

VSEBINA

ČLANKI

XPS- in AFM-preiskava silicijevih površin, modificiranih z različnimi aminosilani Gregor Jakša, Bogdan Štefane, Janez Kovač	4
Površinska modifikacija polimera politetrafluoroetilena s H₂S-plazmo Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Martina Modic	9
Vakuumske naprave prvega profesorja fizike na Slovenskem, ki ni bil član meniškega reda (ob 240-letnici Neumannovega rojstva) Stanislav Južnič	13

DRUŠTVENE NOVICE

Mag. Andrej Pregelj je praznoval 70 let in prejel priznanje za zaslužnega člana Elektrotehniške zveze Slovenije Janez Kovač, Monika Jenko, Jože Gasperič, Peter Panjan	20
Konferenca o prenosu tehnologij Miran Mozetič	22
Petnajsta združena vakuumška konferenca (JVC-15), Dunaj, 16.–20. junij 2014 Miha Čekada	24
Recenzija knjige – Andrej Detela: <i>Sintropija v polifaznih zibelkah</i>, Elaphe, Ljubljana, 2014 Stanislav Južnič	26
Prvih osemdeset let zaslužnega profesorja Janeza Strnada Stanislav Južnič	28
Pregled konferenc v letih 2014/2015.	30

VAKUUMIST

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

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

Glavni in odgovorni urednik: doc. dr. Miha Čekada

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

Tehnični urednik: Miro Pečar

Lektor: dr. Jože Gasperič

Korektor: dr. Matjaž Finšgar

Oblikovanje naslovnice: Ignac Kofol

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

Naklada: 350 izvodov

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

Letna naročnina: 25 EUR

ISSN 0351-9716

UDK 533.5.62:539.2:669-982

Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije

Teslova 30

1000 Ljubljana

Tel. (01) 477 66 00

E-pošta: info@dvts.si

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

Številka transakcijskega računa pri NLB: 02083-0014712647

Uredništvo Vakuumista

doc. dr. Miha Čekada

glavni in odgovorni urednik Vakuumista

Institut »Jožef Stefan«

Jamova 39

1000 Ljubljana

e-pošta: miha.cekada@ijs.si

tel.: (01) 477 38 29

faks.: (01) 251 93 85

XPS- IN AFM-PREISKAVA SILICIJEVIH POVRŠIN, MODIFICIRANIH Z RAZLIČNIMI AMINOSILANI

Gregor Jakša¹, Bogdan Štefane², Janez Kovač¹

ZNANSTVENI ČLANEK

¹Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Namen raziskav je bil priprava in karakterizacija modificiranih silicijevih površin z aminopropilsilani, ki imajo različno število vezavnih mest: 3-aminopropiltrimetoksisilan (APTMS), 3-aminopropildietoksimetilsilan (APRDMS) in 3-aminopropiletoksimetilsilan (APREMS). Samourejajoče molekule aminosilanov smo nanašali iz toluena pri različnih reakcijskih razmerah. Elementno sestavo modificirane površine in vrsto kemijske vezi smo ugotovili z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS). Morfologijo modificirane površine smo preučili z mikroskopijo na atomsko silo (AFM). Naši rezultati kažejo, da je polimerizacija aminosilanov in posledično debelina aminosilanske plasti odvisna od števila vezavnih mest molekule. APTMS, ki ima tri vezavna mesta, reagira s silicijevim oksidom najintenzivneje in tvori debele plasti; manj intenzivno reakcijo smo opazili ob uporabi APRDMS-molekul z dvema vezavnima mestoma; in najmanj intenzivno ob uporabi APREMS-molekul z enim vezavnim mestom.

Ključne besede: aminosilani, silicij, XPS, AFM, APTMS, APS

XPS and AFM characterization of different aminosilanes bonded on silicon surface

ABSTRACT

The purpose of this study was the preparation and characterization of a silicon surface modified with aminopropylsilanes with different number of bonding sites: 3-aminopropyltrimethoxysilane (APTMS), 3-aminopropyl-diethoxymethylsilane (APRDMS) and 3-aminopropylethoxydimethylsilane (APREMS). We deposited the self-assembled layers from a solution of aminosilanes in toluene under various reaction conditions. The surface composition and the chemical bonding were determined using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and the surface morphology was investigated using atomic force microscopy (AFM). Our results show that the polymerization of aminosilanes and consequently the thickness of aminosilane layer depend on the number of possible bonding sites of the aminosilane molecule. The APTMS with three bonding sites reacted the most intensively with the Si-oxide layer; a less intensive reaction was observed for the APRDMS with two bonding sites; and the least intensive reaction was observed for the APREMS having one bonding site.

Keywords: aminosilanes, silicon, XPS, AFM, APTMS, APS

1 UVOD

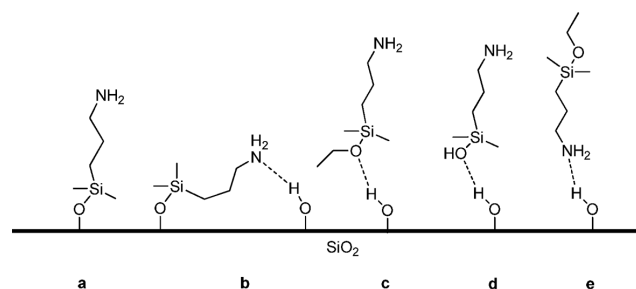
Aminosilani se že dalj časa uporabljajo za modifikacijo različnih površin (silicij, aluminij, titan), saj omogočajo adhezijo med anorganskimi materiali in organskimi molekulami. Površine, modificirane z aminosilani, so uporabne na različnih področjih. Pomembne so v kromatografiji [1], uporabne v biosenzoriki (vezava DNA, proteinov ...) [2–4], v medicini [5], za vezavo kovinskih nanodelcev [6], v senzoriki za detekcijo specifičnih plinov [7] in eksplozivov [8–10] itd.

Aminosilani, s splošno formulo $R-Si-X_n$, so sestavljeni iz silicijevega atoma, na katerega je vezana ena ali več reaktivnih skupin (X = halogen ali alkoksi skupina) in organskega dela z amsko skupino (R = alkil ali aril amin). Aminosilani so samourejajoče molekule in narava molekul je takšna, da po določenem času same tvorijo mono- ali večplastno strukturo na površini. Navadno jih nanašamo iz raztopin (nekaj mM raztopina aminosilanov v organskem topilu).

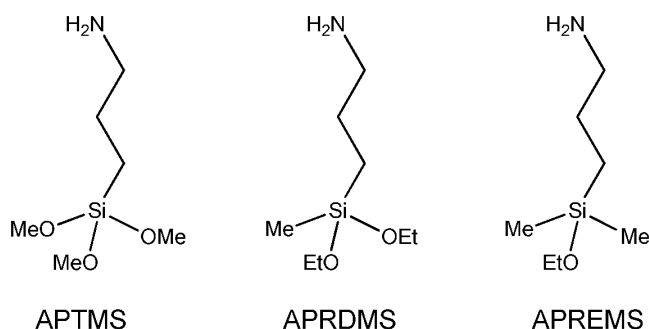
Aminosilani se lahko na oksidirano površino kovin vežejo na različne načine. Na **sliki 1** so prikazani različni tipi interakcij med aminosilani in površino SiO_2 . Na splošno pride pri vezavi najprej do hidrolize reaktivnih skupin oz. vezavnih mest ($Si-X$) in nastanka silanolnih skupin ($Si-OH$). Sledi vezava takšnih molekul na hidroksilne skupine podlage in posledično eliminacija vode [11]. Pri tem pride do tvorbe stabilne kovalentne vezi med aminosilanom in podlago (**slika 1a**); to reakcijo imenujemo silanizacija. Poleg silanizacije pa lahko pride tudi do Van der Waalsovih interakcij med stranskimi skupinami ali tvorbe vodikovih vezi (**slika 1b–e**).

Dodatek vode v reakcijsko zmes dodatno pospeši hidrolizo reaktivnih skupin aminosilanov – tvorba silanolnih skupin ($Si-OH$), ki lahko kondenzirajo s silanolnimi skupinami drugih molekul (tvorba silokanskih vezi: $Si-O-Si$). Tako pride do polimerizacije aminosilanov in nastanka aglomeratov že v raztopini. Tudi molekule vode lahko ostanejo vezane na površino preko vodikovih vezi in povzročajo težave pri tvorbi homogenih aminosilanskih plasti.

Na samo količino nanosa, homogenost plasti in morfologijo površine vpliva veliko dejavnikov. Obstaja kar nekaj študij o optimizaciji parametrov modifikacije: modifikacija z različnimi aminosilani [11, 12],



Slika 1: Različne možnosti vezave aminosilanov (APREMS) na površino SiO_2



Slika 2: Struktura uporabljenih aminosilanov

različne koncentracije aminosilanov [13], temperatura in čas nanosa [13–15], vpliv vode/hidroliza [16], vpliv topila na nanos [17, 18] itd.

Čeprav so razmere pri nanosu precej raziskane, jih je zaradi vpliva velikega števila različnih parametrov težko kontrolirati in ponoviti. Na splošno naj bi bile z aminosilani modificirane silicijeve površine homogene, vendar ni vedno tako. Prisotne nehomogenosti na modificirani površini lahko znatno vplivajo na uporabne lastnosti.

Namen naše raziskave je bil ugotoviti, kako vpliva število vezavnih mest aminosilanov na količino nanosa, polimerizacijo molekul in morfologijo modificirane silicijeve površine. Poleg uporabe aminosilanov z različnim številom vezavnih mest smo preučevali tudi vpliv časa na količino nanosa aminosilanov. Silicijevo rezino smo modificirali s tremi aminosilani, ki imajo različno število vezavnih mest. 3-aminopropiltrimetoksisilan (APTMS) ima tri alkoksi skupine, torej tri mogoča vezavna mesta, 3-aminopropildietoksimetilsilan (APRDMS) ima dve vezavni mesti in 3-aminopropiletoksidimetilsilan (APREMS) ima eno vezavno mesto (**slika 2**). Molekule, ki imajo več vezavnih mest, izražajo močnejšo težnjo po povezovanju in polimerizaciji – posledično tvorijo debelejšje plasti (APTMS). Ob uporabi molekule z enim vezavnim mestom je reakcijo lažje kontrolirati in predvsem dobimo zelo tanke plasti (≈ 1 monoplast).

Po modifikaciji smo površine označili z uporabo površinskih analiznih metod. Z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS) smo ugotovili elementno sestavo površine, kemijsko stanje atomov na površini (vrsta kemijske vezi) in debelino aminosilanske plasti. Morfologijo modificirane površine in hrapavost površine smo ugotovili z mikroskopijo na atomsko silo (AFM).

2 EKSPERIMENTALNI DEL

2.1 Modifikacija silicijevih rezin

Preučevali smo vezavo aminosilanov na silicijeve rezine (monokristal <111>). Pred modifikacijo smo

površine očistili in reducirali z razredčeno raztopino HF (HF : deionizirana voda = 1 : 10), sprali z deionizirano vodo, posušili (100 °C, 30 min) in ponovno oksidirali s kisikovo plazmo (1 min, $p = 50$ Pa, $P = 200$ W). Sveže oksidirane silicijeve rezine smo nato modificirali v zaprti Schlenkovi posodi. Silanizacijo smo izvajali v 3 mM raztopini aminosilanov v suhem toluenu pri 25 °C in različnih časih nanašanja ((1, 3, 6 in 22) h). Po modifikaciji smo s površine sprali fizesorbirane aminosilanske molekule (z nekaj mililitri toluena in etanola) in vzorce sušili 20 min pri 80 °C.

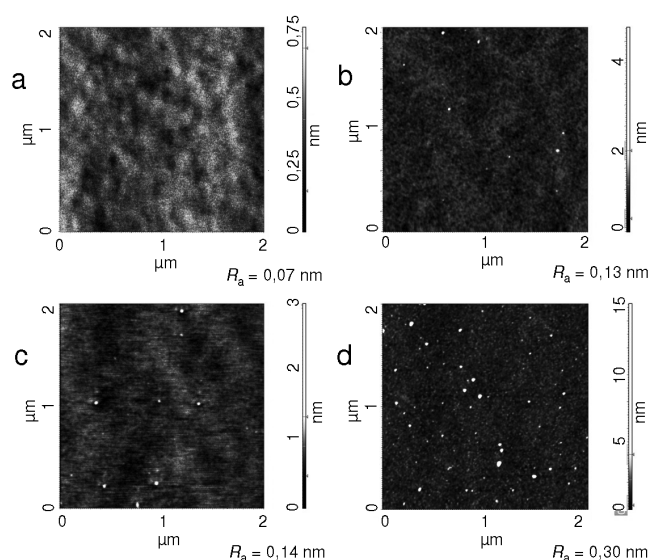
2.2 Analiza površin

Elementno sestavo modificiranih površin in vrsto kemijske vezi smo ugotovili z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS). Analizo smo izvedli na XPS-spektrometru proizvajalca Physical Electronics Inc., model TFA XPS, opremljenim z monokromatiziranim aluminijevim izvirom rentgenske svetlobe pri energiji 1 486,7 eV [19]. Analiza je potekala v ultravisokem vakuumu, ki je bil med analizo okoli 10^{-7} Pa. V dobljenem spektru fotoelektronov, ki predstavlja porazdelitev izsevanih fotoelektronov po njihovi vezavni energiji, so vrhovi, značilni za elemente, ki so na površini vzorca do globine 5 nm. Energijsko visoko ločljive XPS-spektre smo posneli pri emisijskem kotu fotoelektronov 45° in z energijo prehoda elektronov skozi analizator 29 eV, kar je dalo energijsko ločljivost 0,6 eV. Spektrometer je bil umerjen na čistem vzorcu srebra z uporabo vrha Ag 3d_{5/2} v XPS-spektru srebra. Sestavo površine smo ugotovili tako, da smo intenzitete vrhov C 1s, O 1s, N 1s in Si 2p v XPS-spektrih delili z relativnimi občutljivostnimi faktorji in dobljene rezultate normalizirali na 100 %. Metoda XPS ni občutljiva za vodik in helij.

Preiskavo morfologije površine smo izvedli na AFM-mikroskopu Solver Pro 47 proizvajalca NT-MDT. AFM-slike površine so bile posnete v območju od 1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ do 20 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ s silicijevo konico v oscilirajočem načinu. Izračunali smo tudi parameter povprečne hrapavosti površine R_a .

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

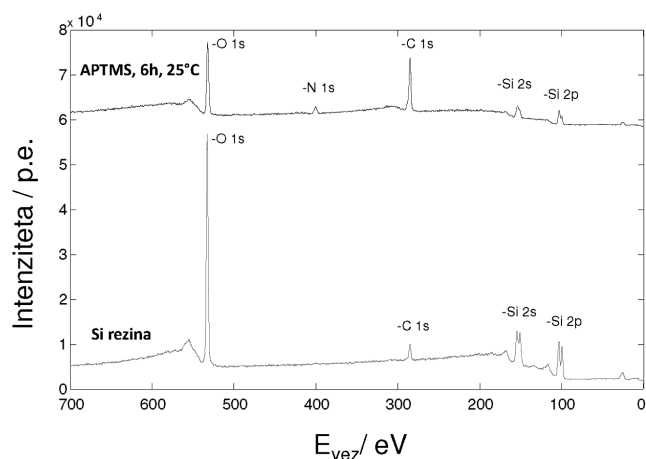
Tipične AFM-slike modificiranih površin s tremi različnimi aminosilani po 6 h nanosa pri 25 °C so prikazane na **sliki 3**. Za primerjavo je vključena AFM-slika nemodificirane silicijeve rezine s hrapavostjo (R_a) 0,07 nm. S slik je razvidno, da aminosilani na silicijevi površini tvorijo skupke v obliki otokov. Večina teh skupkov je visoka od 1,5 nm do 2 nm in široka okoli 20 nm. Predvidevamo, da samourejšajoče molekule aminosilanov najprej tvorijo homogeno plast na površini, nato pa pride še do polimerizacije mole-



Slika 3: AFM-slike ($2\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$) modificiranih silicijevih površin z različnimi aminosilani: a) silicijeva rezina, b) APREMS, c) APRDMS in d) APTMS. Nanos aminosilanskih molekul iz toluena 6 h pri $25\ ^\circ\text{C}$.

kul (skupki) in vezave teh na že modificirano površino. Naši rezultati kažejo, da modifikacija z molekulami APTMS (**slika 3d**) vodi do nastanka relativno hrapavih plasti ($R_a = 0,30\ \text{nm}$) z velikim številom skupkov. Površine modificirane z APRDMS (**slika 3c**, $R_a = 0,14\ \text{nm}$) in APREMS (**slika 3b**, $R_a = 0,13\ \text{nm}$) so bolj homogene z manjšim številom skupkov na površini.

Na modificiranih površinah (**slika 3**) smo ocenili število skupkov, ki so višji od $1\ \text{nm}$. Na površini modificirani z APTMS-molekulami smo ugotovili število skupkov $(25 \pm 4)\ \mu\text{m}^{-2}$. Na modificiranih površinah APRDMS $((5 \pm 1)\ \mu\text{m}^{-2})$ in APREMS $((3 \pm 1)\ \mu\text{m}^{-2})$ je skupkov veliko manj kot na APTMS modificiranih površinah.



