin izloči, saj so le-te v osnovi manj stabilne. Večjo stabilnost lahko dosežemo s kovalentno vezavo azoskupin na polimerno osnovo. S takšnim načinom vezave dobimo stabilen material, enostaven za obdelovanje, kar je značilnost polimerov, toda z nenavadnim odzivanjem na svetlobo, kar je značilnost azoskupine. Glavne verige, na katere navadno vežemo azoskupino, so akrilati, metakrilati, pa tudi etri, estri, uretani, zraven tega pa še polimeri, pri katerih je glavna veriga sestav-



Slika 5: Primera vključitve azoskupine v polimerni verigi [3]

ljena iz azobenzenov. Da bi dobili stabilne polimere, na katere bi z enostavnejšim postopkom vezali azoskupino, uporabimo strategijo, s katero ustvarimo ionsko vez med glavno verigo polimera in azoskupino [3].

Veliko raziskav je bilo narejenih tudi na področju azobenzenskih dendrimerov [4], ki so zelo stabilni in dobro dispergirani. Ker so umetna tvorba, je mogoče pri izdelavi takšnih spojin nadzorovati številne lastnosti, kot so topnost, temperaturna stabilnost, tvorjenje kristalov. Z dendrimerno strukturo lahko odziv materiala na svetlobo močno okrepiamo [5].

Tanke plasti azobenzenov lahko izdelamo po različnih postopkih. Najbolj splošno uporaben je postopek nanašanja z vrtenjem (angl. *spin-coating*), to je postopek tvorbe tankih plasti s centrifugiranjem, pri katerem se podlaga hitro vrti, vanjo pa kanemo polimerno raztopino. Tanko plast lahko izdelamo tudi z

izparevanjem topila ali pa s katerim od novejših postopkov.

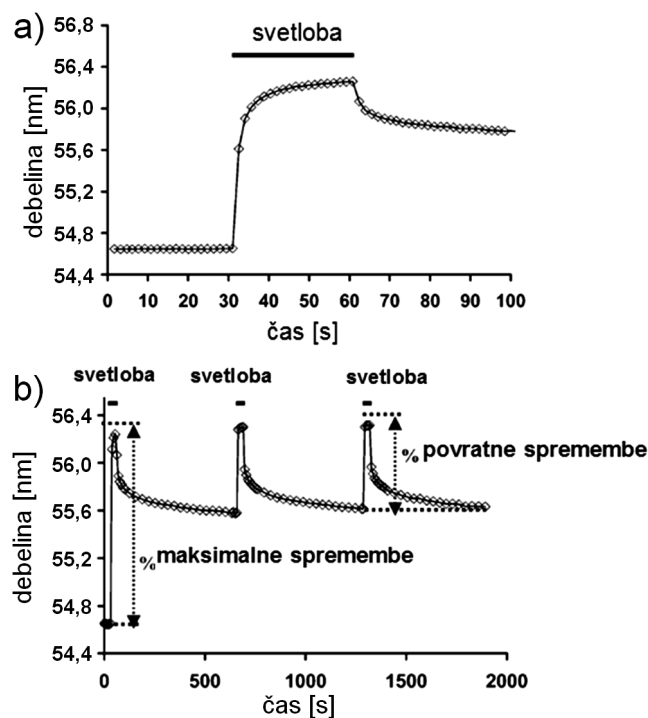
3.3 Zgradba azobenzenov in vpliv svetlobe

Z uporabo azobenzenov lahko ustvarimo preklapljanje med dvema različnima fazama z močno različnimi mehanskimi lastnostmi. Trans-izomer azobenzena je tog in anizotropen, zato ga najdemo v številnih materialih v obliki tekočih kristalov. Cis-izomer je šibka osnovna enota kristala in je zato navadno amorfen. Tako dosežemo z obsevanjem relativno urejenega trans-izomera prehod v izotropno amorfen cis-izomer, pri čemer se močno spremenijo mehanske lastnosti materiala. Takšen prehod je za material pomemben tudi, kadar je vanj vgrajeno le malo azobenzenov.

Primer takšnega prehoda je raztopina polimera z vezanimi azobenzenom v vodi. Kadar je polimer v stanju trans, je raztopina bolj viskozna, z obsevanjem z UV-svetlobo tekočokristalna zgradba razpade, postane amorfna, s tem pa se viskoznost (tekočnost) raztopine zmanjša.

3.4 Potek fotomehanskega pojava

Ko fotomehanski material prvič obsevamo s svetlobo, se pojavi ireverzibilna (nepovratna) mehanska sprememba. Če opazujemo tanko plast, se po prvem obsevanju nepovratno odebeli ali skrči, kar je odvisno



Slika 6: Potek fotomehanskega pojava [6]. Prikazan je raztezek plasti v odvisnosti od časa za: a) prvo obsevanje; b) prvo in nadaljnja obsevanja

od osnovnega polimera in od položaja azoskupine v materialu. Šele nadaljnje spremembe materiala so povratne. Na **sliki 6** prikazujemo potek fotomehanskega pojava za material PDR1A, ki se pri obsevanju razteza [6]. Na **sliki 6a** je prikazana debelina v odvisnosti od časa za prvo, nepovratno ekspanzijo, na **sliki 6b** pa je prikazan potek prve in nadaljnjih reverzibilnih obsevanj in posledičnih raztezkov. Vsako obsevanje je potekalo 30 s z laserjem gostote moči 207 mW/m^2 .

4 ZGRADBA IN ZNAČILNOSTI FOTOMEHANSKIH MATERIALOV

4.1 Lastnosti fotomehanskih materialov

Večino značilnih lastnosti smo opisali za posamezne zgradbe (oblike) materialov sprti, na tem mestu jih bomo v splošnem povzeli.

Prva lastnost je vsekakor vsebnost azospojin oziroma azoskupine. Ta daje materialu možnost fotomehanske transformacije, saj se dušikova dvojna vez v azoskupini pri transformaciji iz izomera trans v izomer cis prostorsko deformira. Ta pojav se sproži, ko dušikova vez absorbira foton. Glede na urejenost molekul v materialu potem ta transformacija povzroči skrček oziroma raztezek.

Naslednje lastnosti izhajajo iz značilnosti trans- in cis-izomerov. Trans-izomer je trden, v obliki palice, zato dajejo molekule v trans-obliki celotnemu materialu večjo togost. Cis-izomer je manj stabilen od trans-izomera in se po določenem času pretvori v trans-izomer brez dodatnih zunanjih spodbud. Molekule materiala so v cis-obliki upognjene, običajno v različne smeri, zato postane material bolj izotropen.

Pomembna je tudi ugotovitev, da je transformacija fotomehanskih materialov odvisna tudi od moči svetlobnega izvira. Z naraščanjem moči se večja tudi deformacija materiala, ko moč preseže neko kritično vrednost, pa doseže deformacija svoj maksimum in tudi ob nadaljnjem povečevanju moči izvira svetlobe deformacija ne narašča več. Tudi to izvira iz osnovnega mehanizma fotomehanske transformacije: ko povečujemo moč svetlobnega izvira, vpada na material vse več fotonov, ki jih absorbirajo azoskupine, ki se pri tem transformirajo iz izomera trans v cis oziroma obratno. Pri moči izvira, ko je fotonov dovolj, da aktivirajo spremembo vseh azoskupin, pa reakcija oziroma deformacija materiala ne napreduje več.

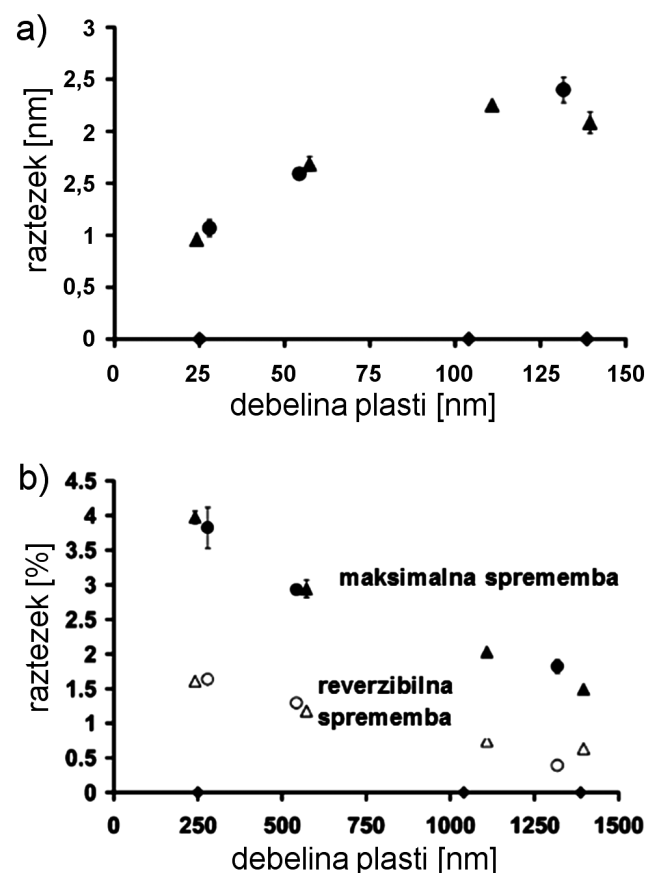
Skupna lastnost fotomehanskih materialov je tudi prva nepovratna deformacija. To pomeni, da se pri prvi izpostavljenosti svetlobi v fotomehanskem materialu pojavi deformacija, ki je ireverzibilna – ne moremo je izničiti z izpostavljanjem svetlobi katere druge valovne dolžine ali z umikom materiala v temo.

Vse naslednje deformacije zaradi izpostavljenosti svetlobi pa so reverzibilne oziroma povratne. Nekatere azospojine lahko izpostavimo še enkrat svetlobi iste valovne dolžine, da poteče povratna reakcija. Spet druge materiale umaknemo v temo, da se vzpostavi prvotno stanje. Preostale fotomehanske materiale pa obsevamo s svetlobo drugačne valovne dolžine, da poteče reakcija v obratni smeri.

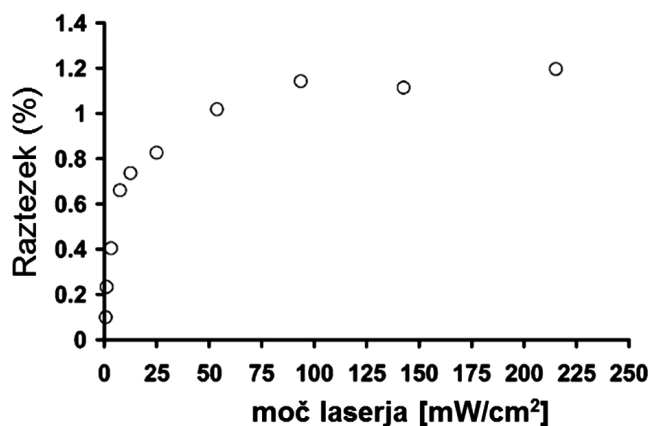
Druge lastnosti fotomehanskih materialov so različne glede na zgradbo oziroma stanje materiala. Tako ločimo enoatomske plasti azobenzenov, amorfne azopolimere in azopolimere v obliki tekočih kristalov. V nadaljevanju opisujemo vsako skupino posebej – njeno zgradbo, splošne lastnosti in nekatere opravljene raziskave, ki kažejo na posebne značilnosti.

4.2 Enoatomske azoplasti in prevleke

Enoatomske plasti azobenzenov so preproste za raziskovanje fotomehanskih lastnosti, saj so vse spremembe hitro in jasno vidne na materialu. Leta 1980 so raziskovalci dokazali, da se pri enoatomski plasti polimera, ki vključuje azobenzene v glavno verigo, pojavi skrček pri obsevanju z UV-svetlobo in raztezek v temi. Pogoj za takšen pojav je, da enoatomska plast plava na površini vode, ki je sicer prekrita z



Slika 7: Odvisnost raztezka od debeline plasti [6]: a) absolutni raztezek; b) relativni raztezek (glede na maksimalno in reverzibilno spremembo)



Slika 8: Odvisnost fotoekspanzije od moči laserja (valovna dolžina: 514 nm) [6]

zrakom (navaden primer kapljavine v standardnih razmerah). Sprememba oblike je drugačna, kadar se azobenzeni ne pojavljajo v glavni verigi, ampak na mestu povezave dveh glavnih verig (polipeptidi). Takrat se enoatomska plast upogne, upogib pa je odvisen od količine azobenzenov. Zanimivo je tudi, da je v primerih, ko so azobenzeni vezani v stranskih verigah, učinek obsevanja z UV-svetlobo obraten od učinka, ko se nahajajo v glavnih verigah – pod vplivom UV se raztezajo, v temi pa krčijo [6, 7].

Primer odziva enoatomske plasti smo prikazali že na **sliki 6**. Zdaj za isti kopolimer materiala PDR1A pogledajmo še, kako je fotoekspanzija oziroma raztezek zaradi obsevanja odvisen od debeline plasti (**slika 7**) [6]. Ugotovimo lahko, da absolutni raztezek z debelino plasti sicer raste, relativni raztezek pa z debelino pada. Različni znaki na sliki (krog, trikotnik, karo) prikazujejo različne vsebnosti PDR1A v molskih deležih: 100 %, 35 %, 5 %. Opazimo lahko, da se močnejše odmika le zelo majhna vsebnost PDR1A, pri kateri se raztezek sploh ni pojavil.

Na **sliki 8** je prikazana odvisnost med močjo laserja in raztezkom [6]. Do neke meje se raztezek z močjo povečuje, potem pa se rast zmanjša in vrednost je praktično konstantna. To pomeni, da je pri tej moči pretvorba trans v cis popolna in zato nadaljnje povečevanje moči svetlobe ni potrebno.