Slika 4: Pregledni XPS-spekter nemedificirane silicijeve rezine in APTMS-modificirane silicijeve rezine (toluen, 6 h nanosa, $25\ ^\circ\text{C}$)

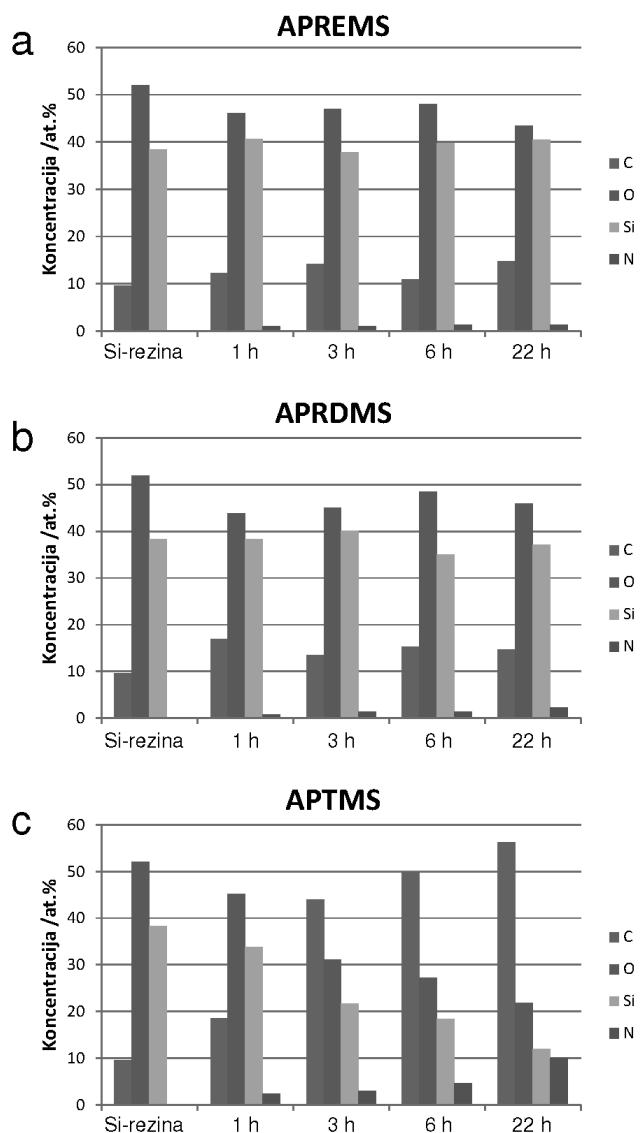
Pri daljših časih nanosa molekul APTMS (22 h, AFM-rezultati niso prikazani) smo opazili povečano polimerizacijo in bolj hrapavo površino. Nekateri skupki so bili višji ($50\ \text{nm}$) in širši ($100\ \text{nm}$) kot tisti po 6 h nanosa. Pri nanosih APRDMS in APREMS se velikost in število skupkov pri daljših časih nanosa ni bistveno spremenilo. Tudi hrapavost površine se ni povečala. Iz rezultatov lahko sklenemo, da molekule APTMS (tri vezavna mesta) močno polimerizirajo, manj APRDMS (dve vezavni mesti) in najmanj molekule APREMS (eno vezavno mesto).

Elementno sestavo modificiranih površin in vrsto kemijske vezi smo ugotovili z XPS-metodo. Na **sliki 4** sta prikazana tipična pregledna XPS-spektra s površine nemedificirane silicijeve rezine in rezine, modificirane z molekulami APTMS (toluen, 6 h nanosa pri $25\ ^\circ\text{C}$). Pri primerjavi obeh spektrov opazimo, da je na modificirani površini poleg signala C 1s, O 1s in Si 2p še signal N 1s, ki je povezan z amsko skupino molekule APTMS.

Iz intenzitet signalov smo izračunali koncentracije ogljika, kisika, silicija in dušika na površinah modificiranih z različnimi aminosilani pri različnih časih nanosa (**slika 4**). Ugotovili smo, da so se na APREMS in APRDMS modificiranih površinah koncentracije ogljika in dušika povečale v primerjavi z nemedificirano silicijevo rezino, kjer je le ogljik, ki je povezan s kontaminacijo površine. Povečanje koncentracije ogljika in prisotnost dušika nam potrdi uspešno vezavo molekul APREMS in APRDMS na silicijevo površino. Pri daljših časih nanosa ne opazimo znatnih povečanj koncentracij ogljika in dušika. V kombinaciji z dobljenimi AFM-slikami lahko to razložimo kot tvorbo tankih homogenih plasti tudi pri daljših časih nanosa.

Ravno nasprotno smo opazili na APTMS modificiranih površinah (**slika 5**), kjer koncentracije ogljika in dušika močno narastejo po daljših časih nanosa. Na račun čedalje večje pokritosti površine z molekulami APTMS (debeline plasti) se koncentracije kisika in silicija zmanjšujemo, saj analiziramo vse manj vmesne plasti SiO_2 . Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da se z daljšim časom nanosa debelina plasti povečuje. Na površini je čedalje več molekul APTMS, predvsem v obliki polimeriziranih otokov/aglomeratov.

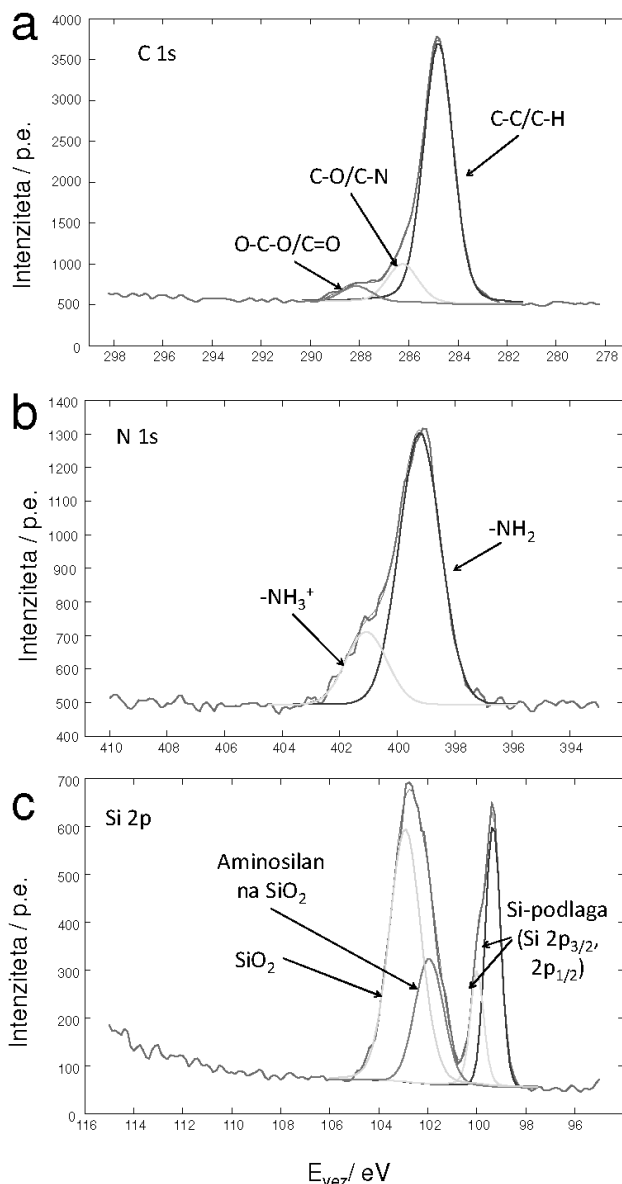
Tipični visoko ločljivi XPS-spektri C 1s, N 1s in Si 2p, posneti na modificiranih površinah, so prikazani na **sliki 6**. Za ugotovitev vrste kemijske vezi smo uporabili metodo prilaganja krivulj (angl. *curve fitting*). V dobljenih spektrih C 1s (**slika 6a**) smo ugotovili prisotnost treh različnih komponent, ki pripadajo različnim tipom vezi ogljikovega atoma. Komponenta pri vezavni energiji $284,8\ \text{eV}$ pripada tipu vezi C–C in/ali C–H; komponenta pri $286,3\ \text{eV}$ ustreza tipu vezi



Slika 5: Elementna sestava površine silicija po nanosu različnih aminosilanov pri različnih časih (toluen, 25 °C)

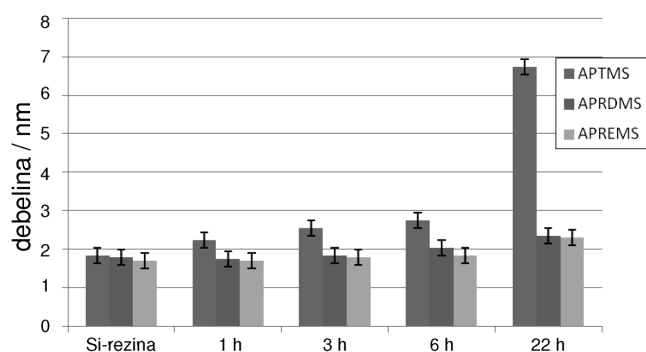
C–O ali C–N in komponenta pri vezavni energiji 287,9 eV je povezana s tipom vezi O–C–O in C=O. V visoko ločljivem spektru N 1s smo ugotovili dve različni komponenti (**slika 6b**). Komponenta pri vezavni energiji 399,2 eV ustreza tipu vezi –NH_2 ter komponenta pri 401,0 eV pripada tipu vezi –NH_3^+ . Iz razmerja $\text{–NH}_2/\text{–NH}_3^+$ lahko sklepamo na način vezave aminosilanov na silicijevo površino (**slika 1**) in polimerizacijo.

Tudi v visoko ločljivem spektru Si 2p razločimo različne komponente. Komponenti pri vezavni energiji 99,3 eV in 99,9 eV pripadata tipu vezi Si–Si (silicij pod oksidno plastjo). Komponenti pri višjih vezavnih energijah pa pripadata oksidirani površini silicija in aminosilanskim molekulam na površini. Signal pri vezavni energiji 102,2 eV ustreza tipu vezi aminosilana Si–O in signal pri 103,0 eV pripada silicijevemu oksidu (SiO_2).



Slika 6: Tipični visoko ločljivi XPS-spektri C 1s (a), N 1s (b) in Si 2p (c), posneti na APTMS modificirani površini (toluen, 6 h, 25 °C)

S primerjavo intenzitet signalov, ki ustrezajo siliciju pod oksidirano površino in celotnih komponent Si–O (SiO_2 in aminosilanska plast), lahko iz visoko ločljivih spektrov Si 2p ocenimo skupno debelino vmesne plasti silicijevega oksida in aminosilanske plasti. Za izračun debeline plasti smo uporabili enačbo $d = L \cos(\theta) \ln(1 + R/R_0)$, kjer je L izstopna globina fotoelektronov iz silicij-oksidge plasti (3,48 nm), θ je kot, pod katerim analiziramo fotoelektrone (45°), R je izmerjeno razmerje med intenzitetama XPS-signala iz silicij-oksidge plasti pri energijah 102,2–103,0 eV in XPS-signala iz silicijeve podlage pri energijah 99,3–99,9 eV. R_0 je parameter 0,9329, kot je predpostavljeno v [20]. Na **sliki 7** so prikazane izračunane debeline oksidne plasti (SiO_2 + aminosilanska plast)



Slika 7: Izračunana debelina silicij-oksidske in aminosilanske plasti ob uporabi različnih aminosilanov pri različnih časih nanosa (toluen, 25 °C)

ob uporabi vseh treh različnih aminosilanov pri različnih časih nanosa.

Debelina ($1,8 \pm 0,2$) nm, izračunana na silicijevi rezini, odgovarja debelini silicijeva oksida, ki se tvori na površini silicija po plazemski obdelavi. Izračunane debeline skupne plasti (SiO_2 + aminosilanska plast) na modificiranih površinah se ujemajo z elementno sestavo modificiranih površin (slika 5). Uporaba silanskih molekul APTMS povzroči, da debelina aminosilanske plasti močno naraste pri daljših časih nanašanja. Debelejša plast je povezana s tvorbo večplastnih nanosov APTMS in polimerizacijo molekul.

S slike 7 lahko ocenimo, da je po 22 h nanosa »čista« APTMS-plast (brez vmesne plasti SiO_2) debela ($4,9 \pm 0,3$) nm. Pri uporabi molekul APRDMS in APREMS plasti niso tako debele kot pri molekulah APTMS. Ocenjena debelina plasti po 22 h nanašanja je okoli ($0,6 \pm 0,2$) nm, kar ustreza debelini približno ene monoplasti. Upoštevati je treba dejstvo, da je to približna ocena debeline aminosilanskih plasti, ker se lahko nekoliko spreminja tudi debelina silicij-oksidske vmesne plasti.

XPS-rezultati o sestavi modificiranih površin in vrsti kemijske vezi ter AFM-rezultati o morfologiji teh plasti kažejo vpliv števila vezavnih mest aminosilanskih molekul na količino nanosa. Molekule z večjim številom vezavnih mest tvorijo debelejša plasti. Molekula APTMS ima tri metoksi skupine, ki so tri potencialna vezavna mesta, tako za vezavo na površino SiO_2 kot polimerizacijo z drugimi molekulami APTMS. Molekule APRDMS imajo dve vezavni mesti (dve etoksi skupini) in tvorijo tanjše plasti z manj polimerizacije. Najtanjše plasti z majhnim številom polimeriziranih enot dobimo ob uporabi molekul APREMS, ki imajo eno vezavno mesto.

4 SKLEPI

Z uporabo tehnik XPS in AFM lahko preučujemo elementno sestavo površine, vrsto kemijske vezi,

debelino plasti in morfologijo silicijevih površin, modificiranih z različnimi aminosilani. Silicijeve površine smo modificirali s tremi aminosilani, ki imajo različno število vezavnih mest. Dokazali smo, da je količina nanosa aminosilanov na površino močno odvisna od števila vezavnih mest. Molekule APTMS s tremi vezavnimi mesti reagirajo najintenzivneje s površino SiO_2 , manj intenzivno reagirajo molekule APRDMS (dve vezavni mesti) in najmanj intenzivno molekule APREMS z enim vezavnim mestom. Iz rezultatov lahko sklenemo tudi to, da uporaba molekul z večjim številom vezavnih mest vodi do večje polimerizacije in tvorbe heterogenih/hrapavih površin. Ugotovili smo, da je potrebno dobro kontrolirati razmere pri nanašanju, ker nekontrolirana silanizacija vodi do tvorbe debelih, hrapavih in nehomogenih modificiranih površin. Za kateri tip aminosilana in kakšne razmere pri nanašanju se bomo odločili (monoplast ali večplastna struktura), je odvisno od želene aplikacije.

5 LITERATURA

- [1] E. F. Vansant, P. Van Der Voort, K. C. Vrancken, Characterization and chemical modification of the silica surface, Elsevier, Amsterdam, 1995
- [2] R. A. Shircliff, P. Stradins, H. Moutinho, J. Fennell, M. L. Ghirardi, S. W. Cowley, H. M. Branz, I. T. Martin, *Langmuir*, 29 (2013), 4057–4067
- [3] L. A. Chrisely, G. U. Lee, C. E. O'Ferrall, *Nucleic Acids Research*, 24 (1996) 3031–3039
- [4] N. Keegan, G. Suarez, J. A. Spoors, P. Ortiz, J. Hedley, C. J. McNeil, *IEEE BioCAS*, (2009) 17–20
- [5] S. P. Low, N. H. Voelcker, L. T. Canham, K. A. Williams, *Biomaterials*, 30 (2009), 2873–2880
- [6] C.-F. Chen, S.-D. Tzeng, M.-H. Lin, S. Gwo, *Langmuir*, 22 (2006), 7819–7824
- [7] T. H. Tran, J.-W. Lee, K. Lee, Y. D. Lee, B.-K. Ju, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129 (2008) 67–71
- [8] L. Senesac, T. G. Thundat, *Materials Today*, 11 (2008), 28–36
- [9] D. Strle, B. Štefane, U. Nahtigal, E. Zupanič, F. Požgan, I. Kvasič, M. Maček, J. Trontelj, I. Muševič, *IEEE Sensors Journal*, 12 (2012), 1048–1057
- [10] D. Strle, B. Štefane, E. Zupanič, M. Trifkovič, M. Maček, G. Jakša, I. Kvasič, I. Muševič, *Sensors*, 14 (2014) 11467–11491
- [11] G. Jakša, B. Štefane, J. Kovač, *Surface and Interface Analysis*, 45 (2013), 1709–1713
- [12] M. Zhu, M. Z. Lerum, W. Chen, *Langmuir*, 28 (2011), 416–423
- [13] F. Zhang, M. P. Srinivasan, *Langmuir*, 20 (2004), 2309–2314
- [14] J. A. Howarter, J. P. Youngblood, *Langmuir*, 22 (2006), 11142–11147
- [15] R. M. Pasternack, S. Rivillon Amy, Y. J. Chabal, *Langmuir*, 24 (2008), 12963–12971
- [16] E. Asenath-Smith, W. Chen, *Langmuir*, 24 (2008), 12405–12409
- [17] E. T. Vandenbergh, L. Bertilsson, B. Liedberg, K. Uvdal, R. Erlandsson, H. Elwing, I. Lundstrom, *Journal of colloid and interface science*, 147 (1991), 103–118
- [18] G. Jakša, B. Štefane, J. Kovač, *Applied Surface Science*, 315 (2014), 516–522
- [19] J. Kovač, A. Zalar, *Vakuumist*, 25 (2005), 19–24
- [20] M. P. Seah, S. J. Spencer, *Surface and Interface Analysis*, 37 (2005), 731–736

POVRŠINSKA MODIFIKACIJA POLIMERA POLITETRAFLUOROETILENA S H₂S-PLAZMO

Alenka Vesel, Rok Zaplotnik, Martina Modic

Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana

ZNANSTVENI ČLANEK

POVZETEK

Uporaba žveplovih plazem za modifikacijo polimernih materialov je zelo redka in neraziskana. V prispevku opisujemo primer uporabe H₂S-plazme za modifikacijo polimera politetrafluoroetilen (PTFE), ki je izrazito inerten in ga z navadno kisikovo plazmo ni mogoče modificirati. Uporabnost opisanega postopka bi lahko bila za doseganje protitrombogenosti umetnih žil, izdelanih iz polimera PTFE, vendar so v tem primeru potrebne nadaljnje sistematizirane biološke raziskave.

Ključne besede: polimer PTFE, plazma H₂S, površinska modifikacija, funkcionalizacija

Surface modification of polymer polytetrafluoroethylene with H₂S plasma

ABSTRACT

The use of sulphur-containing plasmas for modification of polymeric materials is very rare and not sufficiently investigated. In this paper we describe the use of H₂S plasma for modification of the polymer polytetrafluoroethylene (PTFE) which is extremely inert and therefore difficult to modify by the use of regular treatment with oxygen plasma. The procedure described in this contribution can be applied to achieve antithrombogenic properties of artificial blood vessels made of PTFE polymer, but in this case further systematic biological research is necessary.

Keywords: polymer PTFE, H₂S plasma, surface modification, functionalization

1 UVOD

Polimeri se uporabljajo za različne aplikacije. Najpogostejše jih najdemo v avtomobilski industriji, elektroniki, uporabljajo se za embalažo, v medicini za razne pripomočke in telesne vsadke itd. Vendar pa je pri tem pogosto treba spremeniti njihove površinske lastnosti. Največkrat se za to uporabljajo plazme, ustvarjene v kisiku ali dušiku (O₂, CO₂, N₂, NH₃) ali njihovih mešanicah z žlahtnimi plini, kot sta argon in helij. Obdelava v tovrstnih plazmah naredi površino hidrofilno. Kadar pa je potrebna hidrofobizacija površine, pa lahko vzamemo plazmo, ustvarjeno v plinu CF₄.

Plazme, ustvarjene v plinih, ki vsebujejo žveplo, so zelo malo raziskane, čeprav bi lahko tako plazmo uporabili za sulfonizacijo površine. Npr. v primeru SO₂-plazme (o čemer smo v Vakuumistu že pisali [1]) bi lahko na površino vezali različne žveplove funkcionalne skupine, za katere po nekaterih raziskavah obstaja možnost, da delujejo protitrombogene, kar bi lahko uporabili pri površinski modifikaciji umetnih žil.

Umetne žile so lahko narejene iz polimera PET (polietilentereftalat) ali PTFE (politetrafluoroeten). Površino polimera PET lahko s plazmo zlahka spre-

menimo (antitrombogene lastnosti lahko dosežemo že samo z obdelavo v čisti kisikovi plazmi [2]), medtem ko je površino polimera PTFE (ki je bolj znan pod imenom teflon) zelo težko spremeniti, ker je zelo inertna. Uporaba kisikove plazme ne da želenih rezultatov, zato moramo za njegovo površinsko modifikacijo uporabiti kakšno drugo plazmo [3].

Alternativa bi bila uporaba žveplove plazme, zato smo se namenili raziskati vpliv H₂S-plazme na površinsko obdelavo polimera PTFE. Medtem ko o SO₂-plazmi za modifikacijo polimerov obstaja vsaj nekaj objav [4–7], pa za primer uporabe H₂S-plazme za modifikacijo polimerov nismo opazili prav nobene objave. To je bil tudi eden izmed glavnih razlogov, zakaj smo se odločili za H₂S-plazmo.

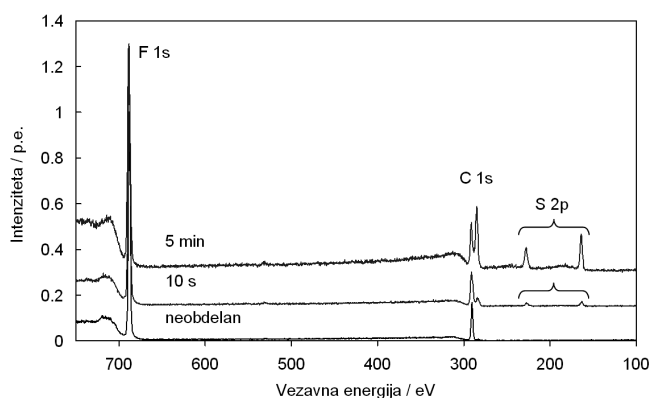
2 EKSPERIMENTALNI DEL

Vzorci polimera PTFE s strukturno formulo –CF₂–CF₂– (Goodfellow) smo obdelovali v radiofrekvenčni (RF) plazmi, ustvarjeni v kremenovi cevi dolžine 80 cm in premera 4 cm. Nominalna moč generatorja, ki deluje pri frekvenci 13,56 MHz je bila 150 W, tako da je bila razelektritev ustvarjena v tako imenovanem E-načinu [8]. Vzorec se je nahajal v tuljavi s šestimi ovoji. V razelektritveno cev, ki je bila črpšana z Rootsovo črpalko, smo vpuščali plin H₂S, tako da je bil tlak plina 30 Pa. Vzorce smo v plazmi obdelovali različno dolgo časa, od 10 s pa do 5 min. Ker v H₂S-plazmi nastane razgradnja H₂S na H₂ in S, se sčasoma notranje površine razelektritvene cevi umažejo z žveplovim nanosom. Zato smo vsakič pri menjavi vzorca cev predhodno očistili s H₂S-plazmo.

Za karakterizacijo plazme pred obdelavo vzorcev in po njej smo uporabili optično emisijsko spektroskopijo (spektrometer Avantes AvaSpec-3648-USB2 s spektralno ločljivostjo 1 nm).

Po plazemski obdelavi smo obdelane vzorce analizirali z metodo XPS (rentgenska fotoelektronska spektroskopija), s katero smo ugotovljali kemijsko stanje površine, in AFM (mikroskop na atomsko silo), s katerim smo analizirali morfološke spremembe površine.

XPS-analize smo opravili z monokromatskim izvirom rentgenskih žarkov Al_{Kα} z energijo 1486 eV. Posneli smo pregledne spektre površine, iz katerih smo izračunali koncentracije elementov, ter visoko ločljive spektre ogljika, iz katerih smo ugotovili vrste



Slika 1: Pregledni XPS-spektri polimera PTFE pred obdelavo v H₂S-plazmi in po njej za 10 s in 5 min

funkcionalnih skupin na površini. Pregledni XPS-spektri so bili posneti z energijo prehoda elektronov skozi analizator 186 eV in korakom po 0,4 eV, medtem ko so bili visoko ločljivi spektri posneti z energijo 29,35 eV in korakom 0,125 eV. Ker so vzorci nepredvidni, smo uporabili nevtralizator.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Na **sliki 1** je prikazana primerjava preglednih XPS-spektrov površine polimera PTFE pred obdelavo v H₂S-plazmi in po njej. Koncentracije elementov, ki so bile izračunane iz spektrov na **sliki 1**, so prikazane v **tabeli 1**. Na neobdelanem polimeru sta bila dva za PTFE značilna vrhova, ki pripadata ogljiku (C 1s) in fluoru (F 1s). Kisika na neobdelanem vzorcu kljub izpostavljenosti zraku ni bilo opaziti. Po izpostavitvi vzorca H₂S-plazmi se pojavita dodatna vrhova, ki pripadata žveplu S 2p. Pri kratkotrajni obdelavi (10 s) je bila njegova koncentracija izredno majhna, in sicer zgolj $x = 3,2 \%$ (**tabela 1**).

Z daljšim časom obdelave (5 min) koncentracija žvepla naraste, vendar je še zmeraj zgolj $x = 8,7 \%$.

Videti je, da je koncentracija žvepla na površini polimera PTFE dokaj stabilna, saj z metodo XPS po štirih dneh staranja ni bilo mogoče zaznati občutnega zmanjšanja koncentracije žvepla (**tabela 2**). V **tabeli 1** lahko za plazemsko obdelan polimer opazimo še eno njegovo lastnost: koncentracija fluora se po obdelavi zmanjša, medtem ko se ogljika poveča.

Tabela 1: Sestava površine polimera PTFE (v množinskih deležih, $x\%$) po obdelavi v H₂S-plazmi 10 s in 5 min

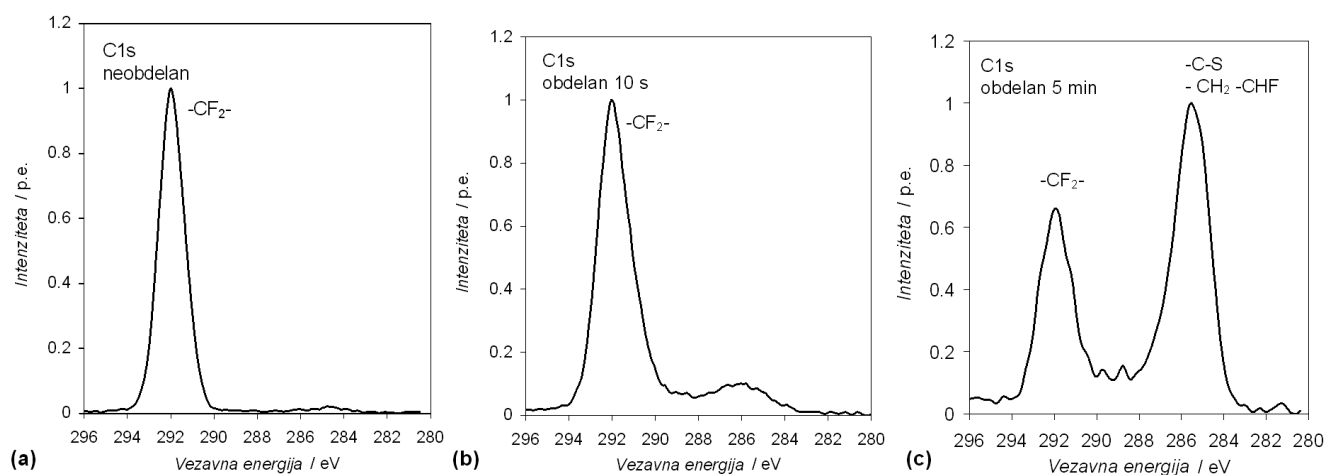
PTFE	C	F	S	O	S/C	F/C
neobdelan	31,3	68,7			0	2,2
10 s	38,1	57,1	3,8	1,0	0,10	1,5
5 min	52,0	38,2	8,7	1,1	0,17	0,7

Tabela 2: Sestava površine polimera PTFE, ki je bil obdelan v H₂S-plazmi 10 s in 5 min, po štirih dneh staranja na zraku (v množinskih deležih, $x\%$)

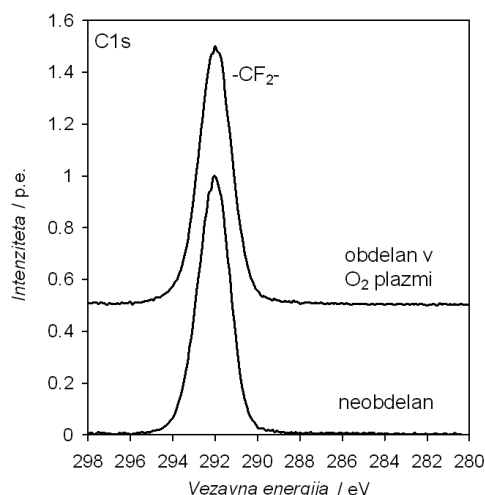
Staranje (4 d)	C	F	S	O	S/C	F/C
10 s	42,7	52,3	3,7	1,3	0,09	1,2
5 min	44,8	45,1	8,5	1,5	0,19	1,0

Ker je za H₂S-plazmo značilno, da nastane razgradnja molekule H₂S na vodik in žveplo [9–12], je bilo potrebno nadalje raziskati, ali je žveplo, ki smo ga zaznali na površini, vezano na polimer ali gre zgolj za njegov nanos na površini. Zato smo posneli visoko ločljive spektre ogljika C 1s, ki so prikazani na **sliki 2**. Na **sliki 2** lahko opazimo, da nastane po obdelavi polimera PTFE v H₂S-plazmi izrazita sprememba. Že po kratkotrajni obdelavi (**slika 2b**) se pojavi poleg glavnega vrha pri 292 eV, ki pripada skupinam –CF₂–, nov vrh pri energiji okoli 285,5 eV. Ta vrh lahko pripišemo bodisi skupinam C–S bodisi skupinam –CH₂–CHF– [13, 14]. Z daljšim časom obdelave se ta vrh močno poveča in postane izrazitejši od prvotnega (**slika 2c**).

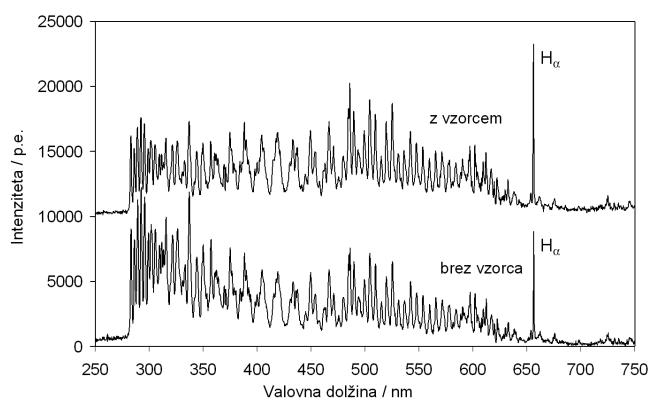
Nastanek novega vrha nas je nekoliko presenetil, saj je polimer PTFE znan kot zelo inerten in ga je s



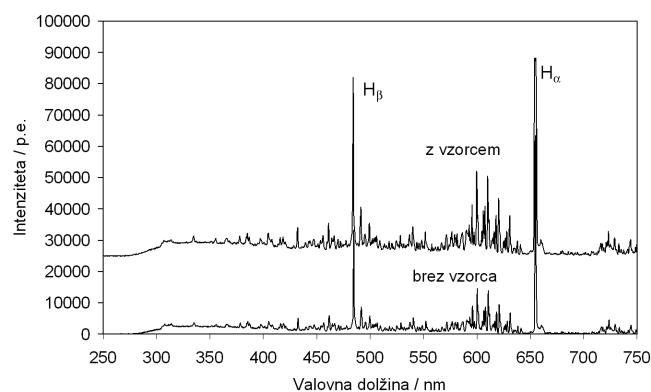
Slika 2: Primerjava XPS-spektrov ogljika polimera PTFE: neobdelan (a) in obdelan v H₂S-plazmi za 10 s (b) ter 5 min (c)



Slika 3: Primerjava XPS-spektrov ogljika polimera PTFE: neobdelan (spodnja krivulja) in obdelan v kisikovi plazmi (zgornja krivulja) [3]



Slika 4: OES-spekter H₂S-plazme brez vzorca (spodnja krivulja) in med obdelavo polimera PTFE (zgornja krivulja)

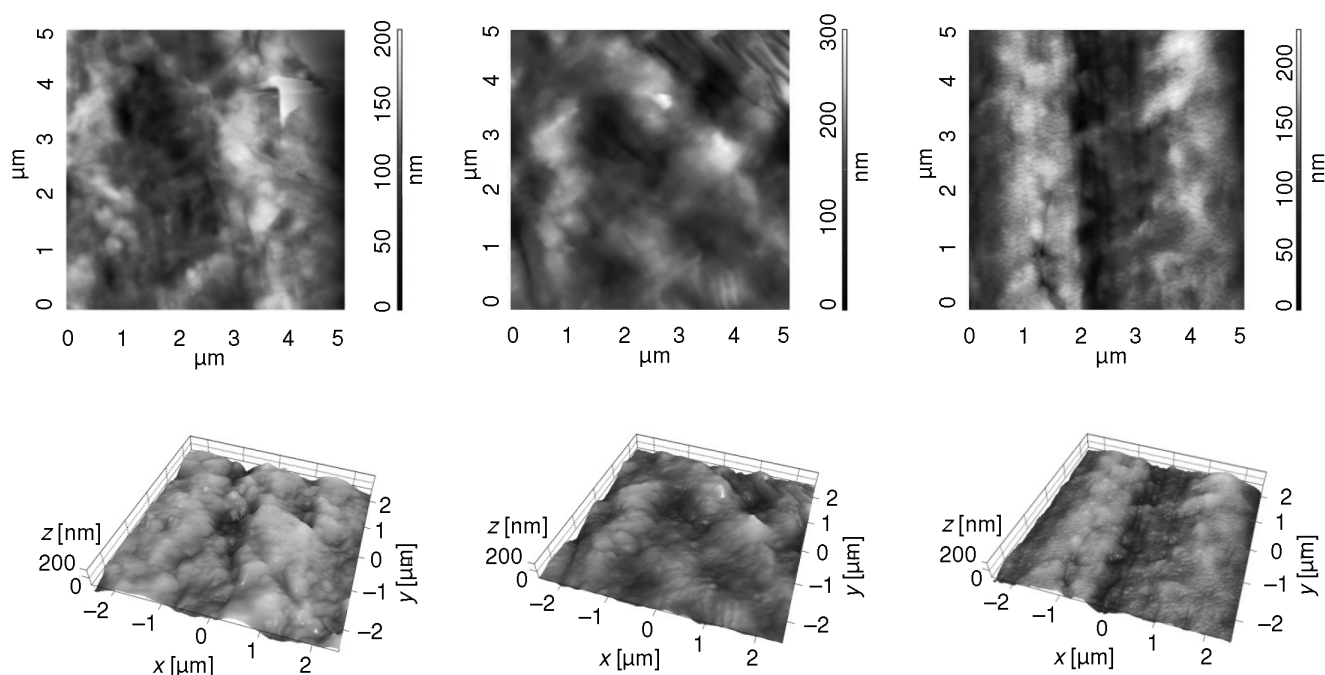


Slika 5: OES-spekter H₂-plazme brez vzorca (spodnja krivulja) in med obdelavo polimera PTFE (zgornja krivulja)

plazmo težko modificirati. Na primer naši prejšnji poskusi modifikacije polimera PTFE s kisikovo plazmo (**slika 3**), ki se sicer najbolj pogosto uporablja za površinsko modifikacijo polimerov [15], so bili popolnoma neuspešni, saj nismo zaznali niti najmanjše spremembe na površini [3].