4.3 Amorfní azopolimeri

Prednost azopolimerov pred enoatomskimi azoplastmi je v boljših možnostih oblikovanja in tvorjenja samostoječih plasti velikosti od nekaj nanometrov do nekaj centimetrov. Raziskovanje teh makroskopsko velikih materialov se je začelo leta 1966, ko je bilo prvič opaženo krčenje najlonske niti, prekrte z azobenzeno barvo, pod vplivom svetlobe. Vendar je bil v tem primeru skrček zelo majhen (0,1 %), zaradi kompleksnosti sestave materiala je bilo težko ugotoviti

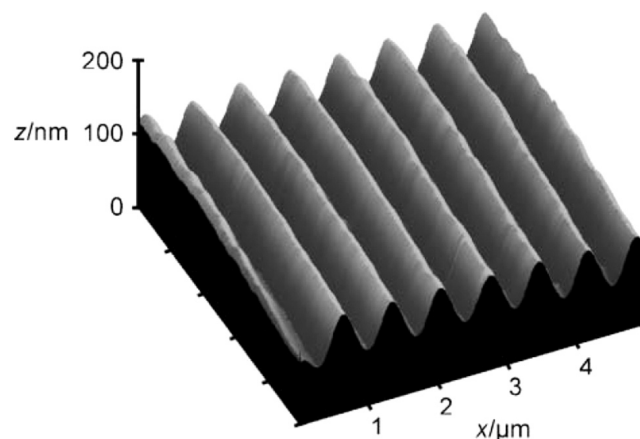
tudi vzrok skrčka. Raziskave so se nadaljevale v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je bil ugotovljen skrček polimerov s povečano vsebnostjo azobenzenov (z molskim deležem 5,4 %) pod vplivom svetlobe za 1 %. Kasneje je bilo ugotovljeno tudi, da je prva sprememba, torej sprememba po prvi izpostavljenosti svetlobi, nepovratna.

Pomembno je, da je delovanje v smeri skrčka oziroma razteška odvisno od temperature okolice. Če je presežena za material značilna temperatura, se bo ta pod vplivom svetlobe raztezal, sicer pa krčil.

Fotomehanski polimeri v obliki majhnih kroglic se pod vplivom polarizirane svetlobe spremenijo v elipsoide, pri čemer se kroglica podaljša v smeri polarizacije [2].

Tudi polimerni geli se pod vplivom svetlobe spremenijo, vendar je njihova sprememba počasna in majhna. Zato so raziskovalci sklenili, da geli niso najprimernejši za praktično uporabo [3]. Na splošno je sprejeto, da se praktično uporabljajo le fotomehanski materiali, pri katerih je odziv na svetlobo hiter in intenziven.

Eden takšnih je odziv azopolimerov, ki so izpostavljeni gradientu intenzitete svetlobe ali spreminjanju polarizacije svetlobe [2, 3]. Izkaže se, da na površini azopolimera nastane izrazit vzorec, ki sledi vzorcu gradientnega polja svetlobe oziroma njene polarizacije. Tako se močno spreminja površina polimera, in to pri temperaturah, mnogo nižjih od temperature steklastega prehoda T_g . Gladkost (ravnost) površine lahko zopet vzpostavimo s segrevanjem polimera na $T > T_g$. Vzorec na površini lahko induciramo na primer tako, da seštejemo dva koherentna laserska žarka in s tem dosežemo interferenčni vzorec na polimeru. S tem dobimo sinusni gradient intenzitete svetlobe, in tudi na polimeru se pokaže sinusni vzorec velikosti od nekaj nano- do nekaj mikrometrov. Zanimivo je tudi, da



Slika 9: Vzročena površina azopolimera, povzročena s sinusnim gradientom svetlobne intenzitete (slika dobljena z AFM) [2]

takšen odziv dosežemo pri zelo nizkih močeh laserja, reda velikosti 10 W/m^2 .

Intenzivnost odziva je odvisna večinoma od molekulske zgradbe azopolimera. Šibkeje zamreženi materiali manjših molekulskih mas izkazujejo večje odzive od močnejše zamreženih, težjih materialov, pri katerih je premikanje molekul tudi sicer zahtevnejše. **Slika 9** prikazuje primer sinusne površine vzorca. Posneta je bila z uporabo mikroskopa na atomsko silo. Opisani proces vzorčenja površine je najbolj učinkovit pri polimerih z molekulami srednje molekulske mase. Pri molekulah z večjo maso je v večini primerov transport snovi manj učinkovit, razen v posebnih primerih, na primer pri azopolipeptidih ($M \approx 10^5$) in pri azo-celuloznih polimerih ($M \approx 10^7$) [8].

4.4 Azopolimeri v obliki tekočih kristalov

Do sedaj smo predstavili amorfne azopolimere, azobenzenske gele in enoatomske plasti, pri katerih so bile v vseh primerih molekule izotropno, naključno orientirane in neurejene. Tako je bila deformacija, sprožena zaradi vpada svetlobe, enakomerno porazdeljena v vse smeri opazovanega vzorca. Kadar bi dosegli določeno stopnjo urejenosti molekul v določeni smeri, bi lahko dosegli mnogo večje in bolj nadzorovane deformacije.

V zadnjem času je bilo veliko raziskav opravljenih na področju tekočih kristalov elastomerov, ki imajo tako lastnosti tekočih kristalov kot tudi lastnosti, običajne za elastomere. Tekoče kristale delimo na nematske, smektične in druge, pri čemer pa se bomo osredinili le na nematske. To so tekoči kristali, pri katerih so dolge polimerne verige preprosto poravnane druga z drugo, kot prikazuje shema na **sliki 10**.

Pri segrevanju nematskih tekočih kristalov dobimo vse večjo izotropijo. Ko presežemo temperaturo faznega prehoda nematska faza-izotropna faza, so osnovni gradniki kristalov povsem naključno orientirani in razporejeni v prostoru. Pri tem faznem pre-



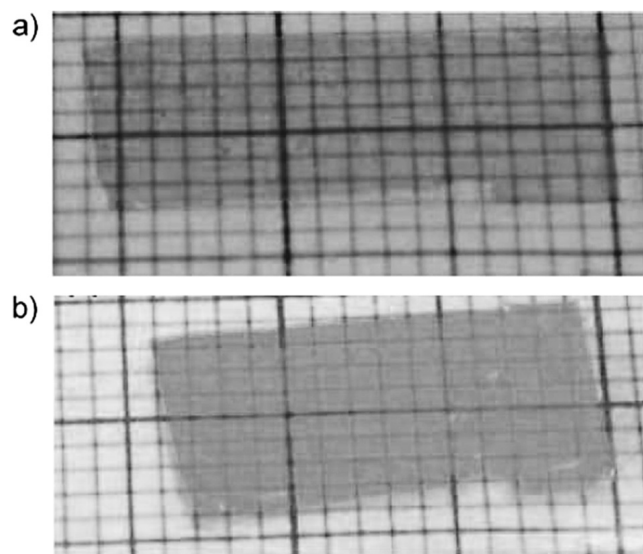
Slika 10: Shematski prikaz nematskih tekočih kristalov

hodu se vzorec tekočega kristala elastomera skrči, če pa temperaturo znižamo pod temperaturo faznega prehoda, pa se vzorec spet raztegne. Ta sprememba prostornine je lahko zelo velika. Kadar v elastomer vključimo azobenzene, ki so odzivni na svetlobo, lahko to fazno spremembo dosežemo brez spremembe temperature, torej izotermno, z obsevanjem z UV-svetlobo [3].

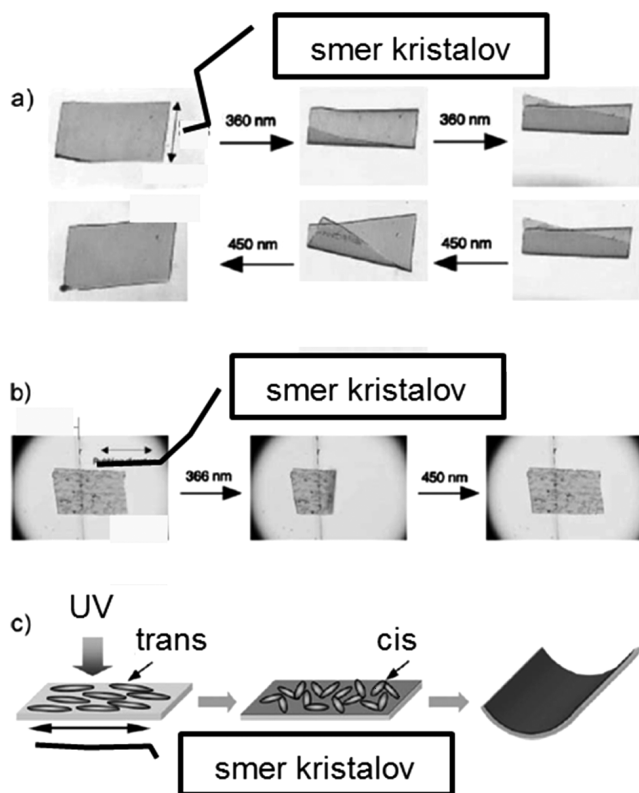
Dobra učinkovitost fazne spremembe izhaja iz kooperativnega gibanja tekočih kristalov. Ob sproženi spremembi orientacije majhnega števila molekul, namreč, spremenijo orientacijo tudi preostale. Takšen način gibanja omogoča relativno velike spremembe z malo vložene energije, saj moramo s svetlobo doseči le malo molekul (1 %), da spremenimo položaj vseh molekul v sistemu, zato se velik odziv na svetlobo doseže že pri majhnih vsebnostih azobenzenov v materialu.

Trans-oblika azobenzenov je toga in ima obliko palice. S tem je faza stabilnejša kot pri cis-obliki, kjer so molekule upognjene, s tem pa je urejenost sistema manjša. Zato je temperatura izotropnega faznega prehoda pri obliki cis T_{cc} nižja kot pri obliki trans T_{ct} . Kadar material obsevamo pri temperaturi $T_{cc} < T < T_{ct}$, se z akumulacijo deleža izomera cis temperatura izotropnega faznega prehoda materiala T_c znižuje. Ko dosežemo stanje $T_c < T$, postane material izotropen [2].

Številne raziskave so pokazale, da boljši odziv dobimo z uporabo azobenzenskih kopolimerov, kjer je azobenzenska skupina vezana v verige, kot z dopiranimi polimeri, kjer je azobenzenska skupina raztopljena v polimerni verigi, saj se pri slednjih izloči faza, ki vsebuje azoskupino, pri večjih vsebnostih azobenzena [2, 3].



Slika 11: Skrček plasti tekočih kristalov elastomerov [2]: a) osnovni vzorec; b) vzorec po prehodu trans-cis

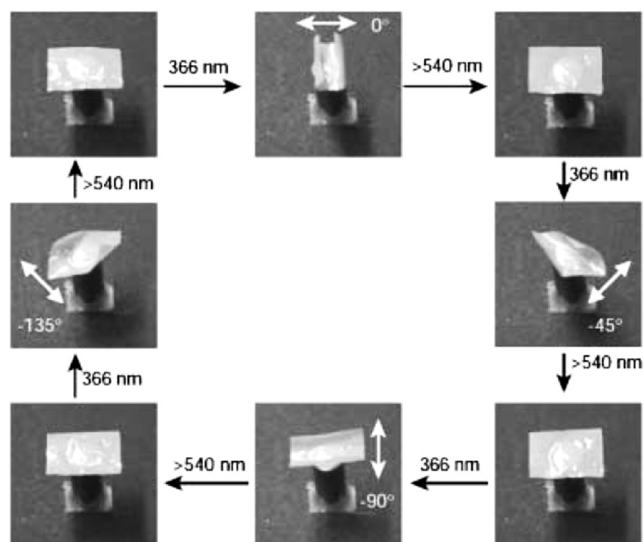


Slika 12: Upogibanje in ravnanje plasti tekočih kristalov elastomerov pod vplivom svetlobe [2]: a) upogibanje in ravnanje plasti; b) upogibanje in ravnanje za 90° obrnjenega filtra; c) teoretični prikaz

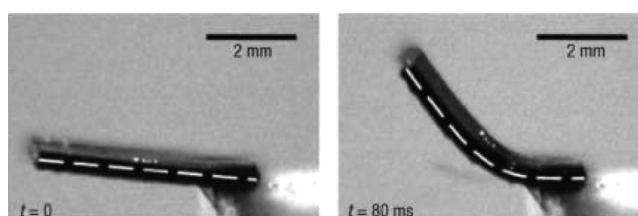
Kot smo omenili, se pri faznem prehodu nematicnost-izotropija tekoči kristali elastomerov krčijo v smeri polimernih verig, pri povratnem prehodu pa ekspanzirajo. Pri tekočih kristalih elastomerov je bil z azobenzenom na mestih križnih povezav med kristali dosežen 20-odstotni skrček pri faznem prehodu trans-cis.

Pred kratkim je bil prikazan tudi skrček tanke plasti elastomera s tekočimi kristali, pri čemer so bile polimerne verige poravnane z daljšo stranico tanke plasti elastomera. Tako je bil dobljen skrček velikosti 18 %; prikazan je na sliki 11.

Pri tekočih kristalih elastomerov pa se ne pojavljajo le skrčki in raztezki v eni ali dveh dimenzijah. Številni avtorji so dokazali tudi tridimenzionalno upogibanje vzorca ob izpostavljenosti svetlobi [3]. Slika 12 prikazuje odzivanje plasti tekočih kristalov elastomerov pri izpostavljenosti UV-svetlobi in ravnanje pri izpostavljenosti vidni svetlobi. Na slikah 12a in b je razvidno, da je os, okrog katere se plast upogiba, odvisna od usmerjenosti kristalov, saj je na slikah 12b prikazan vzorec, zavrten za 90° glede na primer slike 12a. Prav tako vidimo, da se v vseh primerih vzorec upogiba proti izviro svetlobe. Na slikah 12c je shematsko prikazana razlaga teh pojavov.