Da bi lažje pojasnili, zakaj je nastala sprememba vrha ogljika na **sliki 2** po plazemski obdelavi, smo posneli optični emisijski spekter (OES) plazme. Najboljša razlaga za nastanek sprememb je jedkanje vzorca, pri čemer razbijemo posamezne vezi v polimeru, nastali manjši produkti pa se pri tem desorbirajo s površine in zaidejo v plazmo, kar bi lahko zaznali na OES-spektru.

Značilni primer OES-spektra H₂S-plazme je prikazan na **sliki 4** (spodnja krivulja). Zgornja krivulja



Slika 6: 2D- in 3D-slike AFM površine neobdelanega vzorca (levi sliki) in obdelanih vzorcev 10 s (sredinski sliki) ter 5 min (desni sliki)

na **sliki 4** pa prikazuje značilen spekter med obdelavo vzorca. Med spektroma ni opaziti kakšnih bistvenih razlik. Prav tako ni opaziti fluorovih linij, ki bi nakazovale, da je prišlo do jedkanja fluora s površine polimera, vendar je treba tu opozoriti, da se molekulski pasovi CF₂ in CF pojavijo v UV-območju med 200 nm in 400 nm in se tako prekrivajo z vrhovi, ki pripadajo H₂S-plazmi. Emisijski vrhovi fluorovih atomov se pojavijo v območju med 560 nm in 780 nm, vendar so verjetno prešibki, da bi jih opazili, saj jih v E-načinu razelektritve težko opazimo tudi v čisti CF₄-plazmi.

Tukaj velja omeniti še eno možnost, in sicer da H₂S-plazma lahko reagira ne samo s fluorovimi atomi iz polimera, temveč tudi z ogljikom, kjer bi lahko prišlo do nastanka CSH_x-radikalov, ki pa jih je v tako bogatem spektru, kot ga ima H₂S-plazma, prav tako ne moremo zaznati. Zato nam na žalost optična emisijska spektroskopija ni dala zadovoljivega odgovora, kaj se dejansko dogaja na površini med obdelavo vzorcev.

Ker molekula H₂S v plazmi disociira na radikale HS, H in S, smo nadalje skušali ločiti vpliv posameznih radikalov na morebitno jedkanje. Zato smo eksperiment ponovili še v čisti vodikovi plazmi, da bi ugotovili, ali lahko z atomi vodika jedkamo površino. Rezultat je prikazan na **sliki 5**. Tudi tukaj ne opazimo razlike v spektru plazme z vzorcem ali brez njega, zato lahko sklenemo, da so vodikovi radikali prešibki, da bi prišlo do jedkanja površine. Tako kot mogoči kandidat ostanejo le še radikali SH.

Če bi v plazmi prihajalo do izrazitejšega jedkanja površine, bi se to moralo poznati na morfologiji površine. Zato smo površino vzorcev analizirali z metodo AFM, rezultati pa so prikazani na **sliki 6**. Ker je površina polimera PTFE zelo nehomogena, je bilo težko posneti dobre AFM-slike. Kljub temu se da iz AFM-slik razbrati, da se hrapavost pri daljših časih obdelave poveča, saj postane na površini vzorca,

obdelanega 5 min, opazna drobna vzorčasta struktura, tako da je v plazmi očitno tudi jedkanje.

4 SKLEPI

Prikazali smo primer uporabe dokaj nepoznane H₂S-plazme za modifikacijo polimernih materialov. Uporabili smo polimer PTFE, ki je dokaj inerten in ga je težko modificirati. Na osnovi rezultatov površinske karakterizacije z metodama XPS in AFM polimera PTFE po obdelavi v H₂S-plazmi lahko sklenemo, da je bil postopek modifikacije uspešen, saj je prišlo tako do kemijskih kot morfoloških sprememb na površini.

5 LITERATURA

- [1] G. Prime, R. Zaplotnik, A. Vesel, *Vakuumist*, 32 (2012), 18–24
- [2] M. Modic, I. Junkar, K. Stana-Kleinschek, R. Kostanjšek, M. Mozetič, *Plasma Processes and Polymers*, 11 (2014), 596–605
- [3] A. Vesel, M. Mozetic, A. Zalar, *Surf. Interface Anal.*, 40 (2008), 661–663
- [4] K.S. Siow, L. Britcher, S. Kumar, H.J. Griesser, *Plasma Process. Polym.*, 6 (2009) 583–592.
- [5] A. Holländer, S. Kröpke, *Plasma Process. Polym.*, 7 (2010), 390–402
- [6] K. Fatyeyeva, F. Poncin-Epaillard, *Plasma Chem. Plasma Process.*, 31 (2011), 449–464
- [7] M. C. Coen, B. Keller, P. Groening, L. Schlapbach, *J. Appl. Phys.*, 92 (2002), 5077–5083
- [8] R. Zaplotnik, A. Vesel, M. Mozetič, *Epl-Europhys. Lett.*, 95 (2011), 55001
- [9] V. Dalaine, J. M. Cormier, S. Pellerin, P. Lefaucheux, *J. Appl. Phys.*, 84 (1998), 1215–1221
- [10] T. Nunnally, K. Gutsol, A. Rabinovich, A. Fridman, A. Starikovskiy, A. Gutsol, R. W. Potter, *Int. J. Hydrogen Energ.*, 34 (2009), 7618–7625
- [11] E. L. Reddy, V. M. Biju, C. Subrahmanyam, *Appl. Energ.*, 37 (2012), 2204–2209
- [12] G.-B. Zhao, S. John, J.-J. Zhang, J. C. Hamann, S. S. Muknahallipatna, S. Legowski, J. F. Ackerman, M. D. Argyle, *Chem. Eng. Sci.*, 62 (2007), 2216–2227
- [13] T. Vrlinić, A. Vesel, U. Cvelbar, M. Krajnc, M. Mozetič, *Surf. Interface Anal.*, 39 (2007), 476–481
- [14] N. Vandecasteele, H. Fairbrother, F. Reniers, *Plasma Process. Polym.*, 2 (2005), 493–500
- [15] A. Vesel, *Inform. Midem*, 38 (2008) 257–265

VAKUUMSKE NAPRAVE PRVEGA PROFESORJA FIZIKE NA SLOVENSKEM, KI NI BIL ČLAN MENIŠKEGA REDA (ob 240-letnici Neumannovega rojstva)

Stanislav Južnič

ZNANSTVENI ČLANEK

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

POVZETEK

Moravec Johann Filip Neumann se je dobro zapisal v razvoj vakuumske tehnike v Ljubljani. Opisujemo njegovo profesorsko pot na ljubljanski filozofski fakulteti, katere bistveni del je bila njega dni fizika. Zanimajo nas vakuumske naprave, ki jih je Neumann kazal svojim študentom. Svoje izsledke o vakuumski tehniki je uporabil za pisanje znanstvenih razprav in učbenikov že nekaj mesecev po odhodu iz Ljubljane. Predvsem pa si je v Ljubljani znal vzgojiti celo vrsto uspešnih naslednikov. Potem ko sta ga sprva nadomeščala sodelavca Jožef Jenko in Matija Kalister, je Neumann iz Gradca poslal v Ljubljano Franca Prema. Po Premovi vrnitvi na Neumannovo graško katedro je za domala pol stoletja kemijsko-fizikalni pouk v Ljubljani prevzel Neumannov najboljši študent, Janez Krstnik Kersnik. Številne arhivske dokumente o Neumannu to pot prvič objavljamo in opozarjamo na izjemno dejstvo, da Neumann ni bil zgolj pionir vakuumskih tehnik v našem prostoru, temveč tudi tesen glasbeni sodelavec vrhunskega romantičnega skladatelja Franza Schuberta, ki se je sam sicer zaman potegoval za predavateljski položaj v Ljubljani.

Ključne besede: Johann Filip Neumann, zgodovina vakuumskih tehnik, Franz Schubert, Ljubljana

Vacuum equipment of the first Ljubljana professor of physics who was not a monk (240-anniversary of Neumann's birth)

ABSTRACT

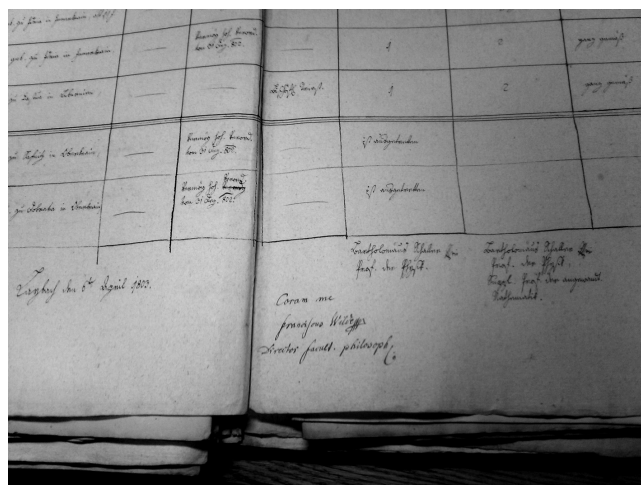
Although Johann Philipp Neumann came from Moravia, he made an unforgettable mark in the development of vacuum technique in Ljubljana. His professorship in Ljubljana Philosophical Faculty with physics as its main part is described. The vacuum equipments in Neumann's care which he demonstrated to his students are put into the limelight. Neumann published his research in vacuum techniques in his textbooks and papers, and he began publicizing just few months after he left Ljubljana. We focus on the row of his able descendants which he educated for his Ljubljana chair. On his place Neumann's collaborators Jožef Jenko and Matija Kalister supported him. Later Neumann sent Franc Prem from Graz as Neumann's replacement, and after Prem returned to Neumann's Graz chair Neumann's best student Janez Krstnik Kersnik was appointed in Ljubljana and kept his chairs of physics and chemistry for almost half a century. Many archival documents about Neumann's work in Ljubljana are published for the first time in this paper. Besides being a pioneer of Ljubljana vacuum techniques Neumann was also a close music collaborator of the composer Franz Schubert who himself tried in vain to get a lecturing position in Ljubljana.

Keywords: Johann Philipp Neumann, History of vacuum techniques, Franz Schubert, Ljubljana

1 UVOD

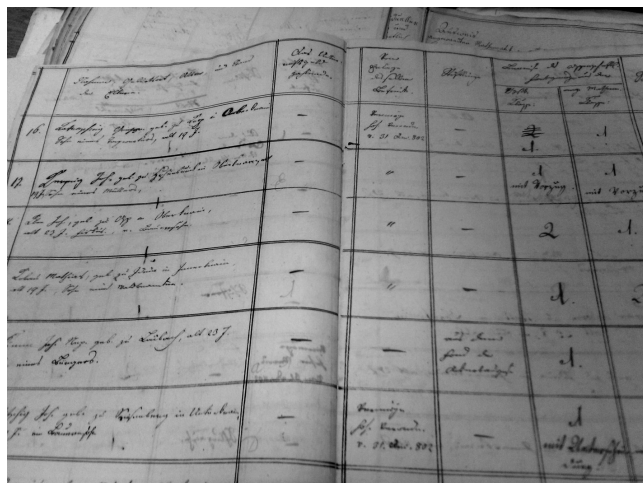
Johann Filip Neumann (* 27. 12. 1774 v Třebíč (Trebíř, Trebiž) severno od Dunaja in zahodno od Brna na Moravskem; † 1849 Dunaj) je prišel v Ljubljano takoj po koncu svojih študijev na dunajski pravni univerzi. Kljub svojemu zgodnjemu zanimanju za vakuumske tehnike ni mogel takoj prevzeti katedre za fiziko. Da je študiral pravo ni nič presenetljivega, saj je bila tedanja izbira skrčena le še na teologijo in medicino. Najprej je dve leti poučeval grščino namesto Janeza Nepomuka Moracka (Morak, Morach, * 2. 9. 1730/31 Ljubljana; SJ 28. 10. 1748; † 9. 1. 1807 Radomlje), dokler se mu z boleznijo in smrtjo ljubljanskega profesorja fizike Jerneja Schallerja (* 24. 8. 1745; † 29. 4. 1803 Ljubljana) ni odprla pot do zelene katedre.

Nato je nekaj mesecev predaval kot nadomestni profesor fizike in urejeval bogato zbirko tristodevetih vakuumskih in sorodnih naprav, ki sta mu jo zapustila Schaller in matematik Anton Gruber.¹ Pri zahtevnih popravilih z vzdrževanjem številnih vakuumskih črpalk, Musschenbrokovih ventilov in magdeburških polkrogel se je že obelodanila izrazita Neumannova

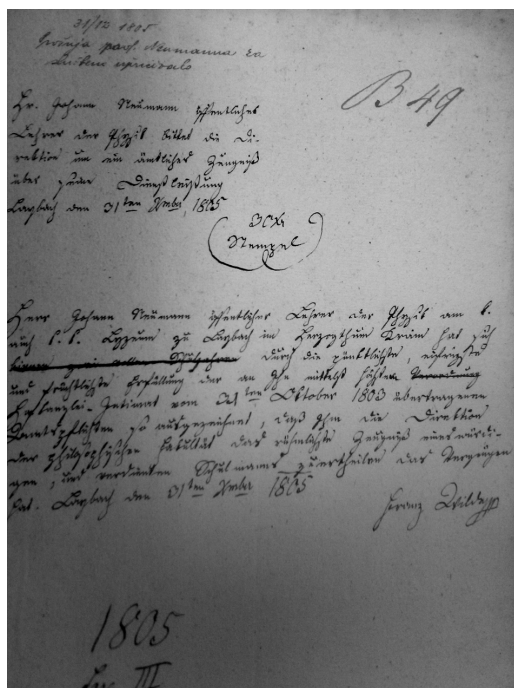


Slika 1: Zadnji Schallerjev podpis pod J. K. Kersnikove ocene iz fizike in matematike; pri slednji je Schaller nadomeščal po odhodu Antona Gruberja. Dokument je direktor Wilde datiral 6. 4. 1803, tri tedne pred Schallerjevo smrtjo (ZAL SI LJU 184/1, š. 75, fasc. 453).

¹ ZAL LJU 184/1, š. 52, fasc. 179, *Verzeichniss. Der in physikalischen Saale befindigen physichen, und mathematischen, und anderen verschiedenen Geräthschaften*, 10 vezanih nepaginiranih listov A3, datiranih na dnu zadnje strani.



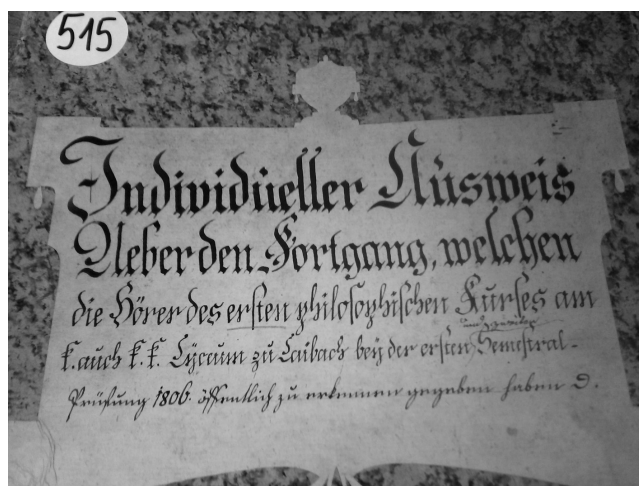
Slika 2: Neumann in M. Kalister sta takole ocenila bodočega profesorja fizike J. K. Kersnika z najvišjima ocenama ob pohvali pri fiziki in matematiki dne 28. 8. 1803 v drugem semestru pouka fizike in uporabne matematike (ZAL SI LJU 184/1, š. 75, fasc. 453).