Slika 13: Vpliv polarizacije svetlobe na smer upogiba [2]



Slika 14: Upogib tekočih kristalov elastomera z raztopljenimi azobenzenom [2]

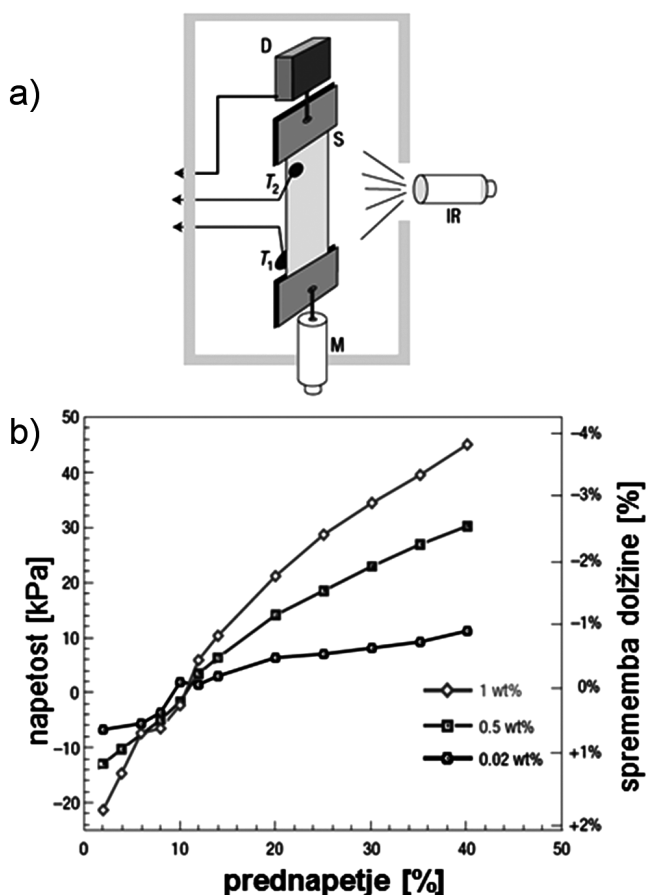
Razlog, da se v tridimenzionalnem primeru plast upogiba in ne krči, je v tem, da fotone v večini absorbirajo azobenzenne skupine na površini materiala. Tako na površini poteka prehod trans-cis in s tem krčenje. Po drugi strani ostane večina azoskupin v notranjosti materiala v trans-obliki. Ker je zgornja, svetlobi izpostavljena površina zdaj tako manjša od preostalih plasti, se material skrči, smer krčenja pa je proti viru svetlobe.

Poglejmo še, kako na upogibanje vpliva polarizacija vpadne svetlobe. S slike 13 je razvidno, da je smer upogiba vzporedna smeri polarizacije, kar pomeni, da lahko s pravilno izbiro polarizacije natančno določimo smer upogiba vzorca.

Na podobnem vzorcu, v katerem je bil azobenzen raztopljen v tekočih kristalih elastomera, pa so raziskovalci opazovali upogibanje zaradi neenakomernega obsevanja. Z ozkim curkom laserja so posvetili na vzorec, ki je ležal na vodi. Pri tem se je ta upognil za približno 60° (slika 14) in »odplaval«.

V nekaterih primerih uporabe azobenzenov s tekočimi kristali elastomerov so dosegli tlake, povzročene z obsevanjem vzorca, tudi 220 kPa, kar je primerljivo s pritiski človeških mišic (okrog 300 kPa) [2].

Opazovali so tudi kompozitne strukture [9]. V enem primeru (slika 15) je bil raziskan vzorec tekočih



Slika 15: Odvisnost skrčka materiala od prednapetja [9]: a) merilni sistem za merjenje skrčka prednapetih ogljikovih nanocevk v matrici; b) spreminjanje napetosti v nanocevkah oziroma dolžine nanocevk v odvisnosti od prednapetja in masnega deleža nanocevk v matrici elastomera

kristalov elastomera z vstavljenimi večstenskimi ogljikovimi nanocevkami. Raziskovalci so opazovali odnos med prednapetjem in skrčkom oziroma napetostjo vzorca. Merilni sistem je prikazan na **sliki 15** zgoraj. Opazimo lahko, da z večjim prednapetjem in večjim masnim deležem nanocevk relativni skrček oziroma napetost v materialu močno narašča.

4.5 Ogljikove nanocevk

Kot smo omenili že v splošnem pregledu mehanizmov, po katerih poteka sprememba lastnosti materiala zaradi svetlobe, so eden izmed materialov, ki se močno spreminja s svetlobo, tudi ogljikove nanocevk. Te močno spremenijo dolžino, ko so izpostavljene svetlobi valovnih dolžin pod 400 nm [9, 10]. Vendar pa je njihovo svetlobno odvisnost zahtevno pojasniti z enim samim mehanizmom. Zato raziskovalci verjamejo, da je odziv odvisen od več pojavov: od elastičnega raztezka, elektrostatike, toplotnega raztezka in drugih. Ovrgli so namreč, da bi bil lahko vzrok takšnega odziva le eden izmed naštetih mogočih mehanizmov.

Prav zaradi te nejasnosti glede mehanizma spremembe mehanskih lastnosti v tem članku ogljikovih nanocevk nismo posebej podrobno opisovali. Predstavili smo le primer, ko so bile cevke zalite v matrico tekočih kristalov elastomera.

5 UPORABA FOTOMEHANSKIH MATERIALOV

Uporaba fotomehanskih materialov je še na ravni laboratorijskih raziskav. Medtem ko je za azopolimerne materiale fizikalni princip delovanja že relativno dobro pojasnjen, je za druge fotomehanske materiale, na primer ogljikove nanocevk, potrebnih še precej raziskav za razvoj učinkovite teorije o delovanju. Prav zaradi takšnih začetniških preprek fotomehanskih materialov na trgu danes skoraj še ni mogoče najti.

Raziskave, ki prav v zadnjih letih in desetletjih zelo intenzivno potekajo, pa vodijo v razvoj senzorjev, aktuatorjev, dozirniov zdravil in umetnih mišic z uporabo fotomehanskih materialov.

Želja po vseoptičnem (*all-optical*) regulatorskem sistemu tli v raziskovalcih že vse od prvih idej na prelomu 19. stoletja (Alexander Graham Bell) [1]. Kasneje, z vzponom elektronike, je postajala ta želja vse močnejša, pa tudi vse bolj oddaljena, saj je elektronika prevzemala vsa pomembna regulatorska mesta, raziskovalne ter kapitalne kapacitete. Hkrati takrat še ni bilo pravih idej, kako razviti prenos informacij in moči s svetlobo. Prav to bi lahko dosegli danes z uporabo fotomehanskih materialov v senzorjih in aktuatorjih. Če bi povezali oboje z optičnimi vlakni, bi bilo omrežje popolno.

Sedaj veliko število raziskovalcev po svetu preučuje možnosti za takšne informacijsko-pogonske sisteme. Del raziskav, ki je najbolj pereč, pa so prav fotomehanski materiali in njihove lastnosti. V prihodnosti bo treba raziskati še mnogo parametrov, ki vplivajo na fotomehanski pojav in izdelati materiale, ki bodo ustrezali vsem zahtevam za opravljanje nalog, hkrati pa bodo cenovno ugodni za proizvodnjo. Vedeti moramo, da ni dovolj le raziskati fotomehanske lastnosti materiala – zraven teh je za uporabnost materiala treba poznati tudi vse druge pomembne lastnosti (trdnostne, magnetne, električne ...).

Fotomehanski materiali pa so posebej zanimivi tudi za uporabo v medicini. Na eni strani obstaja težnja po dozirniov zdravil, sproženih z uporabo svetlobe. Ideja je, da iz (amorfnih) azopolimerov tvorimo vezikle (mešičke), v katerih je zdravilo. Ko so razmere ugodne (ustrezna svetloba), se vezikel razpre in zdravilo steče v obtok. Na tem področju je treba raziskati predvsem biokompatibilnost potencialno uporabnih (polimernih) materialov. Tudi v tej smeri že poteka veliko raziskav.

Omenimo še umetne ude, ki naj bi jih raziskovali predvsem iz azopolimerov v obliki tekočih kristalov.

Ti namreč izkazujejo možnost izredno velikih deformacij, sproženih z relativno malo energije. Kot smo že zapisali, fotomehanska sprememba določenega deleža molekul povzroči deformacijo celotnega materiala, kar pa odziv na svetlobo močno ojača. Prav tako smo povedali, da je bila v določenih kombinacijah materialov že izmerjena sila (kot posledica deformacije), primerljiva s silo človeških mišic. Tudi na tem področju je uporaba materialov še v zgodnjih fazah razvoja. Ko bodo raziskovalci preučili fotomehanski del, bo tudi tukaj treba doseči biokompatibilnost materialov.

Pri vseh primerih mogoče uporabe pa lahko vidimo, da bo najprej potrebna še raziskava delovanja na makroskopskem nivoju, saj je bil do sedaj fotomehanski pojav preučevan v večini primerov na izredno majhnih, tankih vzorcih. Pri nano- in mikrotehnologiji, bodo takšni vzorci morda zadostovali, za uporabo na makroskopski ravni pa verjetno prenos ugotovitev z mikroskopskega nivoja ne bo linearen, zato bo potrebno veliko večino raziskav ponoviti še za večje vzorce. To velja posebej za umetne ude in učinkovite aktuatorje večjih razsežnosti. Kot primer uporabe večjih mas azomaterialov bi bila stegenska mišica človeka ali pa kateri izmed večjih ventilov, uravnavan s svetlobo.

6 SKLEP

V članku smo ugotovili, da so pravzaprav vsi materiali na neki način fotomehanski – z zadostnim obsevanjem lahko namreč dosežemo, da se material segreje, s tem pa povzročimo toplotno raztezanje materiala. Med fotomehanske bi lahko prišeli tudi piezoelektrične materiale, saj vpad svetlobe na material inducira tok elektronov, ta pa nato povzroči piezoelektrični efekt, to je deformacijo materiala zaradi električne napetosti. Celoten pojav imenujemo fotostrikcija. Seveda velja tudi, da kombinacija naštetih mehanizmov prav tako povzroča deformacijo materiala, kar lahko opazujemo na primer pri ogljikovih nanocevkah.

Pri raziskavi smo se osredinili na materiale, katerih odziv na svetlobo ni odvisen od kakšnega drugega pojava (od prenosa toplote ali piezoelektričnega efekta). To so tako imenovani azobenzeni, sestavljeni iz dveh fenilnih obročev in azoskupine (dvojne dušikove vezi), ki obroča povezuje. Na skupino so lahko vezani še drugi radikali, lahko pa je celotna skupina vezana v verigo katerega izmed polimerov.

Fotomehanski pojav pri azoskupini deluje tako, da dušikova vez absorbira foton, pri čemer poteka izomerna transformacija iz oblike trans v cis oziroma obratno. Vsak od izomerov ima zelo različne lastnosti, zato so takšni materiali lahko primerni za stikala, senzorje in podobno. Pojav je reverzibilen (razen za prvo obsevanje) in za različne materiale različno močan.

Azopolimere najdemo v treh različnih oblikah, ki značilno vplivajo na fotomehanski pojav. Enoatomske plasti so zelo tanke in jih navadno preiskujemo plavajoče na vodni površini. Pod pramenom svetlobe se upogibajo, krčijo ali širijo, odvisno od polimerne matrice, v katerem se nahajajo. Primerni so predvsem za osnovne raziskave fotomehanskega pojava in za raziskovanje možnosti uporabe v nanosistemi.

Amorfni azopolimeri so prav tako še v fazi intenzivnih raziskav. To so polimeri, ki vsebujejo azoskupine in ne izkazujejo urejenosti. Raziskovalci so ugotovili pomembno dejstvo, da se pri obsevanju s svetlobo na površini amorfnih azopolimerov pojavijo do nekaj sto nanometrov veliki vzorci, ki sledijo gradientu svetlobne intenzivnosti. Prav tako je pomembna ugotovitev, da se kroglasti amorfni azopolimeri pod vplivom polarizirane svetlobe spremenijo v elipsoide, podaljšane v osi polarizacije.

Oblika azopolimerov, ki je za sedaj najboljša možnost nadaljnega razvoja, pa so azopolimeri v obliki tekočih kristalov. Pri teh je bilo na mikroskopskem nivoju že izpeljanih nekaj raziskav, ki kažejo na velike prostorninske deformacije pri majhnih obsevanjih. Iz tega izhaja, da je smotrno raziskave nadaljevati in ugotoviti, ali je mogoče takšne materiale uporabljati tudi za umetne ude ali druge močnejše aktuatorje.

7 LITERATURA

- [1] NLO Source, The Nonlinear Optics Web Site: Overview of Photomechanics, www.nlosource.com/OverviewofPhotomechanics.html, zadnjič dostopano: 26. 12. 2012
- [2] C. J. Barrett, J.-I. Mamiya, K. G. Yager, T. Ikeda, *Soft Matter*, 3 (2007), 1205–1320
- [3] M. Shahinpoor, H.-J. Schneider, *Intelligent Materials*, Cambridge, The Royal Society of Chemistry, 2008
- [4] S. Reven, *Dendritski polimerni nosilci za izboljšanje vodotopnosti težko topnih zdravilnih učinkovin*, Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za farmacijo, 2012
- [5] K. G. Yager, O. M. Tanchak, C. Godbout, H. Fritzsche, C. J. Barrett, *Macromolecules*, 39 (2006), 9311–9319
- [6] O. M. Tanchak, C. J. Barrett, *Macromolecules* 38 (2005), 10566–10570
- [7] K. M. Lee, T. J. White, *Polymers*, 3 (2011), 1447–1457
- [8] K. G. Yager, C. J. Barrett, *Macromolecules*, 39 (2006), 9320–9326
- [9] S. V. Ahir, E. M. Terentjev, *Nature materials*, 4 (2005), 491–495
- [10] S. Lu, S. Ahir, V. Velasco, B. King, *Journal of Micro-Nano Mechanics*, 5 (2009), 29–41

POSLEDNJA VOLJA PRVEGA SLOVENSKEGA LETALCA (Ob 190-letnici smrti Gregorja Kraškoviča)

Stanislav Južnič

ZNAJSTVENI ČLANEK

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

POVZETEK

Prvi slovenski balonar Gregor Kraškovič je preminil v tedanjem predmestju Dubrovnika takoj po novem letu 1823. Zapletji z njegovim testamentom nam odkrivajo večplastnost njegovega zasebnega življenja, še bolj pa njegova znanstvena zanimanja za vakuumske tehnike. Čeprav se je po koncu višjih študijev zgolj poredko vračal na Kranjsko, so Slovencem nedvomno v ponos njegovi dosežki.

Gljučne besede: Gregor Kraškovič, zgodovina balonarstva, zgodovina vakuumskih tehnik, Bloke na Notranjskem, Dunaj, Dubrovnik

Last will of the first Slovenian airman (At the 190th anniversary of Gregor Kraškovič's death)

ABSTRACT

First Slovenian balloonist Gregor Kraškovič passed away in Dubrovnik suburbs soon after New Year 1823. The complications following his will unveil the difficulties of his personal life and even more his professional interests in vacuum techniques. Although after his higher studies he seldom visited his home country Carniola, Slovenians should be proudly aware of his achievements.

Keywords: Gregor Kraškovič, history of ballooning, history of vacuum techniques, Bloke of Inner Carniola, Vienna, Ragusa

1 UVOD

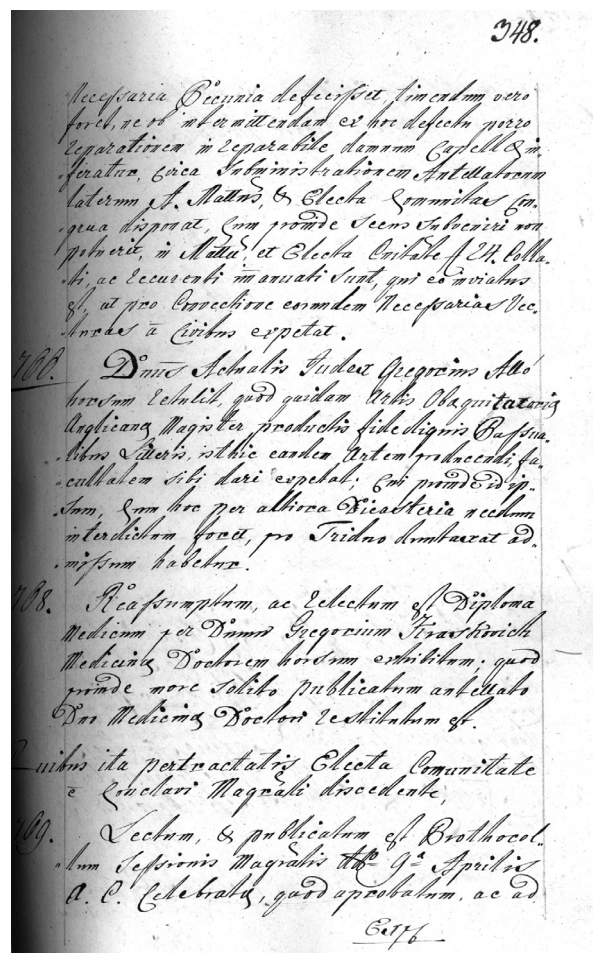
Nič ni pravičnejšega od starke s koso. Bližnje srečanje z njo je razkrilo ozadje mnogoterih popotovanj prvega slovenskega letalca; predstavilo nam je njegovo življenjsko zgodbo zunaj blišča slave njegovih poletov in vakuumskih tehnik, razvitih za polnjenje njegovih vodikovih balonov.

Prvi slovenski balonar Gregor Kraškovič (* 3. 3. 1767 Studenec na Blokah; † 1823 Pile pri Dubrovniku) je bil mlajši sodobnik drugega slovitega slovenskega zdravnika, Balthasarja Hacqueta (* 1739–1745; † 10. 1. 1815 Dunaj). Hacquet je prišel v Idrijo nekaj mesecev, preden je Kraškovič pokukal na svet; Ljubljano je zapustil tik preden se je Kraškovič tam lotil zadnjega leta nižjih študijev. Tako sta se oba učenjaka srečevala komaj na Dunaju v zadnjih petih letih Hacquetovega življenja. Nista stanovala prav daleč vsaksebi, Hacquet pa si je ves čas svojega bivanja na Dunaju lahko ogledoval dobro obiskane Kraškovičeve polete z vodikovimi baloni, ki jih je polnil z najsodobnejšimi prijemi tedanje vakuumske tehnike ob vzklikih občudujočih gledalcev.

2 TESTAMENT

Dne 2. 1. 1823 je duhovnik na Pilah ob mestnih zidovih tedanjega Dubrovnika zbral ugledne katoliške in pravoslavne trgovce iz sosesčine, da so pričali ob ustno posredovani poslednji volji že povsem obnemoglega bolnega dubrovniškega okrožnega zdravnika in raziskovalca vakuumskih tehnik za polnjenje balonov, Gregorja Kraškoviča. Dobrohotne izbrance je presenetil prihod dubrovniškega gimnazijca najstnika Gregorja Hannerja, ki ga je Kraškovič dokaj presenetljivo predstavil kot svojega sina in edinega dediča.

Čeprav Kraškovičevih stanovskih zdravniških sodelavcev ni bilo ob mrliški postelji, je starodavni Dubrovnik brlel od zgodb iz novoodkritih podrobnosti življenja slovenskega zdravnika, svetovno znanega po



Slika 1: Leta 1799 predstavljena diploma Gregorja Kraškoviča v Varaždinu (HR-DAVŽ-2, 1799, str. 348, št. 768)

vpeljavi sodobnih vakuumskih tehnik polnjenja balona in barometriških meritvah višin poletov; le-temu ni bilo pomoči in je kmalu za vekomaj zatisnil oči ob štirih zjutraj dne 5. 1. 1823 v Pilah.

Kraškovič je kot skrben oče svojega sina vpisal k piaristom na dubrovniške nižje študije, obenem pa je fanta uril v lekarniških, kirurških in vakuumskih tehnikah v prepričanju, da bo te znanosti pozneje študiral na Dunaju. Načrt se je pozneje resda nekoliko »sfižil«, saj se je Hanner namesto kirurgije na Dunaju raje lotil študija filozofije in teologije. Kraškovič je sicer svoj čas tesno sodeloval s piaristi, učitelji svojega sina. K svojemu dopisu z otoka Lastova je priložil še dopis, datiran dne 15. 6. 1822, podpisan dne 17. 6. 1822; šlo je za enostranski dopis z Mljeta, naslovljen na dubrovniško glavarstvo, s priloženimi poročili lokalnega pretorja in piaristov z nadaljevalne šole v Dubrovniku.

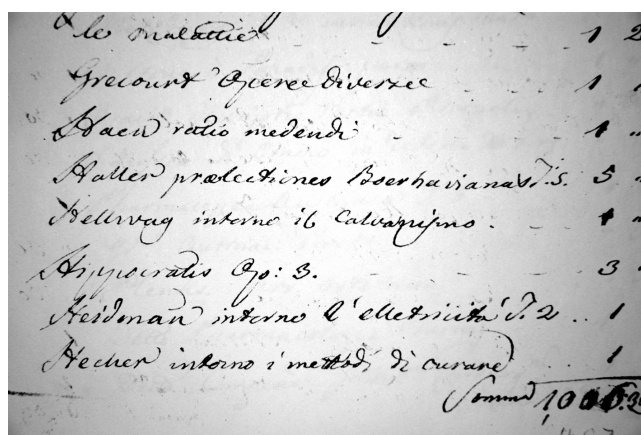
Posebno pozornost je pritegnilo poročilo gospoda fizika Kraškoviča o detonacijah na Mljetu,¹ povezanih s podzemnim vakuumom in elektriko. Dne 16. 7. 1822 je rektor in prefekt piaristične šole v Dubrovniku jezikoslovec-arheolog Francesco Maria Appendini iz Dubrovnika poročal dubrovniškemu glavarstvu na dvostranskem enolistnem pismu, da so detonacije na otoku Mljetu, začete dne 24. 6. 1822, že domala prenehale; na prvi strani je omenjal vpliv otoških votlin. Dopis je bil na glavarstvu zaveden 19. 7. 1822 in 2. 8. 1822 s podpisom komisarja dubrovniške Kresije Giovannija Trombe. Tisti čas je bil posvetni župnik pater Giovanni Battista Campsi profesor matematike, naravoslovja in fizike v Dubrovniku;² bržkone je bil doma iz danes albanskega Skadra, očitno pa ni dovolj spodbujal Hannerjevega podedovanega zanimanja za vakuumske tehnike.

Vsa gimnazijska leta in študij na Dunaju je Hanner uporabljal predvsem očetovo zapuščino; Kraškovič je še predobro vedel, kako to dobro dene odraščajočemu dijaku, saj je bil sam svoj čas prisiljen žuliti marsikatero bogataško kljuko, da se je prebil do študija, balonskih tesnil in ventilov. Pri tem je imel Kraškovič tudi izjemno srečno roko pri izbiri oskrbnika sinu namenjene zapuščine. Prijatelj Franc Ludvik Regner vitez Bleileben (Bleyleben, † 23. 12. 1854)³ je dosegel celo plačilo 600 fl Kraškovičeve zadnje letne plače, čeprav je Kraškovič umrl takoj v začetku leta 1823; obenem je oskrbel reden dotok denarja za vzdrževanje Kraškovičevega sina.

3 KNJIGE O VAKUUMSKIH TEHNIKAH

V Kraškovičevi zapuščini je bila izbrana zbirka predvsem strokovnih knjig,⁴ namenjenih medicini in vakuumskim tehnikam. Popisali so jih v naselju Pile; zlatnino so si ogledali po slabem tednu, knjige in drugo pa mesec dni po Kraškovičevi smrti 5. 2. 1823. Zapuščina je obsegala nenavadno mnogo zlatnine, namiznih in prenosnih ur, teleskop ter zdravniške pripomočke, oblikovane na osnovi sodobnih dosežkov vakuumskih tehnik; ob tem pa še veliko pričakovanih osebnih stvari. Nekatero postavke iz zapuščine so bile sporne, saj Kraškovič ni bil lastnik svojega dubrovniškega stanovanja in so mu bili nekateri vakuumski in drugi pripomočki na voljo zaradi njegovega poklica; oblasti so jih ob namestitvi novega kirurga skušale dobiti nazaj. Pri tem je oskrbnik Regner pokazal zvrhano mero zavzetosti, da je uspel čim več iztržiti za sina svojega pokojnega prijatelja Kraškoviča.

Za znanstveno pot Kraškoviča so v njegovi zapuščini seveda najbolj zanimive knjige o plinih, vakuumu in elektriki: med desetimi medicinskih in drugih pripomočkov nas bodo tu zanimale predvsem priročniki, ob katerih se je oblikoval kot vakuumist in kemik. Na osmi strani so začeli popis njegovih knjig pod podnaslovom *Libri, Carte Geografiche e Globi Terrestri*. Zemljevidov je bilo osem, po opombi sodeč v Kraškovičevem jeziku;⁵ seveda si težko predstavljamo kaj slovenskega pred zemljevidom Petra Kozlerja, ki je izšel komaj četrstoletja pozneje. Sledila sta dva majhna globusa Zemlje, vsak ocenjen na en forint.



Slika 2: Heidmannov in Hellerwagov priročnik za raziskovanje električnih in vakuumskih pojavov, naštet v Kraškovičevi zapuščini na drugem oziroma četrtem mestu, štetem od spodaj; nad njima sta zapisani knjigi Boerhaavejevih učencev (HR DADU 156, Sez. E, Fasc. VI, št. 45)

¹ HR DADU 81, 1822, Tern. VII, sklic na št. 4070/374 in št. 345

² HR DADU 81, 1822, Tern. VII, št. 297; *Almanacco*, 1819, 122

³ *Gazzetta (ufficiale) di Zara*, 6. 2. 1835, str. 42; Wagner, Kudler, Dolliner, 1839, 495

⁴ HR DADU 156, Sez. E, Fasc. VI, št. 45

⁵ *Mappe numero ottanta otto a Lui lingue*, ocenjeno na 7 fl 20 kr (HR DADU, Sez. E, Fasc. VI, št. 45)

Šele nato so se meščani lotili popisovanja knjig po abecednem redu, saj je bil prvi na vrsti Benečan Prospero Alpini (* 1553; † 1617) z dvema knjigama, med katerima je bila druga njegova slovita *Medicina Egiptiorum Libri 4*. Po Arnoldijevi angleški slovnici je sledila Avicennova arabska *Medicina* s principi in kanoni kar v dveh izvodih, ki kažeta Kraškovičevo izjemno klasično izobrazbo; Avicenna je nasprotno od Aristotela dokazoval možnost gibanja v vakuumu. Kraškovič je kupil številna dela o spolnih in ženskih boleznih, med njimi dela Johanna Friedricha Fritzeja in Giambattista Monteggia;⁶ seveda pa ni pogrešal niti dela o cepljenju svojega švicarskega prijatelja Jeana De Carroja (* 1770 Ženeva; † 1857 Karlovy Vary),⁷ ki se je v cesarsko mesto preselil leta 1795 in z Dunaja pošiljal Kraškoviču cepivo v Varaždin.⁸

E r f a h r u n g e n
über die
Heilkräfte
des
G a l v a n i s m u s,
u n d
B e t r a c h t u n g e n
über denselben
chemische und physiologische Wirkungen;
R mitgeteilt
von
Christoph Friedrich Hellwag,
Dr. der Weltweisheit und AK., Hofrath, Leibarzt
und Physikus in Eutin;
u n d
Beobachtungen bey der medicinischen Anwendung
der Voltaischen Säule,
v o n
Maximilian Jacobi,
Dr. der Arzneygelahrth. und Stiftsuarzte in Eutin.

Mit einer Kupfertafel.

Hamburg, 1802,
bey Friedrich Perthes.

Slika 3: Naslovna stran Hellwagove in Jakobijeve knjige o zdravljenju z elektriko iz leta 1802, ki jo je uporabljal Kraškovič.

Kraškovič si je kupil knjige Boerhaavejevih učencev: *Ratio medendi in nosocomio practico Vindobonensi* Antona de Haena (* 1704; † 1776) ocenjeno na 1 fl, Albrecht von Hallerjeve *Praelectiones Boerhavinus* in van Swietenove komentarje Boerhaaveja; Herman Boerhaave je v Leydnu skupaj z Musschenbroekom razvijal vakuumske črpalke in je leta 1712 začel uporabljati vakuumsko črpalko v svojem kemijskem laboratoriju.

Kraškovič je bral odmevno delo Christopha Friedricha Hellwaga (* 1754; † 1835) o začetkih zdravljenja z elektriko. Hellwag je doktoriral v Tübingenu;⁹ postal je začetnik Jennerjevega cepljenja na jugu Schleswig-Holsteina,¹⁰ podobno kot Kraškovič v Varaždinu. Hellwaga je zanimala Newtonova teorija barv¹¹ v prepričanju, da nimamo opraviti s sedmimi, marveč zgolj s štirimi enostavnimi barvami oziroma žarki različne lomnosti; ob tem je zavračal nekatere postavke Kircherja, Newtona, Goethejevega jezuitskega predhodnika Louisa Bertranda Castela (* 1688; † 1757) in Leonharda Eulerja. Dopisoval si je z Goethejem in Kantom, leta 1776 pa je priobčil botanično raziskavo o krvomočnici. Kraškovič je nabavil Hellwagovo 136 strani dolgo in s skico naprave ozaljšano knjigo o začetkih zdravljenja z elektriko.