Slika 3: Neumannova prošnja za službeno spričevalo o ljubljanski profesuri fizike, ki ga je 21. 12. 1805 podpisal direktor F. Wilde (ZAL SI LJU 184/1, š. 79 fasc. 470).

nadarjenost za red, ki jo je pozneje nadgradil z domala tremi desetletji knjižničarskega dela na dunajski Politehnik. Urejevanja knjig se je navadil že pri svojem ljubljanskem nadrejenem direktorju Francu Wildu, ki je prvovrstno skrbel tudi za čtivo o napredku vakuumskih tehnik in sorodnih ved tistih dni. Pri tem je Neumannu pomagalo znanje številnih jezikov: latinskega, grškega, nemškega, francoskega in italijanskega; znal

² ZAL SI LJU 184/1, š. 52, fasc. 166, popisi profesorjev 8. 2. 1804 in 11. 11. 1806. Morack je predaval grščino 8. 9. 1801, 24. 12. 1801 je bila formalno katedra nezasedena, čeprav je Neumann predaval od 21. 7. 1801; uradno jo je zasedel vsaj že 8. 9. 1802.



Slika 4: Naslovna stran redovalne knjige, datirane 20. 9. 1806, za slušatelje prvega filozofskega tečaja s fiziko kot glavnim predmetom v prvem in drugem semestru (ZAL SI LJU 184/1, š. 86 fasc. 515)

je tudi nekatere slovanske jezike, med njimi seveda češko.²

2 LJUBLJANSKI PREDHODNIKI

S smrtjo Jerneja Schallerja se je končalo domala natančno sto let jezuitske fizike v Ljubljani. Po nenadnem odhodu A. Gruberja je Schaller nekaj časa supliral tudi pouk matematike. Ohranjeni so katalogi Schallerjevih, Wildejevih in Gruberjevih ljubljanskih študentov fizike s kemijo, filozofije in matematike. Popisi vsebujejo tabele z imenom študenta, rojstnim

Individueller Ausweis über den Fortgang, welchen die Hörer des ersten philosophischen Kurses am k. k. Lyceum zu Laibach bei der ersten Semestral-Prüfung 1806...													
philosophischen Kurses 18. austretenden Schülern.													
in der													
Anmerkungen.													
Mathematische Wissenschaften													
Physik													
Naturgeschichte													
Griechische Sprache													
Anmerkungen.													
...													

Slika 5: Zadnja Neumannova ljubljanska podpisa pod oceno iz fizike in grščine v redovalni knjigi, datirani 20. 9. 1806, za slušatelje prvega filozofskega tečaja v prvem in drugem semestru. Levo od Neumannovega je podpis matematika J. Jenka, ki je ocenjeval tudi splošno zgodovino (ZAL SI LJU 184/1, š. 86 fasc. 515).

krajem, starostjo, ocenama iz fizike in matematike ter celotnim učenim uspehom. Dokumente so navadno podpisovali profesor fizike, profesor matematike in Franz Wilde kot direktor.

15. 7. 1791 sta imela Gruber in Schaller 20 študentov; med osmimi popisanimi na prvi strani je tudi poznejši ljubljanski profesor sedemnajstletni Franc Hladnik iz Idrije, na drugi strani pa sta popisala še 12 študentov. Seznam je s svojim podpisom overil Wilde 22. 7. 1791 kot učitelj filozofije. V redovalnici sta bila prva dva med slušatelji filozofije in fizike grofa Turjaška (Auersperga), Karl in Josef iz Ljubljane, stara 17 oziroma 16 let. Oba sta imela terezijansko štipendijo (*Stiftung*). Nista dobila ocene iz fizike s kemijo, zato pa sta imela najboljši oceni (enojki) iz filozofije in elementarne matematike. Na tretjem mestu je imel devetnajstletni Dolenjec Leopold Baumgartner iz Poganjic oceno iz fizike. Johan grof Brigido, rojen v Lvovu na Poljskem, je bil prav tako upoštevan³ pri fiziki, zapis pa je Wilde podpisal dne 6. 9. 1792. Podobno je bilo tudi s slušatelji matematike,⁴ kjer sta imela grofa Auersperga prav tako enki iz geometrije in trigonometrije; Anton Gruber je dokument podpisal dne 27. 8. 1792. Sledil je popis slušateljev trgovcev (*Krämer*) v Ljubljani leta 1789/90.

Od 16. do 24. 8. 1792 so sestavili drugo redovalnico za ljubljanske slušatelje fizike, kjer je bil na prvem mestu v Trstu rojeni osemnajstletni Peter Garzarolli (pl. Thurnlackh, * 25. 6. 1774; † 1746 Trst), ki je leta 1819 postal tržaški mestni fizik; za njim so zapisali sedemnajstletnega Ljubljana Leopolda grofa Hohenwarta. Dokument je Schaller podpisal 27. 8. 1791. Redovalnico šestnajstih slušateljev matematike je A. Gruber podpisal 27. 8. 1792 za dan 24. 8. 1792. Dne 6. 9. 1792 je redovalnico za Garzarollija, Hohenwarta in sošolce podpisal kar študent teologije Josef Matija Robič kot magister *repetitor*.⁵ Dne 28. 3. 1801 je bil Georg Jonke (* 1777 Gorenje (Obern) št. 4; † 1864) iz Kočevja zapisan med študenti v redovalnici, ki sta jo podpisala Schaller in A. Gruber. Jonke je pozneje postal uveljavljen čebelar, črmošnjiški župnik in župan pod Francozi.

A. Gruber je bil nazadnje podpisan pod redovalnico 20. 4. 1802 in 24. 8. 1802. Dne 6. 4. 1802 se je Schaller podpisal kot profesor fizike in suplent uporabne (*Angewandte*) matematike, 27. 8. 1803 pa sta bila pod redovalnico podpisana Wilde in Matija Kalister (Matthias Kallister), slednji kot učitelj 4.

(razreda) normalke in suplent matematike. Dne 29. 3. 1804 je bil kot učitelj matematike že podpisan Josef Jenko, na isti dan, 6. 4. 1804 in znova oktobra 1804 pa Johan Neumann kot učitelj fizike s kemijo ter predavatelj grške literature in slovnice.⁶

Popravilo modelov in strojev za pouk fizike s kemijo so popisali dne 16. 6. 1800, pod št. 4638 pa je Zollmann opisal novo mehanično šolo dne 26. 7. 1800.⁷ Wilde je pod številko 88/12 dne 13. 4. 1802 podpisal akt o ponovni ustanovitvi ljubljanske mehanične šole; opisal je mehaniko, statiko in delo adjunkta. Pod številko 262 z rdečim označeno kot B 22 je Wilde podpisal gradivo za šolsko sejo 2. 11. 1802 o provizoričnem supliranju dogmatike pa Matiji Ravnikarju in matematike po Matiji Kalistru, skriptorju knjižnice. Pravi učitelj fizike (Schaller) je usklajeval pouk matematike manj izkušenega suplenta Kalistra.⁸

Anton Gruber je nehal predavati med 24. 8. 1802, ko je bil nazadnje podpisan, in 2. 11. 1802, ko je bil Kalister že naveden kot suplent. Pod številko K 144 se je dne 27. 10. 1802 osemnajstletni kapetanov (glavarjev) sin Joseph Safshman, študent pri St. Juliusu, javil na natečaj matematike v Ljubljano. Obvladal je latinski in slovanski jezik, za seboj pa je imel pet razredov gimnazije. Pod št. 6483 je bil duhovnik Matija Kalister dne 6. 11. 1802 naveden kot suplent dogmatike (sic!) in matematike, podpisal pa se je kot fizik.⁹ Dne 30. 4. 1803 je Wilde poročal o Schallerjevi smrti, ki se je zgodila na včerajšnji večer ob pol devetih zaradi hude vročine kot stranskim učinkom revmatizma.¹⁰

3 LJUBLJANSKI FIZIK

S prevzemom katedre za fiziko in fizikalnega kabineta, polnega tedaj priljubljenih vakuumskih naprav, se je izpolnila dolgoletna Neumannova želja. Seveda ni šlo vse gladko in hitro. Pred uradnim prevzemom katedre je Neumann moral še skozi poldrugo uro trajajoče preverjanje znanja o značilnosti teles, prostem padu, Arhimedovem zakonu in barvah teles, ki niso prozorna. Za nameček se je izpit nadaljeval s pisnim delom o pravilni postavitvi strelovoda in prednostih Kopernikove na medplanetarnem vakuumu zasnovane astronomije.

Izpitna vprašanja so resda zvenela nekoliko zastarelo že sodobnikom, saj jih je sestavil prijatelj nekda-

³ *Hat Gezählt* (ZAL SI LJU 184/1, š. 75, fasc. 451, *Ausweis den wissenschaftlichen Vorgang...* 16.–25. 8. 1792)

⁴ 16.–24. 8. 1792 v popisu naslovljenem *Ab gehelte 2^{te} sum ...*

⁵ ZAL SI LJU 184/1, š. 75, fasc. 451 (katalog 1791). Fasc. 452 vsebuje redovalnice za dobo od 16. 3. 1796 do 25. 8. 1800.

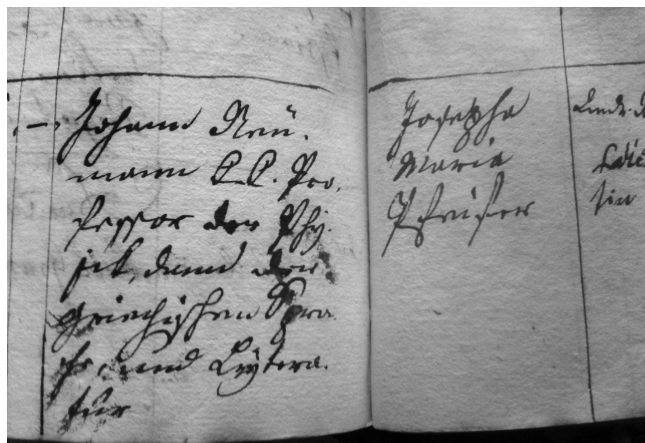
⁶ ZAL SI LJU 184/1, š. 75 (katalogi 1791–1806, 1811), fasc. 453 (katalogi 1801–1804)

⁷ ZAL SI LJU 184/1, š. 78, fasc. 464

⁸ Wilde je zapisal: »In Betreff der angewandte Mathematik erklärt für der Wirkliche Lehrer der Physik Bereitwillig diesen Theile der Unterricht unter einen Zu-übernehmen.«

⁹ *der ungewandte Priester der wirkliche Lehrer der Physik* (ZAL SI LJU 184/1, š. 78, fasc. 466)

¹⁰ *Gestern Abend... an eine Schlecht Fieber mit Rheumatische Seitenstecken*



Slika 6: Zapis o Neumannu in njegovi soprogi ob krstu njunega sina v ljubljanski stolnici (NSAL, krstna knjiga sv. Nikolaj, Ljubljana, 28)

njega ljubljanskega profesorja Gabrijela Gruberja in njegovega brata Tobije, Joseph Walcher (* 6. 1. 1718 Linz; SJ 18. 10. 1737; † 29. 11. 1803 Dunaj). Walcher je bil tisti čas že pri zadnjih zdihljajih; bil je več kot pol stoletja starejši od edinega kandidata Neumanna, ki je seveda – zmagal.

4 GRADEC IN DUNAJ

Neumannov pouk v Ljubljani je trajal le pet let, saj je avgusta 1806 podpisal zadnja spričevala, potem ko si je že prejšnje leto priskrbel dokazila o svojih ljubljanskih službenih letih. Tako je bil jeseni 1806 že v Gradcu na podobni visokošolski ustanovi s precej daljšim stažem, ki se ji je obetala skorajšnja prelevitev v nekdanjo univerzitetno slavo. Dolgoletni ljubljanski graški profesor fizike jezuit Gottlob Leopold Biwald (* 1731 Dunaj; † 1805 Gradec) je umrl, tako da je Neumann prevzel njegovo katedro in fizikalni kabinet izjemno dobro opremljen z vakuumskimi napravami. V Gradcu je kmalu spet izbila na površje Neumannova prvovrstna nadarjenost za administracijo, tako da je leta 1810/11 prevzel rektorsko palico.

Neumann je ostal v Gradcu manj kot desetletje. Ni se mu godilo slabo, zato je njegov mlajši frankovski prijatelj Johann Joseph Precht (* 1778; † 1854) kmalu postal pozoren na Neumannovo nadarjenost za vodenje visokošolskega študija. Med Neumannovim ljubljanskim obdobjem pouka se je Precht udingal za domačega učitelja družine Johanna Taafeja v moravskem Brnu, nedaleč od Neumannovega rojstnega kraja. Prav takšnega sodelavca je potreboval! Moža sta ustanovila izredno učinkovito dvojico, v kateri je Precht šoli ponujal visoke znanstveno-tehniške dosežke, njegov tajnik Neumann pa vzorno vodeno usta-

novo in knjižnico. Tandem je deloval podobno uspešno, kot je bilo v Ljubljani stoletje pozneje vzorno sodelovanje med znanstvenikom matematikom in prvim rektorjem Plemljem ter drugim rektorjem ljubljanske univerze Rihardom Zupančičem.

Prechtlov in Neumannov profesor strojništva na Politehniki Johann Arzberger (* 1778; † 1835) je priskrbel tehnološko ost dvojici. Najprej je bil direktor strojništva na Moravskem, nato pa je Preschtlu pomagal pri uvajanju plinske razsvetljave na Dunaju, preden je Edison prodrl s svojimi vakuumskimi električnimi svetili. Med Neumannovimi najpomembnejšimi kolegi na Politehniki je bil med letoma 1829–1835 Christian Doppler (* 1803; † 1853), ki je zaslovel z razlago dopplerjevega pojava.

Neumann je stanoval v središču Dunaja na Ballgasse št. 987;¹¹ tesno je sodeloval s skladateljem Francom Schubertom (* 1797; † 1828), ki se je jeseni 1816 zamen potegoval za položaj učitelja na novi glasbeni šoli v Ljubljani v okviru ljubljanske realke. Schubert si je želel v Ljubljano kmalu po Neumannovi priselitvi na Dunaj. Čeprav je Schuberta priporočil njegov in Beethovnov učitelj Antonio Salieri (* 1750; † 1825), so Ljubljančani raje izbrali celovškega učitelja glasbe češkega rodu Franca Sokola (Sokoll, * 1779 Sadská; † 1822 Ljubljana).¹² Ljubljančani tako niso videli Schuberta, medtem ko je njihov nekdanji profesor Neumann v prestolnici pesnil za Schubertovo glasbo.

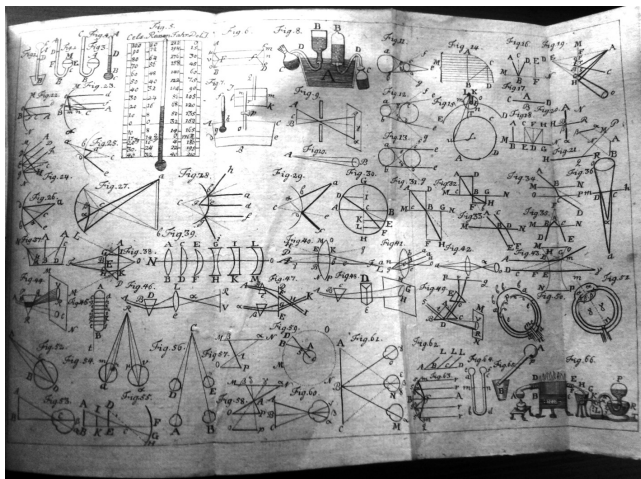
Salierijev brat Francesco je bil padovski učenec piranskega violinista matematika Giuseppaja Tartinija, žal pa skupaj z novim dunajskim profesorjem Neumannom nista znala prepričati Ljubljančane v Schubertove prednosti. Morda je tudi prav tako, saj bi Ljubljana Schubertu kmalu postala pretesna, tako kot je bila desetletje prej njegovemu prijatelju Neumannu.

5 FIZIKALNI UČBENIKI

Neumannu je bila vseč knjiga fizika in višjega bavarskega finančnega svetnika Juliusa Conrada grofa Yelina (* 1771; † 1826) *Lehrbuch der Experimental-Naturlehre in seinem chemischen Theile, nach dem neuen System bearbeitet* (1796, Ausbach). Priporočal je tudi pisce, kot so bili: dr. Link (1798, Hamburg), Michael Hube (1801–1802, Leipzig), J. G. F. Schrader (1804. *Grundreich der Experimental-Naturlehre in seinen chemischen Theile*. Hamburg), Jungwitz (*Grundriss*, 1804, Wroclaw), Fr. Hildebrandt (1807, Erlangen), Gren (1808, Halle) ali G. F. Parrot (1809, Riga/Leipzig). Seveda je bil Neumannu vseč tudi profesor kemije Justusa von Liebiga, Karl Wilhelm

¹¹ Hof und Staats Schematismus der röm Kaiserl. Auch kaiserl. Königl. Und erzherzoglichem Haupt- und Residenz- Stadt Wien, Gerold, Wien, 1818, 2, 145

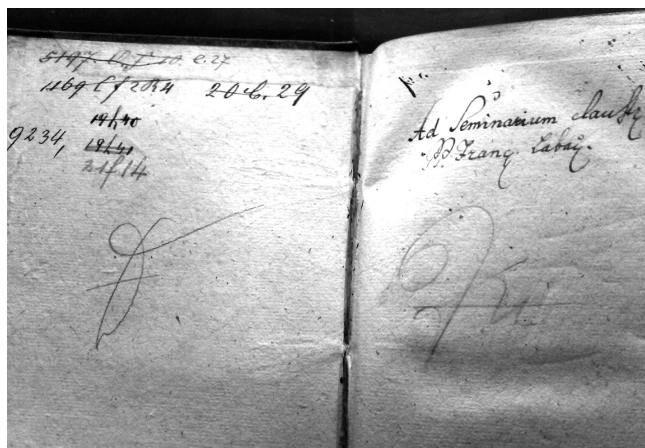
¹² J. Höfler, *Tokovi glasbene kulture na Slovenskem*. Mladinska knjiga, Ljubljana, 1970, 121



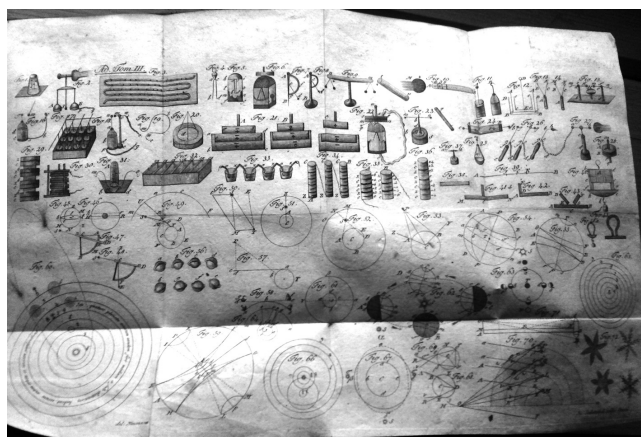
Slika 7: Neumannova ponazoritev destilacije, vakuumskih barometrov, očesa in optičnih poskusov na koncu latinskega učbenika, objavljenega leta 1808 v Gradcu, takoj po odhodu iz Ljubljane

Gottlob Kastner (1783–1857), ki je med letoma 1809–1810 objavil v Hiedelbergu pri Mohru in Zimmerju. Neumann je odobral tudi deli J. T. Mayerja (1812) in G. G. Schmidta (1813, Giessen).

Neumann je v uvodu svojega učbenika priporočal nizozemske kemike in fizike vključno s 's Gravesandom in Musschenbroekovimi *Institutiones* (1748) ter *Introductio ad philosophiam* (1762).¹³ Izbira je bila povezana z Musschenbroekovimi ventili vakuumskih recipientov, ki jih je uporabljal v Ljubljani. Neumannu so bili med zamejskim čtvom najbolj všeč francoski učbeniki, naslovljeni *Traité*, izpod peresa raziskovalcev, kot so bili Haüy (1806, nemška prevoda Ch. S. Weiss ali Blumhof), A. Libes ali J. B. Biot (1816), ki je v Parizu obelodanil tudi *Precis* (1817). Druge Neumannu všečne učbenike so objavili F. S. Beudant



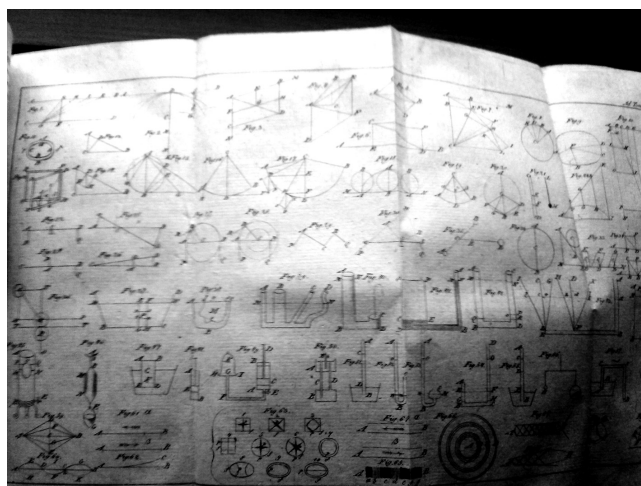
Slika 8: Signatura frančiškanske knjižnice v Ljubljani, zapisana med platnice prvega dela Neumannovega latinskega učbenika, objavljenega leta 1808



Slika 9: Neumannove slike Voltovega člena, baterije in astronomije, objavljene leta 1812 v Gradcu v tretjem delu učbenika

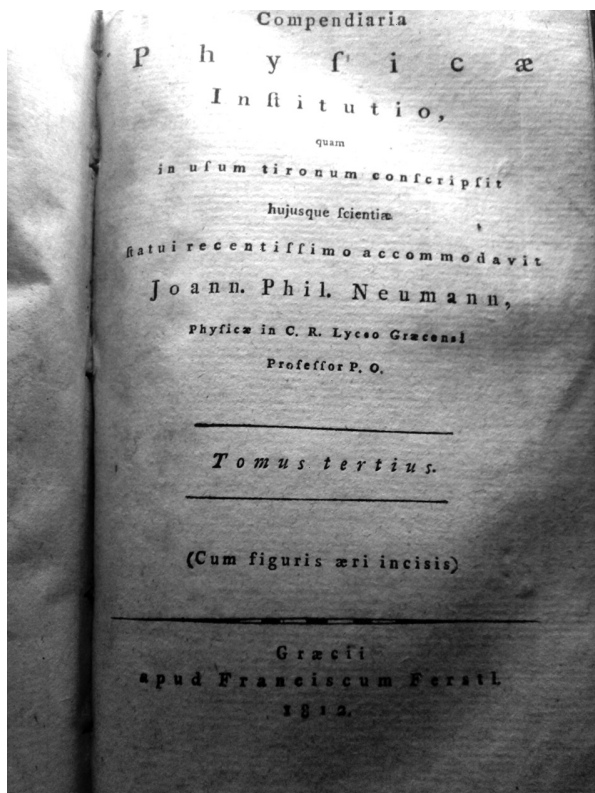
(*Essai*, 1815, Paris), Tiberius Cavallo (*The elements*, 1803, London), Thomas Young (*Lectures*, 1807, London), J. Playfair (*Outlines*, 1814, Edinburgh), Ranieri Gerbi (*Elementi*, 1818, Pisa) in Giuseppe Saverio Poli (*Elementi*, 1819, Benetke). Cavallove in Polijeve knjige si je Neumann ogledal že pri Žigi Zoisu, ki ga je obiskoval kot ljubljanski profesor.

Neumann je priporočal slovarje, ki so jih sestavili S. T. Gehler (1787–1795, Leipzig), J. R. Meyer (1806, Aarau), Hutton (1815), Brison (1781, Paris) ter Briognard in Cuvier (1804–1805 Strasbourg). Med zgodovinami fizike je poudaril J. C. Fischerja (1801–1808, Göttingen), J. Gilberta (1811, Leipzig) in *Archives et découvertes et des inventions nouvelles, faites dans les sciences, les arts et les manufactures*,

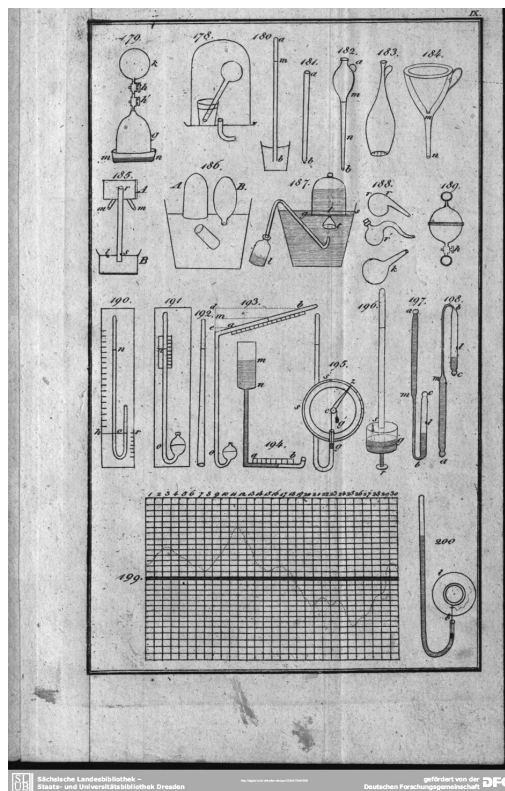


Slika 10: Neumannova ponazoritev hidrostatskega paradoksa, hidrostatske stiskalnice kapilar in vakuumskih pojavov na koncu latinskega učbenika, objavljenega leta 1808 v Gradcu

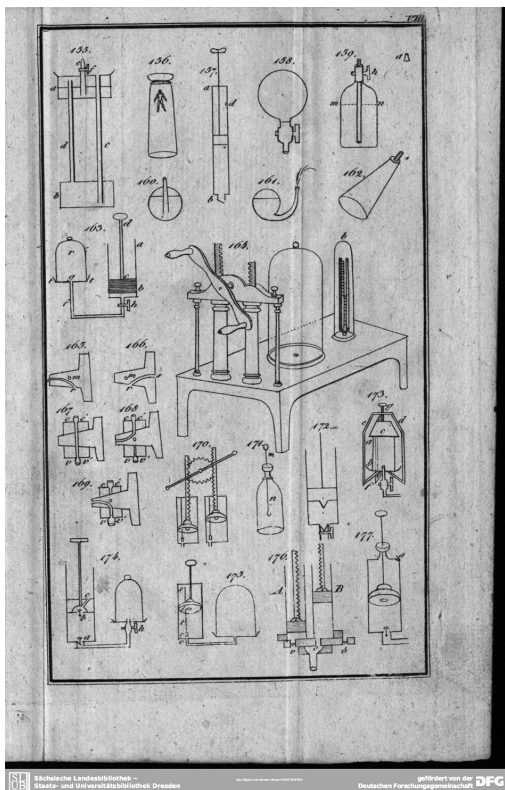
¹³ J. P. Neumann, *Lehrbuch*, Wien, 1820, 2, VII



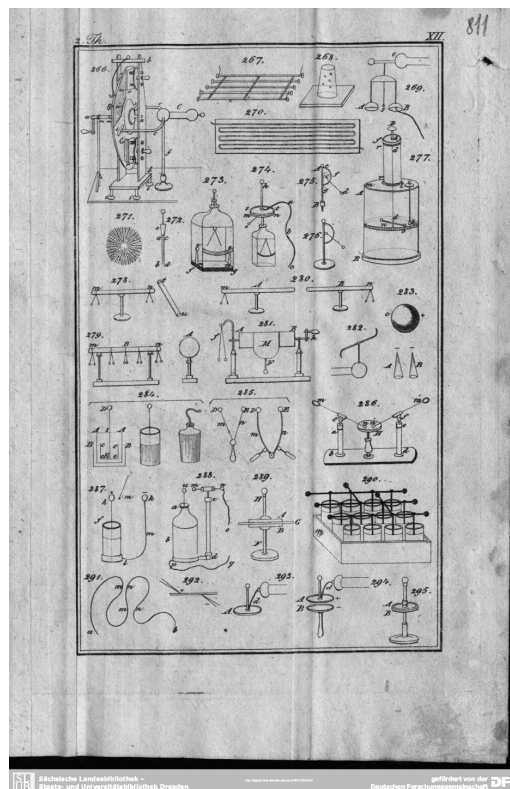
Slika 11: Neumannova naslovna stran tretjega dela učbenika, objavljenega leta 1812 v Gradcu, takoj po odhodu iz Ljubljane



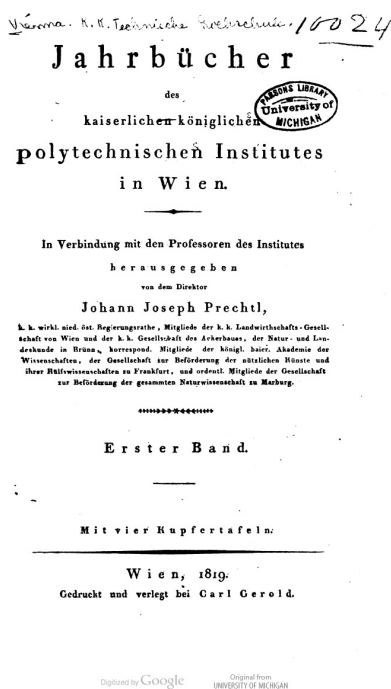
Slika 13: Tabela slik IX s strani 598 prvega dela Neumannovega nemškega učbenika iz leta 1818, ki na sliki 178 ponazarja vakuumsko črpalko, opisano na strani 378 prvega dela. Na sliki 189 sta Magdeburški polkrogli, ki ju je Neumann kazal študentom, že v Ljubljani.



Slika 12: Tabela slik VIII s strani 596 prvega dela Neumannovega nemškega učbenika, ki na slikah 173–177 ponazarja poskuse z vakuumskimi črpalkami, opisane na straneh 375–378 prvega dela



Slika 14: Tabela slik XII drugega dela Neumannovega nemškega učbenika iz leta 1820, ki ponazarja poskuse z elektriko.



Slika 15: Naslovna stran revije, v kateri je Neumann objavil svojo razpravo leta 1819

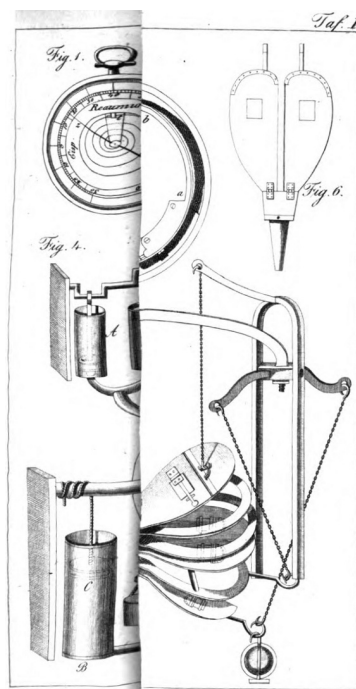
tant en France que dans les pays étrangers (1808 Paris: Treuttel et Würtz).¹⁴

Med Neumannovimi priporočili je bil profesor fizike, kemije in naravoslovja na univerzi Heidelberg Georg Adolf Suckow (* 1751; † 1813), ki je priobčil *Anfangsgrunde der Physik und Chemie* (1813, Augsburg). Ob njem so bili Neumannu všeč še G. F. Fries (1813, Heidelberg), C. W. Bockmann (1813, Karlsruhe), T. Sieber (1815) in predvsem Neumannov dunajski sodelavec B. Scholz. Priporočal je tudi pisce, kot so bili D. F. B. Trommsdorf (1817, Gotha), Lichtenberg (1808–1818, Dunaj), Kries (1818, Jena), E. B. Fischer (1819), G. W. Muncke (1819, Heidelberg) in Gilbert.

Med habsburškimi latinskimi učbeniki je Neumann znova priporočal Ambschella (1807), ob njem pa še Ambshellovega naslednika na dunajski katedri piarista Remigio Döttlerja (1812, Dunaj/Trst) in svoj lastni graški učbenik iz let 1808–1812.

6 SKLEP

Med ljubljanskimi profesorji in raziskovalci vakuumske tehnike bi težko našli koga, ki ima tako veliko omemb na spletu in v literaturi kot ravno Neumann. Seveda levji delež njegove slave izhaja iz sodelovanja s še bolj slovitim Franzem Schubertom, a nič ne de. Slava je bleščeča ne glede na to, kdo ji



Slika 16: Slike, objavljene v Neumannovi razpravi iz leta 1819 na strani 521 v tabli I pod številkami 1–3

botruje! Gotovo pa si Neumann zasluži kakšno spominsko obeležje v Ljubljani ali pa vsaj ulico s svojim imenom, saj eden najstarejših članov DVTS Alojz Paulin nenehno opozarja, da Slovenci prav radi imenujemo svoje ulice po vsakovrstnih pisunih, zelo neradi pa po znanstvenikih in tehnikih ter še posebej ne po vakuumistih.

Neumann pa je ravno prvovrstna priložnost, da se izognemo temu neljubemu nesorazmerju: v isti osebi je namreč združeval uspešnega pesnika F. Schubertovih skladb in fizika, večšega poskusov z vakuumu. Neumann je torej redke primer slavnega moža, pri katerem bodo tako humanistični kot tehniški učenjaki vesoljne Slovenije lahko soglašali, da zasluži slavo v prestolnici. V bližini svoje nekdanje dunajske Politehnike, danes Tehniške univerze, ima pod stolpom zvonika nedaleč od cerkve že dolgo svoj spominski zapis, nikakor pa ni treba Ljubljančanom tudi po tej plati zaostajati za našo nekdanjo dunajsko prestolnico.