Pri pisanju je Hellwaga leta 1802 dopolnil sin filozofa Friedricha Heinricha Jacobija, Maximilian Jacobi (* 1775; † 1858); tiste dni je bil Maximilian Jacobi skupaj z Hellwagom zdravnik v mestu kot Goethejev dopisovalec in začetnik psihologije blodenj. Hellwag in Jacobi sta opisala svoje izkušnje pri priključitvah pacientov na Voltove baterije, razvite z vakuumskimi tehnikami,¹² ki niso vedno najboljše dele nič hudega slutečim bolnikom.

Hellwag je leta 1818 pisal o Evklidovem enajstem principu, danes raje imenovanem peti postulat, ki je pozneje pripeljal do neevklidskih geometrij. Leta 1824 je objavil raziskavo o živem in neživem svetu gibanja.¹³

Kraškovič je seveda prebiral tudi tridelno Hipokratovo knjigo, ovrednoteno na 3 fl, predvsem pa si je k srcu vzel učbenik elektrike svojega sodelavca Johanna Florianana Antona Heidmanna (* Jáchymov (Sankt Joachimsthal) na Češkem blizu saške meje; † 7. 12. 1855 Dunaj) naperjen proti Volti v prid Galvanijeve teorije oksidacije.¹⁴ Heidmann je knjigo posvetil dol-

⁶ Monteggi, 1792/1806. *Compendio sulle malattie veneree*, Pavia, Venezia, Milano

⁷ Kraškovič, 1805, 479

⁸ Carro, *Intorno la vaccinazione*, vredno 20 kr (Carro, Portenschlag, 1802)

⁹ Hellwag, 1781

¹⁰ Pfaff, Hellwag, 1800

¹¹ Hellwag, 1835

¹² Hellwag, Jacobi, 1802

¹³ Hellwag, 1824

¹⁴ Heidmann, 1807, 97–104

**P. T. Herr Schmidt, k. k. Rath, Stabsfeld-
arzt, und Prof. an der k. k.
Josephinischen Akademie.**

— — — **Schütz (Georg) Lieutenant bey
der k. k. Artillerie,**

— — — **Terrix (v.) Obristlieutenant.**

— — — **Thürkhaim (Ludw. Freyhr. v.)**

— — — **Tomasoni (v.) Ritter.**

— — — **Vega (v.) Major bey der k. k.
Artillerie.**

— — — **Wrbna (Graf Rudolph v.)**

— — — **Zauner (Peter).**

Für das Kabinet im k. k. Gushause.

Sechs Ungenannte in Prag.

Ein Ungenannter in Schemnitz.

Acht Ungenannte in Wien.

Slika 4: Jurij Vega kot prednaročnik, zapisan v 9. vrstici drugega dela Heidmannovega priročnika o elektriki in vakuumski tehniki iz leta 1799, ki ga je uporabljal Kraškovič.

goletnemu profesorju matematično-fizikalnih ved, Gruberjevemu sodelavcu, Vegovemu dobrotniku in jezuitskemu zapisovalcu zgodovine ljubljanskega kolegija med letoma 1772–1778 Jožefu Jakobu Liberatusu Maffei u. pl. Glattfortu (* 15. 8. 1742 Gorica; † 1807 Dunaj). Slednji je odšel na Dunaj za zasebnega učitelja matematike, mehanike in fizike, nato pa celo tajnika poznejšega feldmaršala kneza Jožefa Marije Colloredo-Walseja (Waldesee, Wallsee, * 1735; † 1818). Tik pred natisom Heidmannovega dela je postal prošt v Stari Boleslavi severovzhodno od Prage in prelat češke kraljevine. Prostožidar Maffei je bil nadvse priljubljen med svojimi dijaki, saj mu je tudi Vega posvetil drugo izdajo svojega logaritemsko-trigonometrijskega priročnika leta 1800.

Heidmann je domneval, da delovanje elektrike v vakuumu sproža večino kemijskih pojavov;¹⁵ domneva se je pri poznejših raziskovalcih še stopnjevala, tako da danes lokalne površinske neurejenosti navzven nevtralnih električnih nabojev »krivimo«¹⁶ celo za dobršno mero bioloških vplivov.¹⁶ Heidmann je navaljal izumitelja vakuumske črpalke Otta Guerickeja,¹⁷ prav tako pa prvega resnega zgodovinarja vakuumskih naprav in elektrotehnik Josepha Priestleyja.¹⁸ Heidmanna je posebno zanimal Volta,¹⁹ prav tako pa Beccaria, Wilcke in njegov rusko-nemški sodelavec

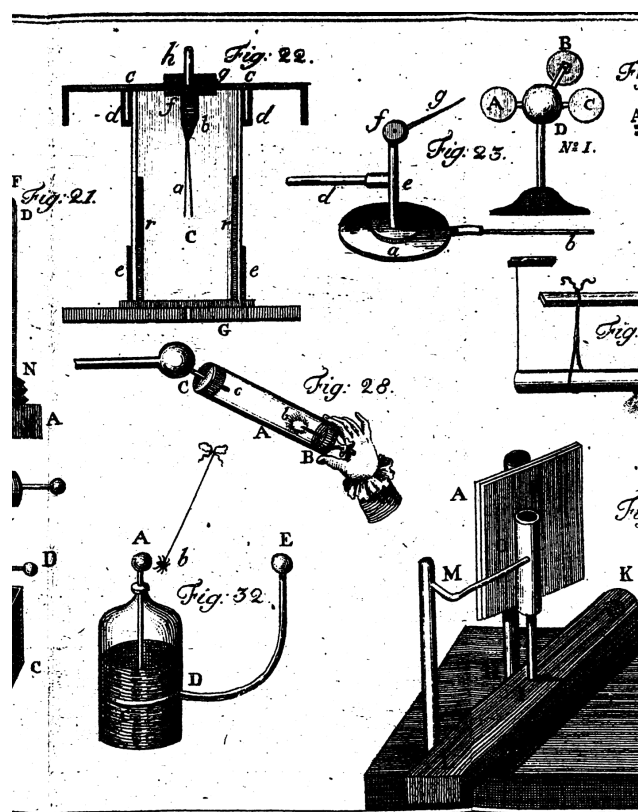
¹⁵ Heidmann, 1799, 1: III (knjiga, ovrednotena na 1 fl.)

¹⁶ Naji, Sarabadani, Dean, Podgornik, 2012, 24

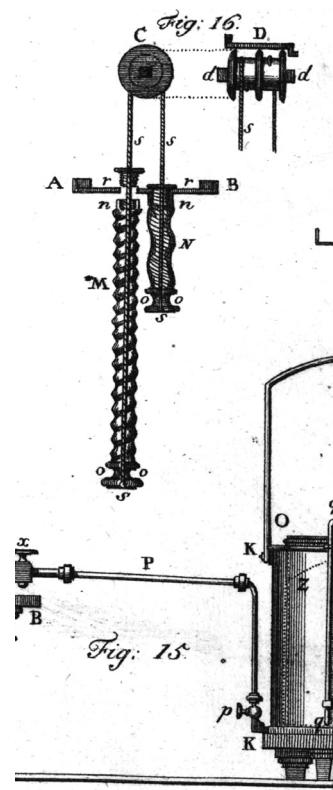
¹⁷ Qiericke (Heidmann, 1799, 12–13)

¹⁸ Pomotoma Prisley (Heidmann, 1799, 1: 67)

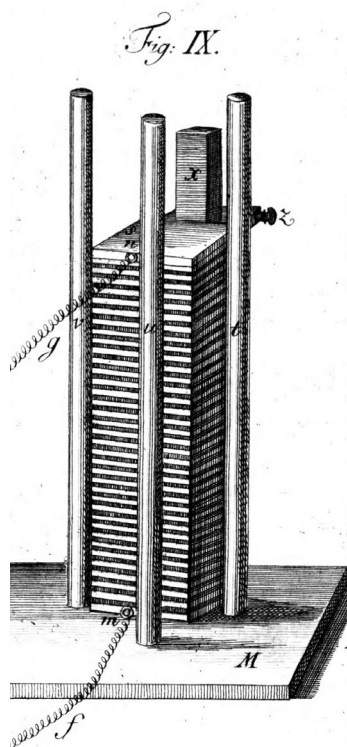
¹⁹ Heidmann, 1799, 1: 89



Slika 5: Tretja tabla slik s prednikom katodne elektronke na sliki 28 iz prvega dela Heidmannovega priročnika o elektriki in vakuumski tehniki iz leta 1799, ki ga je uporabljal Kraškovič.



Slika 6: Peta, zadnja tabla slik iz prvega dela Heidmannovega priročnika o elektriki in vakuumski tehniki iz leta 1799, ki ga je uporabljal Kraškovič.



Slika 7: Slika IX z baterijo iz Heidmannovega priročnika o elektriki in vakuumski tehniki iz leta 1804

Franc Aepinus ob raziskovanju Voltovega elektroforja.²⁰ Poznal je razglabljanja nekdanjega ljubljanskega fizika in rektorja Amschlla o naelektritvah v steklu.²¹

Heidmann si je elektrofor ogledal v leta 1795 ustanovljenem fizikalno-naravoslovnem kabinetu Simona Eberleja (* 1756; † 24. 12. 1827 Dunaj);²² ubogega duhovnika Eberleja so kmalu nato leta 1801 na hitro upokojili zavoljo razsipništva, zagrešenega gotovo tudi pri nakupu dragega elektroforja in vakuumskih črpalk. Seveda je bil Eberle med prednaročniki drugega dela Heidmannove knjige dne 25. 3. 1799 skupaj s topniškim majorjem Jurijem Vego.²³ Heidmannova je zanimala predvsem teorija elektroforja Jana Ingenhousza (* 1730; † 1799),²⁴ ki je skupaj z drugimi razglabljanji tistih let temeljila na zgodnjih dosežkih A. Hallersteinovih pekinških jezuitov. Heidmannovi povzetki poskusov Jacquesa Alexandra Cesara Charlesa in drugih z oksidacijo kovin ob električni iskri v vakuumu in gorljivem zraku-vodik²⁵ so Kraškoviča še

posebej zanimali ob iskanju primernih polnitev za njegove vodikove balone.

Heidmann je zelo čist vodik za elektrodinamične poskuse pridobival enako kot Kraškovič za svoje balone, torej po oksidaciji železa ali cinka z žveplovo kislino, ki jo je njega dni še vedno po srednjeveško imenoval vitriolovo kislino. Recipient je izpraznil na 1/168 bar, kar je bil tedaj videti kar zavidanja vreden vakuum. Železov kršec je tudi v praznem prostoru še vedno privlačil magnet, kot je dokazoval tudi francoski mineralog Jean-Claude Delamétherie (Méthérie, * 1743; † 1817) onstran tedanje vojno obarvane železne zavese v Parizu. Pri vakuumskih poskusih je Heidmann pod izpraznjen zvon prostornine 42 kubičnih palcev (0,7 litra) postavil za palec (inč) dolg vodnik iz zlata in skozenj spustil tok močno nabite baterije, ki je povzročil oksidacijo površine vodnika.

Pri drugem poskusu je disk recipienta in del vodnika ovil z belim papirjem, tako da sta oba papirja po pretoku elektrike poškratela. Le del ovojnega papirja je prekrila tanka plast zlata, del vodnika pa je poapnel.²⁶ Poapnenje kovinskih lističev se je v vodikovi atmosferi posrečilo prav tako dobro kot v kisikovi med Heidmannovimi ponovitvami poskusov Kraškovičevega pariškega vzornika Charlesa.²⁷

Heidmann je promoviral na Dunajski medicinski fakulteti leta 1797, eno leto po Kraškoviču; leta 1804 je kot član dunajske medicinske fakultete zdravil na Weyburggasse št. 964 v samem središču mesta vzhodno od Grabna²⁸, kar ni bilo daleč od tedanje Kraškovičeve ordinacije v okraju Wieden. Leta 1804 je že po Voltovem izumu baterije objavil raziskavo uporabe galvanskega člana za preiskovanje navideznih smrti in s sodobnega stališča razmeroma okrutnih poskusov z močnim električnim tokom na živalih,²⁹ knjigo je posvetil svojemu in Kraškovičevemu učitelju Prochaski. Leta 1837 je bil med ustanovitelji in prvi tajnik Dunajskega medicinskega društva.

Kraškovič je kupil Umetnost medicine Johannaesa Hirna; prav tako je nabavil nepogrešljivo Kemijo in Farmacijo, ki sta ju sestavila oče in sin Jacquin; vrhunska strokovnjaka Joseph baron Jacquin (* 1766; † 1839) in Nikolaus Joseph baron Jacquin (* 1727; † 1817) sta bila seveda nečak in brat Ingenhouszove soproge. Kraškovič ni pogrešal niti dveh izvodov knjige o porodništvu svojega luksemburškega pred-

²⁰ Heidmann, 1799, 1: 261

²¹ Heidmann, 1799, 1: 279

²² Heidmann, 1799, 1: 297, 301

²³ Heidmann, 1799, 2: II, IV

²⁴ Heidmann, 1799, 1: 305

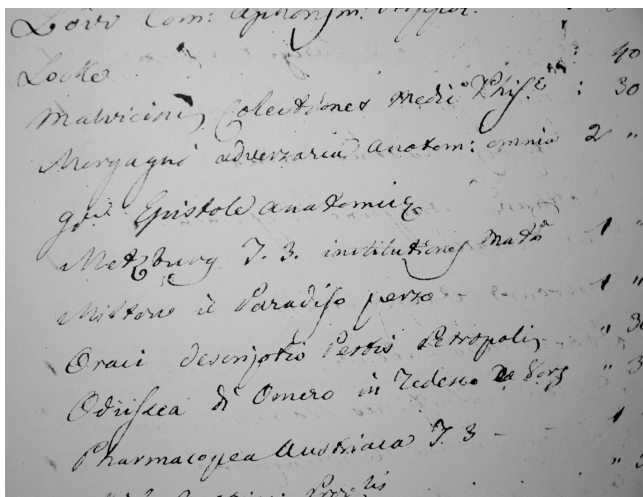
²⁵ Heidmann, 1799, 2: 245–246

²⁶ Heidmann, 1799, 2: 247

²⁷ Heidmann, 1799, 2: 255

²⁸ Naveden z imenom Anton Haidman (Phillebois, 1798, 60; *Hof- und Staats- Schematismus der röm. Kaiserl. auch kaiserl.-königl. und erzherzoglichen Haupt- und Residenz-Stadt Wien*. Wien: Joseph Gerold, 1804, 305)

²⁹ Heidmann, 1804



Slika 8: Metzburgov učbenik za raziskovanje vakuumu in plinov, naštet v Kraškovičevi zupuščini na četrtem mestu, štetem od spodaj (HR DADU, Sez. E, Fasc. VI, št. 45).

hodnika na položaju okrožnega zdravnika Joannisa Baptista Lalangua (* 1743; † 20. 5. 1799 Varaždin), ki je veljala za prvo hrvaško pisano strokovno medicino.³⁰ Bral je Giambattista Morgagnijeva pisma o anatomiji, predvsem pa Metzburgov fizikalno-matematični učbenik.