7 LITERATURA

- Hof und Staats Schematismus der röm Kaiserl. Auch kaiserl. Königl. und erzhertzoglichem Haupt- und Residenz- Stadt Wien*, Gerold, Wien, 1818, 2, 145
- J. Höfler, *Tokovi glasbene kulture na Slovenskem*. Mladinska knjiga, Ljubljana, 1970, 121
- J. P. Neumann, *Lehrbuch*, Wien, 1820, 2, VII
- Zgodovinski arhiv Ljubljana (ZAL) LJU 184/1, š. 52, fasc. 166, 179; š. 75, fasc. 451, 452, 453; š. 78, fasc. 464, 466

¹⁴ J. P. Neumann, *Lehrbuch* 1820, 2: XIII–XIV

DRUŠTVENE NOVICE

MAG. ANDREJ PREGELJ JE PRAZNOVAL 70 LET IN PREJEL PRIZNANJE ZA ZASLUŽNEGA ČLANA ELEKTROTEHNIŠKE ZVEZE SLOVENIJE

Naš dolgoletni sodelavec in član DVTS mag. Andrej Pregelj je pred kratkim praznoval 70. rojstni dan. Ob tej priliki je prav, da se spomnimo njegovega raziskovalno-razvojnega dela, ki je povezano ves čas z vakuumskimi tehnologijami in razvojem, kakor tudi udejstvovanja v DVTS.

Andrej Pregelj je bil rojen 30. julija 1944 v Ljubljani, kjer je obiskoval osnovno šolo in gimnazijo. Študij na Fakulteti za strojništvo ljubljanske univerze je končal leta 1969. Po diplomi se je zaposlil na Inštitutu za elektroniko in avtomatiko (IEA), ki se je kasneje preimenoval v Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT). Na Inštitutu je sodeloval pri mnogih raziskovalno-razvojnih nalogah, vezanih predvsem na zahtevne nove vakuumске tehnologije, kot so razvoj električnih vakuumskih elementov, spojev steklo-kovina in keramika-kovina, medicinskih vakuumskih naprav ter črpalk in merilnikov. Ukvarjal se je s projektiranjem vakuumskih sistemov, s problematiko odkrivanja netesnosti, z meritvami karakteristik

ionsko-getrskih in difuzijskih črpalk, s svetovanjem industrijskim partnerjem itd. Z omenjenih področij je sam in s sodelavci objavil znanstvene in strokovne članke v domačih in tujih revijah.

Kasneje je na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo (FERI) Univerze v Mariboru v okviru študijske smeri Vakuumistika pridobil magistrski naziv z delom Kompaktna mikrovalovna cev. Od leta 2000 je bil zaposlen v podjetju Iskra Zaščite, kjer je uvajal tehnologije izdelave plinskih odvodnikov. Leta 2009 se je upokojil, vendar je še vedno aktiven v vakuumskem laboratoriju tega podjetja.

Andrej Pregelj je bil vseskozi aktivni član DVTS. Vrsto let je bil njegov tajnik. Pri društvu je bil pobudnik izdajanja strokovnega glasila Vakuumist in potem deset let njegov urednik. V obdobju od 1992 do 2003 je bil Andrej Pregelj enajst let predsednik DVTS. V obdobju 1998–2004 je bil dvakrat izvoljen za predstavnika Slovenije v mednarodni strokovni zvezi IUUSTA. Leta 1992 je bil član slovenske delegacije



Srečanje ob 70-letnici jubilaranta. Z leve proti desni so dr. Peter Panjan (urednik Vakuumista 1991–2009), dr. Janez Šetina (predsednik DVTS 2003–2007), mag. Andrej Pregelj (urednik Vakuumista 1981–1990, predsednik DVTS 1991–2003), prof. dr. Miran Mozetič (predsednik DVTS 2007–2013) in doc. dr. Janez Kovač (predsednik DVTS 2013–)

Ob 70-letnici sodelavca in prijatelja Andreja Preglja se mi misli vračajo v leta, ki smo jih preživljali na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko (IEVT), kjer sva se tudi spoznala ob delu za naše vakuumsko društvo. Združevala naju je navdušenost za organizacijo društvenih prireditvev ter veselje do športa in hoje v visoke gore. Še danes si ne znam razložiti njegove »drznosti«, ko se je v pozni jeseni, v začetku novembra (!) med prazničnimi dnevi, ko je bil na praksi v Švici, sam podal brez alpinistične opreme, menda kar v supergah, na Matterhorn (4478 m) ... in prišel na vrh s pomočjo dveh plezalcev, ki ju je spoznal v koči pod vrhom. Dogodivščino je zelo lepo (tako doživeto, kot le on zna) opisal v *Impulzih*, glasilu IEVT, kasneje pa je članek o tem izšel tudi v Planinskem vestniku.

Andreja imam za velikega idealista in neuklonljivega optimista, kar mu večkrat »očitam«, vendar se pri tem sam tiho zgledujem. Dragi Andrej, kar ostani tak kot si še mnogo let!

Dr. Jože Gasperič

DVTS v Haagu, kjer je bilo slovensko društvo DVTS sprejeto v mednarodno zvezo vakuumskih društev IUVSTA. Leta 2001 je bil pobudnik ustanovitve in dolgoletni direktor Tehnološkega centra za vakuumsko tehniko (Vakuum-TC).

Andrej Pregelj je bil vseskozi organizacijski "motor" in predavatelj na izobraževalnih tečajih s področja Osnov vakuumске tehnike, Vakuumске tehnike za srednješolske učitelje fizike itd., ki jih je organiziralo naše vakuumsko društvo. Ves čas je bil član izvršnega odbora društva. Aktivno se udeležuje znanstvenih in strokovnih vakuumskih kongresov, pri mnogih, tudi mednarodnih, je sodeloval v organizacijskih odborih. Andrej Pregelj je s svojim delovanjem bistveno pripomogel k širjenju poslanstva DVTS.

Andrej Pregelj je 23. maja 2014 v Žirovnici prejel priznanje za zaslužnega člana Elektrotehniške zveze Slovenije (ETZS).

Vsekakor je treba omeniti tudi njegovo zavzetost pri telovadnem društvu Sokol Bežigrad, kjer se že od mladih let intenzivno ukvarja z atletiko, orodno telovadbo in je eden od članov »moških v modrih pajkicah«, ki še vedno intenzivno telovadijo in predstavljajo svoje delovanje široko po Evropi ter dokazujejo, da je tudi v zrelejših letih pomembna vrhunška telesna aktivnost. Poleg tega skrbi tudi za mlade telovadce in jim s svojim življenjem daje svetel zgled.

Andrej, ob 70-letnici ti kolegi in prijatelji iskreno čestitamo za zaslužen priznanje in vse dosežke in ti

Moje prijateljstvo z Andrejem ima že dolgo zgodovino. V začetku leta 1991 me je nagovoril, da bi ga nadomestil kot urednika Vakuumista. Prav takrat je namreč postal predsednik Društva za vakuumsko tehniko Slovenije. Od takrat dalje sva intenzivno sodelovala več kot dve desetletji. Mislim, da nama je skupaj z drugimi kolegi uspelo ustvariti zelo pozitivno razpoloženje v uredniškem odboru in društvu nasploh. K povezanosti so pripomogla tudi redna družabna srečanja, kjer smo obdelali ne samo aktualne društvene, ampak tudi širše družbene zadeve. V tistem času je bil motor društvenega delovanja prav Andrej. V trenutkih, ko nam je nekaterim »pohajala sapa«, nas je z njemu značilno vnelo spodbujal.

Je eden tistih redkih ljudi, ki v današnji družbi sebičnih posameznikov postavlja v ospredje skupno dobro. Pri tem skrbno pazi, da se pri tem ne bi osebno okoristil. In pri tem je res zelo dosleden. V zavzetosti za skupno dobro je lahko svetel zgled nam vsem. Posebej mi je ostalo v spominu, kako zelo si je prizadeval, da bi se ohranila dejavnost Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko. Takrat je kot pravi kapitan med zadnjimi zapustil potapljačo se ladjo. Ker v tistem času ni bil več rosno mlad, me je skrbelo, ali se bo uspel »pobratiti« in začeti znova. Tako kot velikokrat prej se ni predal. Svoje znanje s področja konstruiranja vakuumskih komponent je uspešno uveljavil v novem delovnem okolju, v Iskri Zaščite. Tam je postal eden ključnih strokovnjakov pri razvoju vakuumskih odvodnikov in pri postavitvi industrijske proizvodnje le-teh.

Andrej, kakršnega ga poznam, je nepopoljšljiv idealist, poštenjak in pokončen človek. V tem pogledu se mi je zdel včasih kar nekoliko naiven, vendar moram priznati, da je to prava drža človeka, ki hoče nekaj več od življenja. Naj končam to kratko razmišljanje ob sedemdesetletnici našega Andreja z željo, da ostane tak, kot smo ga poznali doslej – dobrodušen in poln človeške topline.

Dr. Peter Panjan

želimo tudi v prihodnje veliko uspehov, sreče, predvsem pa osebnega zadovoljstva v krogu svoje družine.

Ljubljana, 1. 9. 2014

Doc. dr. Janez Kovač
Prof. dr. Monika Jenko

KONFERENCA O PRENOSU TEHNOLOGIJ

Center za prenos tehnologij in inovacij je v sodelovanju z Gospodarsko zbornico Slovenije 17. septembra 2014 organiziral 7. mednarodno konferenco o prenosu tehnologij. Konferenca je potekala hkrati z dogodkom »Dan inovativnosti 2014« in je bila namenjena raziskovalcem iz javnih visokošolskih in raziskovalnih institucij, oblikovalcem nacionalnih politik, zasebnim investitorjem, inovatorjem, podjetnikom, študentom s podjetniškimi ambicijami ter drugi zainteresirani javnosti.

Na letošnji konferenci sta nas kot uvodni govorki počastili gospa Violeta Bulc, inovatorka, podjetnica in ustanoviteljica podjetja Vibacom, d. o. o., ter gospa Vesna Stanković Juričić, direktorica Urada Republike Slovenije za intelektualno lastnino. Z navdihujočima govoroma sta navdušili navzoče udeležence.

V dveh krogih z vmesnim odmorom se je nato 133 udeležencev udeležilo predavanj, katerih glavna tema je bila vzpostavitev mednarodnega razvojnega sodelovanja: oblikovanje intelektualne lastnine in valorizacija, financiranje inovacij in mednarodno partnerstvo. Predavali so tako domači kot tuji predavatelji: Roland Feinäugle (Unit manager Patent information training, European patent office, Nemčija), Alexander G. Welzl (ECONOMICA, Institute of economic research, Avstrija), Matej Golob (30Lean, Slovenija), Sara Giordani (Technology transfer program & laboratory TTP lab, Italija), Peter Olesen (President of the European institute of innovation and technology, Danska).

Tudi letos je bila v okviru konference podeljena nagrada za inovacijo z največjim komercialnim potencialom po izboru domačih in tujih strokovnjakov s



Slika 1: Udeleženci so pozorno prisluhnili predavanju g. Alexandra G. Welzla o Vrednotenju intelektualne lastnine v podjetjih



Slika 2: Aktivni član DVTS, dr. Gregor Primc, med predstavitvijo inovativnega senzorja



Slika 3: Razglasitev zmagovalcev za inovacijo z največjim komercialnim potencialom



Slika 4: Dr. Gregor Primc prejema nagrado za inovacijo z največjim komercialnim potencialom. Od leve proti desni so mag. Alexander G. Welzl, mag. Robert Blatnik, mag. Iztok Lesjak (direktor TP Ljubljana), dobitnik nagrade in Branko Drobnač (upravni odbor Poslovnih angelov Slovenije).

področja prenosa tehnologij ter predstavnikov tvegane kapitala. Ocenjevalno komisijo so letos sestavljali: Alexander G. Welzl (ECONOMICA Institute of economic research, Avstrija), Branko Drobnak (Poslovni angeli Slovenije), Sara Giordani (Technology transfer program & laboratory TTP lab, Italija), Uroš Glavan (DTK Murka, Slovenija), Rok Habinc (STH Ventures, Slovenija), Iztok Lesjak (direktor Tehnološkega parka Ljubljana, Slovenija) ter Nina Mazgan (META Group, Slovenija).

Predstavljeni so bili izredno raznoliki »start-up« projekti: od računalniških rešitev za rudarjenje podatkov in selektivne metode za dostavo zdravil za zdravljenje rakastih obolenj do sintetične pšenice in metod

za diagnostiko plazme med obdelavo materialov. Nagrada je bila razdeljena na dva dela in podeljena naslednjim dobitnikom:

1. nagrado je prejel dr. Gregor Primc z Odseka za tehnologijo površin in optoelektroniko na Institutu »Jožef Stefan« za inovacijo z naslovom: »Laser fiber optic catalytic sensor«,

2. nagrado so prejeli prof. ddr. Boris Turk, dr. Olga Vasiljeva in Georgy Mikhaylov z Odseka za biokemijo, molekularno in strukturno biokemijo na Institutu »Jožef Stefan« za inovacijo z naslovom: »Liposome based targeting of tumor cells«.

Prof. dr. Miran Mozetič

PETNAJSTA ZDRUŽENA VAKUUMSKA KONFERENCA (JVC-15)

Dunaj, 16.–20. junij 2014

Sredi junija je na Dunaju potekala 15. združena vakuumška konferenca (*Joint vacuum conference*), ki jo izmenično organizirajo vakuumška društva Avstrije, Madžarske, Češke, Slovaške, Hrvaške in Slovenije.

Serija konferenc ima zanimivo zgodovino (glej tabelo). Prva konferenca se je odvila leta 1979 kot bilateralno srečanje avstrijskih in madžarskih vakuumistov, torej naj bi si sledile izmenoma v obeh državah. Prve tri konference so še imele bilateralni značaj, nato pa se je že pojavila težnja po razširitvi, in sicer na tedanjo Jugoslavijo. Četrta konferenca je bila tako že zunaj bilateralnega okvira, saj je bila organizirana v Portorožu, takrat še v Jugoslaviji. Po razpadu Jugoslavije sta članici (p)ostali Hrvaška in Slovenija, konferenca pa se je uveljavila kot srečanje vakuumistov štirih držav. Zadnje širitev pred desetimi leti je zaznamoval vstop Češke in Slovaške.

Takšen okvir šestih držav je ostal nespremenjen do danes, konferenco pa na dve leti organizira eno od nacionalnih vakuumških društev. Kljub regionalnemu značaju pa prihajajo udeleženci tudi iz širšega okolja, iz Evrope in od drugod. Kadar poteka konferenca na Hrvaškem ali v Sloveniji, ji formalno priključimo tudi vsakoletno hrvaško-slovensko vakuumsko srečanje, dvakrat pa je bila združena z Evropsko vakuumsko konferenco (EVC).

Letošnje srečanje je organiziralo avstrijsko vakuumsko društvo (*Österreichische Gesellschaft für Vakuumtechnik*). Potekalo je v hotelu Kaiserwasser, ki sicer leži na obrobju Dunaja, a dovolj blizu, da je center mesta preprosto dostopen s podzemno železnico. K

uspehu konference je precej pripomoglo tudi dejstvo, da so tako znanstveni del kot prenočitve in prehrabni obroki potekali v istem hotelu in smo bili udeleženci precej več časa v stiku, kot če bi bili razpršeni po več lokacijah. Konference JVC sicer navadno potekajo v več paralelnih sekcijah, tokrat je bila le ena. Po eni strani je to posledica nekoliko manjše udeležbe, po drugi pa to še dodatno pripomore k enotnemu mestu za diskusijo. Znanstveni program je obsegal osem poldnevnihih sekcij, ki ga je dopolnjevala ena posterska sekcija, razstavi paviljon, ena poldnevna ekskurzija (pivovarna Ottakringer) in slavnostna večerja v dunajski mestni hiši.

Konferenca je obsegala naslednje tematike: uporabna znanost o površinah, biološke mejne plasti, elektronski materiali in procesi, nanometriške strukture, plazemska znanost in tehnika, inženirstvo površin, znanost o površinah, tanke plasti ter vakuumška znanost in tehnika. Od 18 vabljenih predavanj so bila tri iz Slovenije, ki so jih imeli: prof. dr. Dean Cvetko (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko) ter prof. dr. Maja Remškar in doc. dr. Alenka Vesel (obe Institut »Jožef Stefan«).

Po ustaljenem zaporedju je organizacija 16. združene vakuumške konference čez dve leti pripadla našemu društvu. Čeprav imamo v Sloveniji več kongresnih centrov s takšnimi kapacitetami, pa je od preostalih vakuumških društev prišel namig, naj bo dogodek ob morju. Gre za velik organizacijski zalogaj, ki bo v seriji teh konferenc že četrti po vrsti pri nas. Vidimo se torej poleti 2016 nekje na slovenski obali.