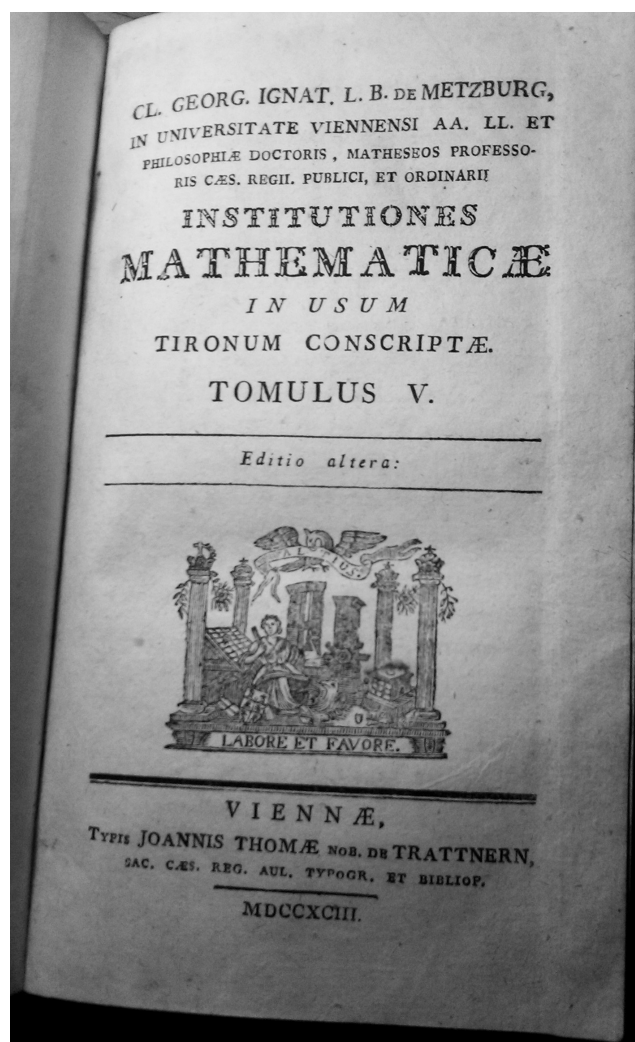
Baron Georg Ingaz von Metzburg (Mezburg, * 24. 6. 1735 Gradec; SJ 17. 10. 1751 Dunaj; † 3. 5. 1798 Dunaj) je začel priredbe Newtonovih poskusov, svoj učbenik pa je objavil v številnih ponatisih in je zato danes težko dognati, katero izdajo je uporabljal Kraškovič. Kraškovičeva knjižnica je bila namreč pozneje prodana na dražbi, sam posmrtni popis knjig pa nima letnic natisa. Čeprav ga Kraškovič ni navajal med svojo literaturo o letalstvu leta 1810, je bil njegov poglavitni pisec o plinih prav dunajski profesor Metzburg³¹ v knjigi, ki jo je rad bral tudi ljubljanski frančiškan Ivo Bonelli kot profesor v Innsbrucku, ki tisti čas ni bil daleč od tirolskih meja Ilirskih provinc s središčem v Ljubljani.

Bonelli je svoje ime vpisal v večino tedanjih knjig, posvečenih vakuumskih tehnikam v ljubljanski frančiškanski zbirki. Ljubljanski frančiškani so nabavili kar tri različne izdaje Metzburgovih predavanj, vsako v sedmih delih. Komaj kaj manjša je bila priljubljenost tega čtiva pri njihovih sosedih, saj so dve Metzburgovi zbirki nabavili baroni Erbergi, niso pa manjkale niti na ljubljanskem liceju.³²

Metzburg je, podobno kot sam Kraškovič, svoje poznanje vakuumskih tehnik preizkusil neposredno na balonih, čeprav zaradi starosti sam bržkone ni letel. Graški tiskar in raziskovalec meteoritov Alois Beckh-

Widmanstätten (Aloys Joseph Franz Xaver Beckh Edler von Widmanstetten, * 1754 Gradec; † 1849 Dunaj) je pred kakimi 800 gledalci spustil balon 200 m nad Dunaj v pozneje Kraškovičevem 4. okraju Wieden z vrta dvornega tajnika rudarskih kovnic Antona Wenzel von Damma. Nekdanji jezuit Ignaz Metzburg je nastopal kot cenzor ocenjevalec balonarskega podviga dne 14. 1. 1784 in spomladi 1784 po večmesečnih preizkusih v zaprtih prostorih, začetimi konec leta 1783.³³ Metzburg je plinom posvetil prvih 57 strani petega dela svojih matematičnih lekcij.

Podrobno je opisal Francesco Lana Terzijevo vakuumsko letalo kot predhodnika Kraškovičevih novodobnih vzornikov Montgolfierja in Jean François Pilatre de Roziera (* 1756; † 15. 6. 1785). Predstojnik



Slika 9: Naslovna stran Metzburgove pete vakuumu posvečene knjige pri ljubljanskih frančiškanih (Metzburg, 1793, 5, FSLJ-14 d 32, z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM)

³⁰ Hirm Art: Medic: 1 fl; Jaquins Istruzione Chimiche 40 kr: Lalanguie di Gio:Batt: 30 kr – dva izvoda

³¹ Tomi 3 *Institutiones Mathematicae*: ocenjena vrednost 1 fl (HR DADU 156, Sez. E, Fasc. VI, št. 45; Metzburg, 1793, 5: 32); Metzburg, 1769

³² FSLJ-14 d 32; Cantor, 1901, 3: 77

³³ Pär, 2011, 42

INDEX CAPITUM.	
AEROMETRIÆ.	
	pag.
CAPUT. I. <i>Notiones generales Aerometriae</i>	I
CAPUT. II. <i>De aëlia pneumatica</i>	6
CAPUT. III. <i>De gravitate, & pressione aeris</i>	14
CAPUT. IV. <i>De compressione aeris</i>	24
CAPUT. V. <i>De æquilibrio aeris cum aliis corporibus</i>	30
CAPUT. VI. <i>De Ventis</i>	36
CAPUT. VII. <i>De machinis in gravitatem aeris &c. inquirendi</i>	40
HYDRAULICÆ.	
CAPUT. I. <i>Notiones Generales Hydraulicæ</i>	58
CAPUT. II. <i>De Curfu fluminum</i>	75
)(2 CA-	

Slika 10: Kazalo začetnega poglavja o zraku in vakuumu z drugim poglavjem (*Caput*) o vakuumskih črpalkah iz Metzburgove knjige, shranjene pri ljubljanskih frančiškanih (Metzburg, 1793, 5 (FSLJ-14 d 32), z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM)

pariškega muzeja Pilatre de Rozier je srečno naredil mit iz poleta mlajšega Montgolfierja, ki ga je opazoval sam kralj; vladar je sprva hotel pod balon spraviti kaznjence, a Rozier si je uspešno zase izprosil to čast, ki pa jo je žal gnal predaleč. Bil je pretirano zaverovan v možnost poleta pod hibridnim vodikovim toplozračnim balonom, kar ga je stalo glave zaradi elektrostatičnega praznjenja kovinske konstrukcije; o nesreči je v celostranskem članku nemudoma poročal tudi ljubljanski časopis.³⁴

Jean Pierre François Blanchard (* 1753; † 1809) je Rozierovo domisljico previdneje izkoristil³⁵ in s poleti nad Dunajem »okužil«³⁶ tudi Kraškoviča. Metzburg je natančno opisal in narisal ventile svojih raznovrstnih vakuumskih črpalk,³⁶ ki jih je Kraškovič poldrugo desetletje pozneje s pridom priredil za regulacijo tlaka svojih vodikovih balonov. Samo visoko dognana pri vakuumskih črpalkah razvita tehnika zaklopk je omogočala varno dvigovanje in spuščanje tedanjih balonov, pa še ta je včasih odpovedala zaradi zmrzovanja pri nepričakovano nizkih temperaturah in tlakih v višavah.

V svojih matematičnih tezah se je Metzburg najprej loteval algebre, nato geometrije, kotov, trikotnikov in Hipokratovih postulatov o površini trikotnikov. V zadnji tezi je študent moral narisati krožnico skozi dane tri točke.³⁷ Seveda v prvih učbenikih niso mogli zlahka vključiti Boškovičevih idej iz splošne fizike v

INDEX CAPITUM.	
CAPUT. III. <i>De idu seu percussione aquae in plana opposita</i>	93
CAPUT. IV. <i>De machinis usitatoribus, quae effectum per aerem & aquam simul praestant</i>	104

ELEMENTA AEROMETRIÆ.	
CAPUT I.	
NOTIONES PRÆLIMINARES AEROMETRIÆ.	
DEFINITIO I.	
1. <i>Aerometria est scientia, quæ in naturam & proprietates aeris inquit, ac de æquilibrio & pressione ejusdem agit.</i>	
DEFINITIO II.	
2. <i>Aer est corpus fluidum, elasticum, superficiem telluris ambiens, quod ad determinatam altitudinem supra tellurem sese extendit.</i>	
Metz. Aerom. P. F. A DE.	

Slika 11: Začetek poglavja o zraku in vakuumu Metzburgove knjige, shranjene pri ljubljanskih frančiškanih (Metzburg, 1793, 5 (FSLJ-14 d 32), z dovoljenjem prof. dr. Mirana Špeliča, OFM)

³⁴ Kraškovič, 1810, 23, 56; Laibacher Zeitung (21. 7. 1785), številka 29, stran 3

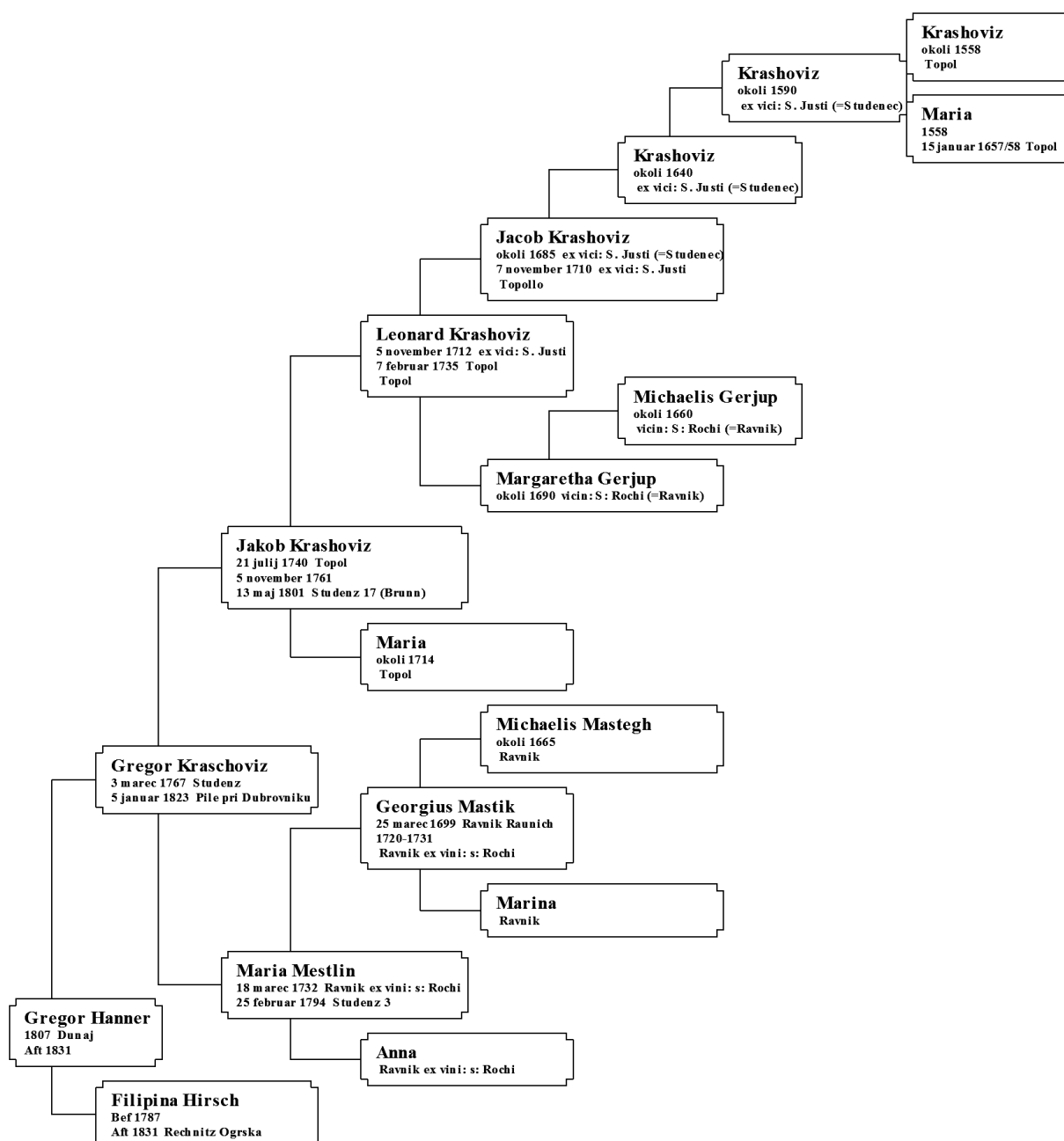
³⁵ Metzburg, 1793, 5: 32–33

³⁶ Metzburg, 1793, 5: 104–105 (tabla slik 2, slike 18–22)

³⁷ Metzburg, 1773, teze 75, 79, 85, 89, 90, 100

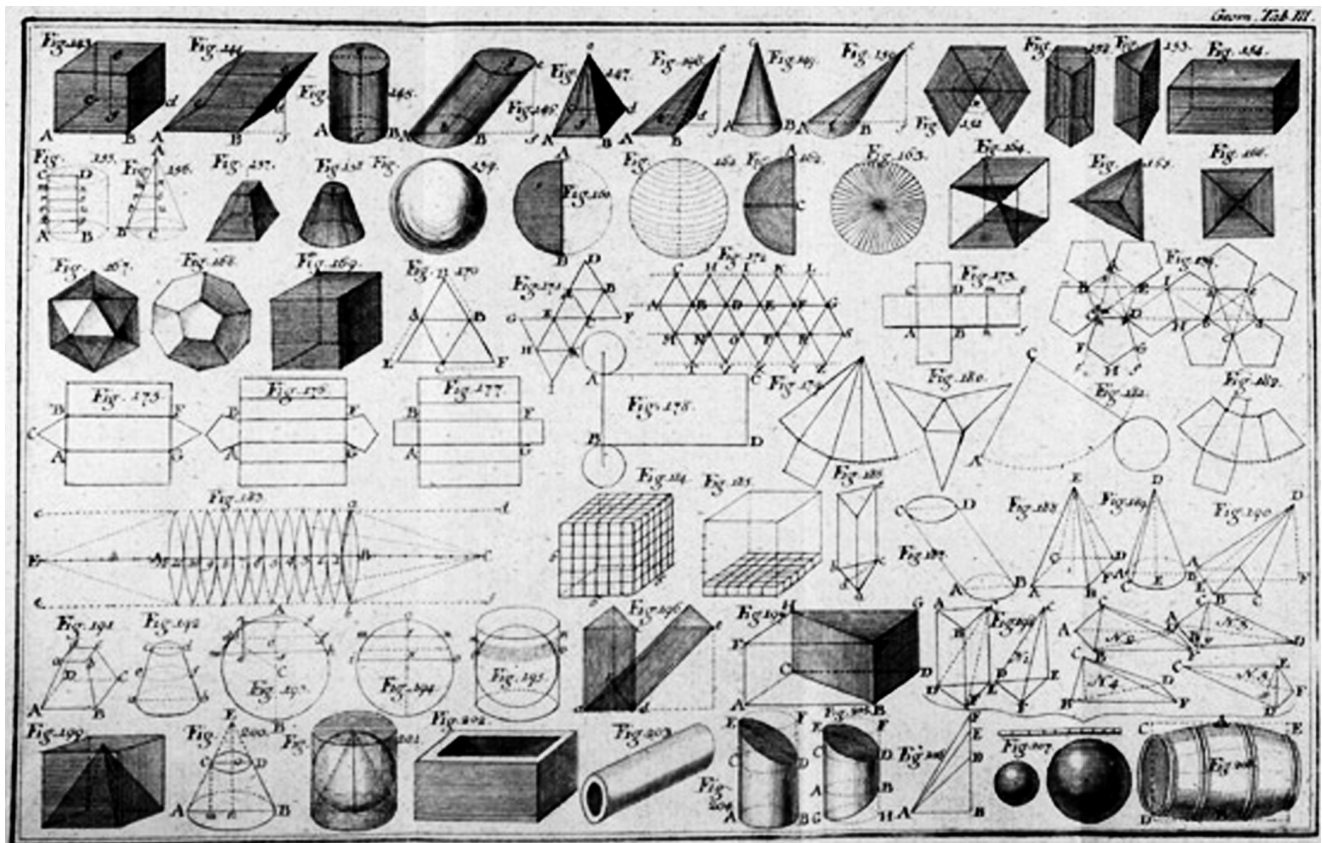
knjige o uporabni matematiki. V prvi izdaji učbenika za triletne liceje je nekdanji jezuit Metzburg objavil tri knjige s tabelami logaritmov na koncu, vendar Boškovića ni omenil. V zaključni knjigi je obravnaval uporabno matematiko, predvsem geodezijo, ki je bila paradni konj Boškovića in drugih jezuitov. V drugi izdaji poldrugo desetletje pozneje je dodal štiri knjige o mehaniki, aero- in hidrodinamiki z vakuumskimi tehnikami, optiki ter astronomiji. Kljub kratkemu splošnemu uvodu tudi to pot ni omenil Boškovića, čeprav je, denimo, navajal poskuse s prostim padanjem Ricciolija, Grimaldija in Galileija.³⁸

Bošković je imel osrednjo vlogo v knjigah Metzburgovega sodelavca Jurija Vege, ki je predaval na sosednji topniški šoli. Vega je izdajal svoja predavanja vzporedno z drugo izdajo Metzburgovega učbenika. Kot izkušen geodet je imel Metzburg veliko lepše slike iz svojega področja, Vega pa ga je kot navigacijski inženir in topničar prekosil v hidrodinamiki in balistiki. Metzburg je v drugi izdaji objavil sedem delov v treh knjigah in pri tem nasprotno od Vege izdal tudi knjigi o optiki in mehaniki. Morda je imel tudi Vega takšen namen, saj bi bile vsaj optične naprave koristne tudi za vojaške meritve; predstojnik Collo-



Slika 12: Predniki prvega slovenskega balonarja Kraškovića

³⁸ Metzburg, 1795, 4: 16



Slika 13: Slike iz Metzburgovega priročnika vakuumske tehnike iz leta 1775, ki ga je uporabljal Kraškovič

redo je namreč Vega priganjal k izdajanju knjig in je morda imel v mislih tudi povzetek tedanjih vakuumskih tehnik. Seveda ne Metzburg ne Vega nista obravnavala toplote, magnetizma ali elektrike kot samostojnih poglavij v svojih knjigah, saj so imela ta področja povsem drugačno tradicijo v posebni fiziki zunaj uporabne matematike Aristotelove sheme.

Dne 15. 6. 1787 je Vega ob drugih pomembnih znanstvenikih opazoval sončni mrk z dunajskega observatorija. Dvornega astronoma Hella je tam spremljal adjunkt Triesnecker, ki je pozneje Kraškoviču omogočil polete iz prostorov dunajske astronomske opazovalnice. Niso pogršali niti profesorja fizike in mehanike Güssmanna s študenti,³⁹ profesorja matematike barona Metzburga, Jurija Vego z bombardirskega kora ali geometra in geografa Wussina; mrk je z druge lokacije na Dunaju opazoval Hellow pomočnik od leta 1753 Anton Pilgram. Poročila o opazovanju so bila že po petih dneh objavljena v časopisju, podrobne meritve pa v Hellowih efemeridah.⁴⁰ Hell je uporabljal Newtonov zrcalni teleskop dolg 158

cm s petdesetkratno povečavo. Ob cev teleskopa je pripel mikrometer na nit. Začetek mrka je opazil ob 5^h 24' 1". Najbolj temno je bilo ob 6^h 11' 36". Ob 6^h 57' 28" je bil mrk dokončno mimo.

V isti stavbi je opazoval tudi Triesnecker z Dollondovim⁴¹ teleskopom. Začetek mrka je opazil 8 sekund za Hellow, njegov konec pa 7 sekund, zagotovo pa vsaj 3 sekunde pred Hellow. Metzburg je opazoval skupaj z njima skozi drugi Dollondov teleskop. Prve znake mrka je opazil 12 sekund pred Triesneckerjem, konec mrka pa 7 sekund za Triesneckerjem.

Jezuit Metzburg je kot magister filozofije pri merjenju in mapiranju Galicije sodeloval z Liesganigom in Güssmannom.⁴² Tako Zach v pismu Schediusu 30. 4. 1801, kot tudi Joseph Johann Littrow in drugi so pozneje ostro kritizirali napake, ki so jih (nekdanji) jezuiti zagrešili pri meritvah.⁴³ Astronom Zach je bil za te jezuite črna zver; med svoje »glavne prijatelje« je štel Liesganiga, Metzburga in Güssmanna; oba prva sta s hudiča, je zatrjeval. Zach tako ni imel ravno rad nekaterih Vegovih sodelavcev pri

³⁹ Franz Güssmann (Güsmann, * 30. 9. 1741 Wolkersdorf v Spodnji Avstriji; SJ 1757 Avstrija; † 28. 1. 1806 Seitenstettin)

⁴⁰ *Wiener Zeitung von Mittwoch* 20. 6. 1787, stran 1469 (Faustmann, 1994, 94; Povšič, 1974, 70); *Fremden Blatt*, 1787; *Pressburger Zeitung*, Pressburg, 1787, 50; Wien (Die Sonnenfinsterniss); Vega, 1788, 374, 376

⁴¹ John Dollond (10. 6. 1706 London; † 30. 11. 1761 London)

⁴² Metzburg, 1777, 3: 45, 47, 54, 92; Güssmann, 1788, 97

⁴³ Zach, 1984, 79, 81

opazovanju sončnega mrka leta 1787; samega Vego pa je v pismu Schediusu⁴⁴ večkrat imenoval prijatelja. Pismo je datiral v Seebergu pri Gothi 23. 5. 1798, Schedius pa ga je sprejel v Pešti dne 2. 6. 1798.⁴⁵

Po prepovedi jezuitske družbe je Metzburg leta 1774 postal redni profesor matematike na dunajski univerzi namesto Josepha Walcherja, ki je o vakuumskih tehnikah balonov pisal že leta 1754. Dne 20. 10. 1778 so Metzburgovo knjigo proglasili za uradni učbenik.⁴⁶ Kot dekan si je prizadeval za posodabljanje dunajske filozofske fakultete. Dve leti po svojem imenovanju za dvornega svetnika si je leta 1798 skupaj s svojim mentorjem celovškim vikarjem Sigmondom Hohenwartom (* 1745 Celje; † 1825 Linz) ogledal različne ogrsko-slovaške rudnike. Nekdanji ljubljanski študent Hohenwart si je v Celovcu omislil enega najbolj opremljenih fizikalnih laboratorijev, njega dni polnega vakuumskih pripomočkov, pozneje pa je kot škof v Linzu organiziral polete z baloni,⁴⁷ ki so navdihnili tudi Kraškoviča.

4 SKLEP

Povej mi, kaj bereš, in povem ti, kdo si. Tudi prvi slovenski balonar nikakor ni izjema. Kot razgledan učenjak svoje knjižnice ni omejil zgolj na naravoslovne vede; kupil je tudi dela Johna Locka, ki je zavrnil Descartesove dvome v obstoj vakuuma. V belem svetu je postal večjezičen in ni za slovensko branje dal niti toliko kot A. Hallerstein, ki je s seboj na pot v daljni Peking vendarle vzel slovensko pesmarico. Kraškovičeva domovina pa je bila zgolj stroka: skušal je slediti najnovejšim dognanjem na področjih vakuumskih tehnik, kemije in medicine, ki so pokrivala njegovo osnovno znanstveno-tehnično dejavnost.

5 VIRI IN LITERATURA

5.1 Arhivski viri in okrajšave

- FSLJ: signature knjižnice Frančiškanskega samostana v Ljubljani
 HR DADU: Državni arhiv v Dubrovniku A.1. Uprava i javne službe do 1848
 Fond HR DADU 81: signatura *Okružno poglavarstvo Dubrovnik* (1816–1868)
 Uredžbeni zapisnik, 1822, knjiga V, št. 5539/784
 Uredžbeni zapisnik, 1823, Tern. VII
 Fond HR DADU 156 Zborni prvostupanski građanski i kazneni sud u Dubrovniku (1819–1852), Ostavine, Sez. E, Fasc. VI, št. 45.
 Krascovich Dr. Gregorio Ventilazione d'Eredità Hanner Gregorio sua tutela
 Državni arhiv u Varaždinu; Gradsko poglavarstvo Varaždin, HR-DAVŽ-2: Poglavarstvo slobodnog i kraljevskog grada Varaždina 1209–1850.
 NUK: signature Narodne in univerzitetne knjižnice v Ljubljani

5.2 Literatura

- Almanacco provinciale della Dalmazia per l' anno 1817, 1822.* Zara: Stamperia Governiale.
 Cantor, Moritz Benedict. 1901. *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.* Leipzig: B. G. Teubner.
 Carro, Jean; Portenschlag, Josepha von. 1802. *Beobachtungen und Erfahrungen über die Impfung der Kuhpocke.* Wien: Joseph Geister.
 Faustmann, Gerlinde. 1994. *Österreichische Mathematiker um 1800 unter besonderer Berücksichtigung ihrer logarithmischen Werke.* Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.
 Güssmann, Franz. 1788. *Nachricht von der Vorrichtung bey Fernröhren, zur Bewirkung ungemeyner Vergrößerungen.* Wien: Joseph Stahel.
 Hof- und Staats- Schematismus der röm. Kaiserl. auch kaiserl.-königl. und erzherzoglichen Haupt- und Residenz-Stadt Wien für das Jahr... Wien: Joseph Gerold.
 Heidmann, Johann Florian Anton. 1799. *Vollständige auf Versuche und Vernunftschlüsse gegründete Theorie der Electricität für Aerzte, Chymiker und Freunde der Naturkunde 2. Bd.* Wien Gedruckt mit J. C. Schuender'schen Schriften im k. k. Taubstummen-Institute.
 Heidmann, Johann Florian Anton. 1804. *Zuverlässiges Prüfungsmittel zur Bestimmung des wahren von dem Scheintode: nebst neuen physiologischen Erfahrungen aus der Anwendung der verstärkten galvanischen Electricität auf den thierischen Organismus,* Wien: Camesina.
 Heidmann, Johann Florian Anton. 1807. *Theory of Galvanic electricity, founded on experience.* Abridged by M. Guyton (Guyton de Morveau) iz *Annales de Chimie*, Tom 61, str. 70. *Philosophical Magazine Series 1*, 28/110 (Julij 1807): 97–104.
 Hellwag, Christoph Friedrich. 1781. *Dissertatio inauguralis physiologico medica de formatione loquelae.* Praes. Prof. Gottlieb Konrad Christian Storr; Christoph Friedrich Hellwag. Tübingen: Literis Fuesianis.
 Hellwag, Christoph Friedrich; Jacobi, Maximilian. 1802. *Erfahrungen über die Heilkräfte des Galvanismus, und Betrachtungen über desselben chemische und physiologische Wirkungen, mitgetheilt von Christoph Friedrich Hellwag ... nebst Beobachtungen bey der medizinischen Anwendung der Voltaischen Säule von Maximilian Jacobi.* Hamburg: Perthes.
 Hellwag, Christoph Friedrich. 1818. *Euklid's Eilfter Grundsatz als Lehrsatz bewiesen.* Hamburg: Hoffmann.
 Hellwag, Christoph Friedrich. 1824. *Physik des unbelebten und des belebten entwickelt unter forschung nach der ursache der fortgesetzten bewegung.* Hamburg
 Hellwag, Christoph Friedrich. 1835. *Newtons Farbenlehre aus ihren richtigen Principien berichtet: (mit 2 Steintafeln).* Lübeck.
 Kraškovič, Matija Gregor (Matthew Gregorius Kraskovitz). 1805. Kraskovitz's, Dr. Letter to the Royal Jennerian Society. *The Medical and Physical Journal.* London: W. Thorne za Richarda Philippsa (ur. T. Badley, R. Batty, A. A. Noehden). (januar–junij 1805) 13/75: 479.
 Metzburg, Georg Ignatz. 1769. *Clarissimi Helshami, in Universitate Dublinens philosophiae naturalis professoris, Physica experimentalis Newtoniana: ex editione tertia Londinensi Anglica in Latinum translata.* Vindobonae: Typis Joan. Thomae Trattnern.
 Metzburg, Georg Ingatz. 1773. Izpitne teze kot priloga *Dissertatio de aqua kolega profesorja, Josephs Edlerja Herberta.* Dunaj.
 Metzburg, Georg Ingatz. 1775, 1776, 1777. *Institutiones Mathematicae in usum Tironum conscriptae.* 1–3. Viennae: Typis Joan. Thomae Trattnern. I–V. (Erberg-M41; NUK-4281). Ponatis tretjega dela ob izpitu Malachia Zemana 12. 8. 1777. *Praxis geometrica ex principiis trigonometricis deducta.* Vienna: Trattnern. 1780. Viennae: Trattnern (NUK-4069). Ponatis z dodanimi štirimi knjigami: 1792–1793. v sedmih delih vezanih v tri knjige. Prevod A., X. G.: 1798–1804. *Einleitung zur Mathematik.* Wien: F. J. Rotzel. I–VII. (Erberg-M42; NUK-4281; FSLJ-14 d 32).
 Naji, A.; Sarabadani, J.; Dean, D. S.; Podgornik, R. 2012. Sample-to-sample torque fluctuations in a system of coaxial randomly charged surfaces. *Eur. Phys. J. E*, 35: 24.