Slika 1: Skupinska fotografija udeležencev konference



Slika 2: Udeleženci na slavnostni večerji v Dvorani grbov v dunajski mestni hiši

Zaporedna št.	Leto	Kraj	Država organizatorica
1	1979	Győr	Madžarska
2	1981	Brunn am Gebirge	Avstrija
3	1985	Debrecen	Madžarska
4	1988	Portorož	Jugoslavija
5	1991	Dunaj	Avstrija
6	1995	Bled	Slovenija
7	1998	Debrecen	Madžarska
8	2000	Pula	Hrvaška
9	2002	Seggau	Avstrija
10	2004	Portorož	Slovenija
11	2006	Praga	Češka
12	2008	Balatonalmádi	Madžarska
13	2010	Štrbské Pleso	Slovaška
14	2012	Dubrovnik	Hrvaška
15	2014	Dunaj	Avstrija
(16)	(2016)		(Slovenija)

Doc. dr. Miha Čekada
Fotografije: Alessandra Bellissimo

RECENZIJA KNJIGE

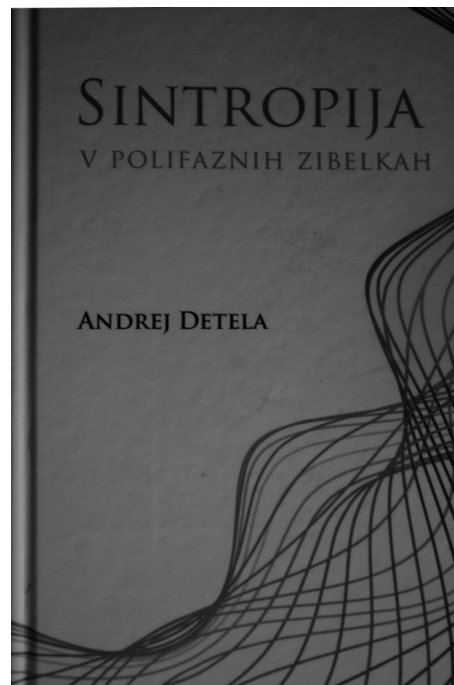
Andrej Detela: *Sintropija v polifaznih zibelkah*, Elaphe, Ljubljana, 2014

Dimentropni efekt Andreja Detele nam je mladim fizikom dal misliti.¹ Ročno vezano knjižico formata A4, ki nam jo je blagohotno podaril starejši kolega, smo si zvedavo podajali iz rok v roke. Oznanjala je tisto, kar smo vsi slutili: resnic je več, le poguma je treba, da jih odkrijemo. Še danes imam to knjigo, vezano v rumen karton, na vidnem mestu v svoji knjižnici. Rad pokukam vanjo.

Dimentropni efekt je medtem dozorel in postal sintropija! Andrej Detela je svojo novo knjigo zgradil na temeljih dolgoletnega sodelovanja z vodilnimi sodelavci revije *Vakuumist*. Prof. dr. Maja Remškar mu je na zaslonu elektronskega mikroskopa kazala slike atomov in ga uvedla v skrivnosti nanocevk. Prof. dr. Slavko Amon si je mnogokrat vzel čas in Detelo seznanil s polprevodniškimi strukturami, tako da je Detela lahko izračunal potrebne parametre eksperimentalne nanostrukture in drugih delov svojih predlogov eksperimentalnih potrditev,² za zdaj še domnevnih proizvajalcev sintropije.

Na temeljih Amonovih nasvetov je zrasel model za sintropni vir energije z osrčjem iz tanke polprevodniške ploščice z nanoelektrodami, vezanimi v trifazni resonator; preko usmerniške elektronke je nanj priključena zunanja obremenitev. S prihodnjim razvojem nanotehnologije bi po teoretičnih izračunih kompaktna naprava prostornine dobrega litra in kilogramske mase morda lahko dovajala kar 1 kW električne moči.³ Na današnji stopnji razvoja je dosegljiva moč sicer veliko manjša, pa vendarle merljiva – vsekakor izziv za pogumnega vakuumista, ki bi se osredinil na eksperimentalno preverjanje Detelovih načrtov. Njegovi modeli nove generacije električnih vozil so poželi obilo priznanja med Japonci, čeprav jih na trgu še nimamo. Japonska izkušnja bi lahko bila jeziček na tehtnici, ki bi prepričal slovenske vakuumiste, da udejanjijo Detelovo teorijo. Gotovo ne brez haska.

Med najbolj domiselnimi Detelovimi predlogi za eksperimentalni dokaz kršenja drugega zakona termodinamike temelji na izdelavi tanke plasti InSb z debelino, ki se ne sme odmikati od želene za več kot pol mrežnega parametra.⁴ Nedvomno huda tehnološka omejitev, ki pa sodobnim vakuumistom ni nedosegljiva na Institutu »Jožef Stefan« in v drugih laboratorijih, če se jim bo preverjanje Detelovih teorij zdelo



obetavno in obresti prinašajoče. Še zlasti zato, ker je nazadnje Detela ta problem omilil v inačici, pri kateri zunanje magnetno polje odpravi zahtevo po skrajni natančnosti omenjene debeline.

Seveda gre za velik izziv tudi za sodobne hitro napredujoče tehnike tankih plasti. Za samo preverjanje teorije ne bi bila nujno potrebna tehnika AFM (mikroskopija na atomsko silo), ki bi edina zmogla izdelati posamezne elektrode v načrtovanih futurističnih napravah velike moči. To je skrajni primer: širina elektrod manj kot 5 nm v trifazni inačici in še poldrugokrat tanjše v dvofazni varianti. Prevodna plast ne bi smela biti globlja od 1 nm, kar bi se morda dalo udejaniti z grafenom. Takšno nekajatomsko plast bi kazalo prekriti (napariti) še s tanko plastjo dielektrika in za nameček še z nanocevkami.⁵ A za začetno preverjanje teorije je v knjigi prikazan tudi model z elektrodami, ki so široke »samo« kakih 100 nm. Izdelati tak sistem je dandanes povsem mogoče, seveda pa je tudi to še vedno krepak zalogaj za sodobnega vakuumista!

Detela se je v svojih raziskovanjih lotil tudi zgodovine rasti nikoli povsem prepričljivo dokazanega

¹ Detela, Andrej. 1981. *Dimentropni efekt v homogenem magnetnem polju*. Ljubljana: Podiplomski seminar FNT

² Detela, 2014, 22

³ Detela, 2014, 22

⁴ Detela, 2014, 246

⁵ Detela, 2014, 265–266

entropijskega zakona. Pri tem se je obregnil predvsem ob zabavno Maxwelllovo domisljico demona kot inteligentne nanostrukture, ki preusmerja posamezne molekule.⁶ Seveda se je sodobnikom ideja domiselnega Škota Maxwella zdela bolj posrečena šala kot resen fizikalni poskus, ob sodobnih nanotehnoloških operacijah s posameznimi molekulami pa to bojda niti ni več tako.

Raziskovanje sintopije Andreja Detele kot naravne sposobnosti številnih kompleksnih sistemov, da se spontano samoorganizirajo k vse višji stopnji notranje urejenosti v nasprotju z entropijskim zakonom, je gotovo svojevrstna herezija za ljudi, ki smo izobraženi v duhu drugega zakona termodinamike. Termične fluktuacije sicer niso isto kot kvantna nedoločenost, pa vendar se nam nakazujejo določene vzporednice: V Einsteinovem smislu Bog ne kocka in je statistično-kvantna mehanika predvsem posledica neznanja (pomanjkanja dovolj natančnih vakuumskih merilnikov)

in ne zgolj objektivnosti Heisenbergovega načela nedoločenosti. Statistična mehanika je morda zmagala zgolj začasno zaradi pretvorbe samega človeka v predmet statistike in bo padla, ko bo človek znova iz objekta postal subjekt; temu pa smo že priča. S sodobno nanotehnologijo posamezni atomi/molekule počasi postajajo razločljivi iz množice sebi enakih, tako kot k podobnemu stremi sodobni človek, ki noče več biti zgolj številka.

Teoretično ozadje Detelovih novosti je lahko predmet debate, a zadeva pač stoji in pade s poskusom. Kateri od slovenskih vakuumistov se ga bo upal izpeljati? Seveda gre za določen riziko in odmike od finančno podprtih tekočih programov ARRS z majhno verjetnostjo, da bi sintropijo neposredno uvrstili mednje. Vendar pa je pogum tako v življenju kot v vakuumski tehniki vselej prinašal obresti. Treba se je zgolj ojunčiti.

Dr. Stanislav Južnič

⁶ Detela, 2014, 386

Prvih osemdeset let zaslužnega profesorja Janeza Strnada

Letos praznuje osemdesetletnico prof. dr. Janez Strnad, ki je poučeval fiziko 1 ali fiziko 2; večji del fizikov med bralci Vakuumista smo spoznavali zagate sodobne znanosti v njegovih klopeh. Ob tej priložnosti se spominjamo zaslug zaslužnega profesorja Strnada.

Študij in raziskovalno delo

Strnad je bil eden najboljših študentov Antona Kuhlja (* 11. 11. 1902, Opčine pri Trstu; † 31. 7. 1980, Ljubljana). Legenda pravi, da Kuhlju predavanja mehanike sploh niso prav stekla če Strnada ni bilo v prvih klopeh predavalnice.

Strnad je diplomiral leta 1957 pri Antonu Peterlinu; njegova diploma je bila po svoje nadaljevanje diplome drugega pomembnega pisca slovenskih fizikalnih učbenikov, Rudolfa Kladnika (* 1933; † 1995). Medtem ko je Kladnik za Peterlina sestavil diplomu o reaktorski fiziki »Dvogrupni preračun reaktorskih sistemov s homogenim jedrom«, je Strnad leto pozneje nadaljeval s podobnim delom »Dvogrupsna aproksimacija pri difuziji nevtronov v reflektorju«. Istega leta kot Strnad sta pri Peterlinu diplomirala tudi Robert Blinc (* 1933; † 2011) ter telovadec in fizik Jože Pahor (* 1933), ki pa sta se raziskovalno usmerila drugam. Naslednje leto je pri Peterlinu zagovarjal diplomu drugi bodoči visokošolski profesor fizike Franc Cvelbar (* 1932) o predelavi nevtronskega generatorja in umeritev pridelka nevtronov. Jedrska fizika je bila njega dni pač edina zveličavna pot slovenskih fizikov, čeravno sta Peterlin in Blinc vsak po svoje plavala proti toku v fiziko trdne snovi.

Strnad je doktoriral 29. 6. 1963/18. 2. 1964¹ pri Bogdanu Povhu (* 20. 8. 1932, Beograd) oziroma pri izrednem profesorju Zavoda za teoretično fiziko Prirodoslovno-matematične fakultete v Zagrebu Gaju Alaga (* 1924; † 1988); enako je storil tudi Marko Vakselj (* 1932).² Svoja doktorata sta opravila že potem, ko je Osredkar prevzel vodenje Instituta »Jožef Stefan« in navezal stike z A. Peterlinom v ZDA. Alaga je bil učenec Peterlinovega prijatelja Ivana Supeka: po Peterlinovem nenadnem odhodu pa je bilo pač nekaj časa treba iskati mentorje za doktorate tudi zunaj slovenskih meja.

Strnad je na Institutu »Jožef Stefan« meril paramagnetno resonanco. Raziskoval je difuzijo nevtrono-



nov, posebno teorijo relativnosti in jedrsko fiziko. Izpopolnjeval se je v Heidelbergu, kjer je njegov mentor B. Povh postal redni profesor dne 8. 12. 1955. Pozneje je Strnad pogosto gostoval v Giessnu pri raziskavah poučevanja fizike in njene zgodovine.

Poučevanje in zgodovina fizike

Za potrebe svojih fizikalnih predavanj je Strnad začel razvijati zgodovino fizike v kateri se je posvečal predvsem najboljšim slovenskim fizikom kot sta bila Jožef Stefan³ in Anton Peterlin;⁴ podpisanemu je veliko pomagal pri disertaciji o graškem fiziku Simonu Šubicu. Velik odstotek Strnadovih doslej skupno 1292 objavljenih del sega prav v zgodovino fizike. Osnovni problem, ki je zanimal Strnada in mnoge druge iz njegove generacije je bila geneza sodobne fizike, ki se je v osnovnih črtah končala v času Strnadovega rojstva. Pravilno je dojel odločilen pomen skokovitega razvoja vakuumskih merilnih tehnik, predvsem Stefanovih in drugih pripomočkov za meritve sevanja »črnega telesa« v desetletjih pred prvo svetovno vojno.

Spoznal je, da so bile vrhunske vakuumске tehnike njega dni osnovna spodbuda za razvoj pogosto nenavadnih dosežkov N. Bohrove kopenhagenske šole. Profesor Strnad je opisal in narisal tudi zgodnje vakuumске poskuse Torricellija in Pascala.⁵ Zanimale

¹ Kokole, 1969, 61. Leta 1962 predložen strojepis z mentorjem Bogdanom Povhom je razviden v dokumentih Fakultete za fiziko v Ljubljani.

² Nedokončano doktorsko delo pri Antonu Peterlinu po sporočilu njegove hčerke Tanje Peterlin-Neumaier in Janeza Strnada leta 2006. Vendar Kokole (1969, 60) ni omenil omejitev pri svoji navedbi Peterlinovega mentorstva.

³ Strnad 1995b, 242

⁴ Strnad 1979; Strnad, 1985



Ob 100. obletnici rojstva akademika prof. dr. Antona Peterlina. Z leve proti desni: akad. prof. dr. Saša Svetina, dr. Tanja Peterlin Neumauer, prof. dr. Janez Strnad in prof. dr. Vili Bukoš

so ga vakuumske tehnike sodelavcev Ernsta Rutherforda v Manchesterju, med njimi Hansa Geigerja in Ernesta Marsdena.⁶ Med redkimi eksperimentalnimi fiziki, ki jih je profesor Strnad podrobneje preučil, je bil Američan Leon Lederman (* 1920 New York), ki je že leta 1950 izmeril, da veliko pionov sinhrociklotrona columbijske univerze zapusti vakuumsko posodo pospeševalnika; le-ti se zaradi magnetnega polja vrtijo zunaj vakuumu ob pospeševalniku.⁷

Ivan Kuščer (* 17. 6. 1918 Dunaj; † 2. 2. 2000) je bil vseskozi poglavitni Strnadov podpornik po Peterlinovem odhodu. Na svoj šaljiv način pa je bil po svoje kar ljubosumen na izjemno hitrost Strnadovega objavljanja, ki je Kuščer sam ni zmogel. Kuščer in Strnad sta v svojih učbenikih predvsem uspešno pilila slovensko fizikalno izrazoslovje in pri tem pogosto posegala tudi na področje vakuumskih tehnik. Nam študentom sta se rada pridružila pri planinskih izletih na Kofce in drugam, kjer smo pozorno poslušali njune prvovrstne

ostroumne zbadljivke, ki jim je bilo resda pogosto težko slediti.

Zaslужni profesor Janez Strnad je oral ledino slovenske zgodovine fizike. Marsikatero pot je nakazal tudi v razvoju uporabe vakuumskih merilnih naprav, še posebej pri poskusih, ki so vodili v kvantno mehaniko. Naj bo še dolgo tako!

Literatura

- Kokole, Jože. 1969. Bibliografija doktorskih disertacij univerze in drugih visokošolskih in znanstvenih ustanov v Ljubljani 1920–1968. Ljubljana
Križanič, France; Strnad, Janez. 1979. Sedemdesetletnica profesorja Antona Peterlina. *Obzornik mat. fiz.* (Ljubljana). 26: 47–49
Strnad, Janez. 1985. Kako je Jožef Stefan odkril zakon o sevanju. *Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike*. 8: 65–79
Strnad, Janez. 1995. *Fiziki*. Ljubljana: Modrijan
Strnad, Janez. 1996. *Razvoj fizike*. Ljubljana: DZS

Dr. Stanislav Južnič

Fotografije: Marjan Smerke

⁵ Strnad 1996, 100–101

⁶ Strnad 1996, 294–296

⁷ Strnad 1995, 145

PREGLED KONFERENC V LETIH 2014/2015

50th International conference on microelectronics, devices and materials – MIDEM 2014

8.–10. oktober 2014, Ljubljana, Slovenija

(rok za povzetek: 31. maj 2014)

<http://www.midem-drustvo.si/conf2014>

15th International conference on thin films

13.–16. oktober 2014, Dubrovnik, Hrvaška

(rok za povzetek: 10. april 2014)

ictf16.com

22. konferenca o materialih in tehnologijah

20.–22. oktober 2014, Portorož, Slovenija

(rok za povzetek: 30. junij 2014)

icmt22.imt.si

13th International conference on reactive sputter deposition – RSD 2014

11.–12. december 2014, Ghent, Belgija

rok za povzetek: 1. december 2014

www.rsd2014.be

42nd International conference on metallurgical coatings & thin films – ICMCTF 2015

20.–24. april 2015, San Diego, ZDA

rok za povzetek: 1. oktober 2014

www2.avs.org/conferences/icmctf

European materials research society spring meeting – EMRS

11.–15. maj 2015, Lille, Francija

rok za povzetek: 30. januar 2015

www.emrs-strasbourg.com

Mednarodni znanstveni sestanek Vakuumska znanost in tehnika

Hrvaško-slovensko srečanje vakuumistov

maj/junij 2015, Slovenija

rok za povzetek: april/maj 2014

www.dvts.si (domača stran društva)

YUCOMAT 2015

september 2015, Črna gora (?)

rok za povzetek: ?

www.mrs-serbia.org.rs

The European corrosion congress – EUROCORR 2015

6.–10. september 2015, Gradec, Avstrija

rok za povzetek: 15. januar 2015

www.eurocorr2015.org

European materials research society fall meeting – EMRS

14.–18. september 2015, Varšava, Poljska

rok za povzetek: maj/junij 2015

www.emrs-strasbourg.com

16th European conference on applications of surface and interface analysis – ECASIA 2015

28. september–1. oktober 2015, Granada, Španija

rok za povzetek: 15. april 2013

www.ecasia2015.com

66th Annual meeting of the International society of electrochemistry

4.–9. oktober 2015, Taipei, Tajvan

rok za povzetek: 27. april 2015

annual66.ise-online.org

17th International conference on fusion reactor materials

12.–16. oktober 2015, Aachen, Nemčija

rok za povzetek: februar 2015