⁴⁴ Ludwig Schedius (* 20. 12. 1768 Raab (Győr); † 12. 11. 1847 Pešta)

⁴⁵ Zach, 1984, 7, 47

⁴⁶ Faustmann, 1994, 35

⁴⁷ Pär, 2011, 23, 39, 102, 157.

- Pärr, Nora. 2011. *Maximilian Hell und sein wissenschaftliches Umfeld im Wien des 18. Jahrhunderts*. Dissertation Wien Philosophie.
- Pfaff, Christoph Heinrich; Hellwag, Christoph Friedrich. 1800. *Extrait d'un mémoire sur la vaccine, considérée comme préservatif de la petite vérole, depuis long-temps constaté en Holstein par le hasard et l'usage, et sur l'inoculation de la vaccine pratiquée à Eutin, Lubeck et en d'autres endroits, dans l'été de 1800*. Par le Dr Hellwag. Paris: de l'imprimerie de Stoupe.
- Phillebois, Anton. 1798. *Wiener Universitäts Schematismus für das Jahr 1798*. Wien: Schmidbauer.
- Povšič, Jože. 1974. *Bibliografija Jurija Vege*. Ljubljana: SAZU.
- Vega, Jurij. 1788. *Observationes eclipsis Solis Die 15. 6. 1787... Observatio ejusdem eclipseos in observatorio C. R. á Perillustri D Georgio Vega Centurione, & Professore Matheseos in Academia Militari Rei tormentariae. Ephemerides Astronomicae Anni 1788*. Viennae: Trattner.
- Wagner, Vincenz August; Kudler, Joseph Ritter von; Dolliner, Thomas. 1839. *Oesterreichische Zeitschrift für Rechts- und Staatswissenschaft*, zvezek 3.
- Zach, Franz Xaver von. 1984. *Briefe Franz Xaver von Zach in sein Vaterland*. (ur. Peter Brosche; Maria Vargha). Budapest.

DRUŠTVENE NOVICE

115. SESTANEK IZVRŠNEGA ODBORA MEDNARODNE VAKUUMSKE ZVEZE IUVSTA

Med 5. in 7. aprilom 2013 je Poljsko vakuumsko društvo gostilo 115. sestanek Izvršnega odbora mednarodne vakuumske zveze IUVSTA. Program srečanja je vseboval sestanke posameznih odborov in plenarno srečanje. Izredno natrpan urnik se je začel v petek zgodaj popoldne s sestanki odborov za statusna vprašanja, nagrade in štipendije ter nove članice zveze. Naslednji dan je bil namenjen sestankom komiteja za finance, načrtovanje konferenc, izobraževanje ter publicistično dejavnost. Popoldanski program aktivnosti v soboto, 6. aprila, je bil namenjen aktivnostim direktorata za znanost in tehnologijo. V nedeljo, 7. aprila 2013, je bilo na vrsti plenarno zasedanje.

Vodje posameznih odborov so poročali o napredku v zadnjem polletnem obdobju. Največ časa je bilo namenjenega razpravam o organizaciji velikih znanstvenih srečanj, ki potekajo pod okriljem mednarodne zveze. Največje letošnje srečanje je svetovni vakuumski kongres, ki bo septembra 2013 v Parizu (www.ivc19.com). Organizacijski odbor sestavljajo ugledni predstavniki nacionalnih vakuumskih društev.

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije ima med člani organizacijskega odbora prof. dr. Moniko Jenko

in doc. dr. Janeza Kovača, člani mednarodnega programskega odbora kongresa pa so naslednji slovenski znanstveniki: prof. dr. Ingrid Milošev, dr. Drago Resnik, prof. dr. Miran Mozetič, doc. dr. Alenka Vesel, prof. dr. Dean Cvetko, doc. dr. Miha Čekada in dr. Janez Šetina. Tako obsežna vključenost naših raziskovalcev v organizacijskem in programskem odboru kongresa je posledica dobre vpetosti v raziskave na znanstvenih področjih, ki jih obsega mednarodna zveza, pa tudi dejstva, da kongres poleg srečanja IVC vključuje tudi nekatera manjša periodična znanstvena srečanja, v katerih imajo člani DVTS pomembne funkcije.

Naslednji kongres IVC organizirajo kolegi iz Korejskega vakuumskega društva leta 2016. Na 115. sestanku pa so štiri vakuumska društva predstavila preliminarne predloge za organizacijo kongresa leta 2019. Sklep o izboru organizatorja bo mednarodna zveza sprejela na naslednjem sestanku septembra letos v Parizu, za organizacijo pa se potegujejo italijansko, indijsko, pakistansko in švedsko društvo.

Med pomembnejše aktivnosti zveze IUVSTA spada tudi sofinanciranje organizacije tematskih



Slika 1: Udeleženci sestanka v konferenčni dvorani



Slika 2: Predsednik komiteja za organizacijo konferenc Lars Montelius predstavlja priprave na kongres IVC-19.



Slika 3: Predsednica organizacijskega odbora IVC-19 Marie-Geneviève Barthés - Labrousse in predsednik plazemske sekcije Mark Kushner

delavnic in tečajev. Sredstva za tematske delavnice v triletnem obdobju so izčrpana, naslednje vabilo potencialnim organizatorjem pa bo objavljeno po sestanku izvršnega odbora v novi sestavi, ki bo zasedal v petek, 13. septembra 2013, v Parizu. V triletnem obdobju 2013–2016 predvidevamo razpis za sofinanciranje desetih tematskih delavnic. Prijavitelji morajo biti aktivni člani najmanj enega nacionalnega društva, prijave pa posredujejo vodji enega od znanstvenih sekcij društva. Na srečanju v Krakovu je izvršilni odbor zveze potrdil polnopravno zastopanost nove sekcije z nazivom »Biointerphases«. Do konca mandata, ki poteče septembra letos, je predsednica sekcije dr. Anouk Galtayries iz Francoskega vakuumskega društva. Podrobnejše informacije o aktivnostih mednarodne zveze IUVESTA so na voljo na domači strani zveze (iuvsta-us.org).



Slika 4: Funkcionarji mednarodne zveze. Od leve proti desni znanstveni tajnik (Christoph Eisenmenger - Sittner), direktor direktorata za znanost (David Ruzic), zapisnikar (David Sykes), generalni tajnik (Ron Reid) in predsednik (Jean Jaques Pireaux).



Slika 5: Predsednik Poljskega vakuumskega društva prejema čestitke za organizacijo sestanka. Od leve proti desni so prihodnji predsednik zveze (Mariano Anderle), predsednik (Jean Jaques Pireaux), blagajnik (François Reniers), predsednik poljskega društva (Jacek Szuber) in predstavnik italijanskega društva (Paolo Manini).

Sredstva za sofinanciranje tečajev niso bila izčrpana v celoti, kar je po mnenju članov izvršnega odbora posledica togih pravil pri izboru. Na sestanku komiteja za izobraževanje je vodja komiteja predlagal spremembe pravilnika, ki naj bi postal fleksibilnejši. Na srečanju v Krakovu je bila imenovana komisija za spremembo pravilnika, ki bo pripravila vse potrebno do prihodnjega srečanja v Parizu. Aktualni pravilnik ne omogoča kandidature Društva za vakuumsko tehniko Slovenije zaradi člena, ki odobravanje sredstev pogojuje z bruto družbenim produktom na prebivalca nižjim od poprečja vseh držav članic mednarodne zveze IUVESTA.

Prof. dr. Miran Mozetič

VABILO ZA UDELEŽBO NA 20. SLOVENSKO-HRVAŠKEM VAKUUMSKEM SREČANJU

Spoštovani kolegi,

vljudno vas vabimo, da se udeležite tradicionalnega 20. slovensko-hrvaškega vakuumskega srečanja z nazivom »20th International Scientific Meeting on Vacuum Science and Technique«, ki ga vsako leto organizirata slovensko in hrvaško vakuumsko društvo. Srečanje bo potekalo v Vinskem hramu Brenholc v Jeruzalemu v Slovenskih goricah dne **9. in 10. maja 2013**. Več informacij o srečanju je na voljo na domači strani <http://plazma.ijs.si/slocro2013/index.html>.

Srečanje je namenjeno predstavitvi najnovejših znanstvenih dosežkov na interdisciplinarnem področju uporabe vakuumske tehnike in tehnologij, izmenjavi mnenj ter medsebojnemu druženju članov in simpatizerjev obeh društev. Na srečanje je programski odbor povabil vrhunske znanstvenike, ki so v zadnjih letih prispevali pomembna odkritja v mednarodno zakladnico znanj, predvsem na hitro rastočem znanstvenem področju uporabe vakuumskih postopkov v nano- in biotehnologijah. Drugi udeleženci ste vabljeni, da predstavite svoje dosežke v obliki posterjev. Prosimo, da prijave na srečanje pošljete najkasneje do

26. aprila 2013

na elektronski naslov nina.recek@ijs.si.

Za prijavo in pripravo povzetka, prosim, uporabite predlogo, ki jo najdete na domači strani konference. Kljub pestremu znanstveno-strokovnemu in družabnem programu nam je uspelo zagotoviti zelo ugodno kotizacijo, zato verjamemo, da vas ta strošek ne bo odvrnil od udeležbe.

Prof. dr. Miran Mozetič,
predsednik DVTS

VABILO NA OBČNI ZBOR DRUŠTVA ZA VAKUUMSKO TEHNIKO SLOVENIJE

V četrtek, **23. maja 2013**, bo ob 16. uri občni zbor društva DVTS v sejni sobi Inštituta za kovinske materiale in tehnologije – IMT, Lepi pot 11, Ljubljana. Predvideni dnevni red je naslednji:

1. Poročila o delu društva
2. Razprava o poročilih
3. Spremembe statuta društva
4. Volitve in imenovanje novih organov društva
5. Program dela v naslednjem obdobju
6. Razno

Vabljeni so vsi člani, da se udeležijo občnega zbora društva.

Prof. dr. Miran Mozetič,
predsednik DVTS

KRATKE DRUŠTVENE NOVICE

35. seja Izvršnega odbora DVTS, 31. januarja 2013

V teku je organizacija konference »16th International Conference on Thin Films«, ki bo med 13. in 16. oktobrom 2014 v Dubrovniku. Poleg glavnega organizatorja, Hrvaškega vakuumskega društva, sta soorganizatorja še madžarsko vakuumsko društvo in DVTS. Izvršni odbor DVTS je sprejel sklep, da prevzamemo tudi 25 % finančnih pravic in obveznosti.

V pripravi je jubilejno 20. srečanje slovensko-hrvaških vakuumistov, ki bo v Jeruzalemu 9. in 10. maja 2013.

Dne 23. maja 2013 bo v prostorih Inštituta za kovinske materiale in tehnologije v Ljubljani občni zbor društva. V skladu s statutom bo vodenje društva prevzel bodoči predsednik doc. dr. Janez Kovač.

Društvo je tudi podprlo nominacijo dr. Johna Granta, dolgoletnega partnerja Inštituta za kovinske materiale in tehnologije, za nagrado mednarodne zveze IUVESTA.

36. seja Izvršnega odbora DVTS, 28. marca 2013

Izvršni odbor se je seznanil s pripravami na jubilejno 20. srečanje slovensko-hrvaških vakuumistov in potrdil seznam vabljenih predavateljev.

Imenoval je delegacijo DVTS na 18. generalni skupščini zveze IUVESTA, ki jo sestavljajo prof. dr. Miran Mozetič, prof. dr. Monika Jenko in doc. dr. Janez Kovač. Evidentiral je tudi predstavnika DVTS v izvršnem odboru zveze IUVESTA, doc. dr. Janeza Kovača, in namestnico, prof. dr. Moniko Jenko. Predstavniki DVTS v znanstvenih sekcijah zveze IUVESTA so: doc. dr. Janez Kovač (Applied surface science), dr. Drago Resnik (Electronic materials), doc. dr. Alenka Vesel (Biointerphases), dr. Tadej Kokalj (Nanometer structures), doc. dr. Uroš Cvelbar (Plasma science), prof. dr. Monika Jenko (Surface engineering), dr. Matjaž Godec (Surface science), doc. dr. Miha Čekada (Thin films) in dr. Janez Šetina (Vacuum science).

Izvršni odbor je tudi sprejel poročilo o delu društva in finančno poročilo za leto 2012.