

# Začetki kristalografije v Ljubljani

Dr. Stanislav Južnič, univ. dipl. ing. fizike

Email: [stanislav.juznic-1@ou.edu](mailto:stanislav.juznic-1@ou.edu) &  
[stanislav.juznic@fmf.uni-lj.si](mailto:stanislav.juznic@fmf.uni-lj.si)

## Povzetek

Ob 170 letnici prvih objav opisujemo raziskovanja kristalnih simetrij ljubljanskega profesorja matematike in astronomije Karla Schulza pl. Strassnitzkega. Doslej niso bili znani njegovi prispevki k začetkom sodobne kristalografije v naših krajih, ki jih tu prvič predstavljamo slovenskemu bralcu.

**Ključne besede:** Karel Schulz pl. Strassnitzki, zgodovina kristalografije, Ljubljana

## 1. Uvod

Balthasar Hacquet je začel raziskovati kristale v Idriji in v Ljubljani. Njegovo delo je na bolj teoretični ravni nadaljeval drugi ljubljanski profesor – Poljak Karl Schulz pl. Strassnitzki.

## 2. Začetki kristalografije v Ljubljani

### 2.1. Pouk o sestavi snovi na višjih študijih v Ljubljani

Po slovesnem odprtju 4. 11. 1704 so na jezuitskem kolegiju v Ljubljani začeli predavati fiziko na višjih filozofskih študijih, ki so jih dijaki obiskovali po končanih nižjih študijih na »gimnaziji«. Po ukazu Marije Terezije, podpisanem 25. 6. 1752, in splošnih predpisih iz leta 1753, so v višjem dveletnem študijskem programu v Ljubljani predavali trije profesorji na katedrah za matematiko, splošno in posebno (eksperimentalno) fiziko ter filozofijo. V prvem letniku so poučevali logiko, metafiziko in matematiko, v drugem pa etiko, splošno in posebno (eksperimentalno) fiziko, mineralogijo, botaniko in zoologijo. S tem je cesarica nekoliko omilila odlok ustanovitelja Družbe sv. Ignacija Loyole o prepovedi pouka medicine v jezuitskih kolegijih, ki je stoletja oviral pouk naravoslovja in z njim mineralogije. Minerale in tekočine so zato v jezuitskih šolah pred terezianskimi reformami omenjali predvsem v uvodnih poglavjih fizike agregatnih stanj. Optične lastnosti snovi so obravnavali ob koncu pouka fizike v komentarjih k Aristotelovim knjigam *De generatione et corruptione* in *De mundo et caelo*. Posebna vrsta jezuitskih zapisov o kristalih so bili teksti s kuharskimi in kemijskimi navodili, ki so pogosto vsebovali celo opise mineralov.

Leta 1754 je profesor fizike Erberg za višje študije v Ljubljani ponatisnil latinski prevod četrstoletja stare knjige o magnetizmu Nizozemca Musschenbroeka. V knjigo so Erbergovi študentje dodali še teze za izpit. Pri izpitnih vprašanjih je Erberg trdne snovi razdelil v štiri razrede: kalcit in druge kristalne snovi, mavci, stekla in gline. Razlikoval je med polkovinami in kovinami.<sup>1</sup>

Istega leta je Erberg za knjižnico ljubljanskega kolegija nabavil še številna druga Musschenbroekova dela. Musschenbroek še ni vedel, da se kristal ne stali zaradi dovedene toplote. Taljenje naj bi povzročali delci atmosfere, ki se zmešajo s kristali in sprožijo neko vrsto fermentacije in z njo odvlečejo ogenj (toploto) v pore.<sup>2</sup> Večina Musschenbroekovih sodobnikov je osnove kristalografije spoznala med študijem medicine. Zato so radi poudarjali podobnost med fermentacijo in življenjskimi procesi, ki jo najdemo celo v Boškovičevem delu.

Naslednje leto je Erberg poleg naprav za demonstracijo zakonov geometrijske optike predlagal za nabavo še štiri mikroskope ter prizme in stožce. Številni mikroskopi kažejo Erbergovo zanimanje za preučevanje očesu nevidnih podrobnosti, ki so v naslednjih letih postale temelj Hacquetovih uspehov.

Tricarico je leta 1757 poučeval fiziko na višjih študijih v Ljubljani. Leta 1756 so v Ljubljani nabavili Regnaultovo fiziko, ki jo je Tricarico leto poprej dal natisniti v nemškem jeziku ob svojih izpitnih tezah v Gradcu. Regnault je svoje delo razdelil v sedemnajst dvogovorov, med katerimi je drugi imel naslov »Zemlja in minerali«.

Ljubljanski profesor fizike na višjih študijih, Taufferer, je dal leta 1760 ob svojih izpitnih tezah natisniti še prevod 35 let stare knjige o meteorologiji Boškovičevega prijatelja de Mairana. Že leta 1758 so

v Ljubljani nabavili šest let starejši nemški prevod de Mairanove knjige o ledu. Med svojimi predhodniki pri raziskovanju snežink je de Mairan omenil E. Bartholina.<sup>3</sup> V drugem delu knjige je opisal glavne pojavne oblike ledu. Za tiskanim delom knjige je dal vpeti še pet slik:

- 1) Oblike ivja in ledu;
- 2) Različne kristalne oblike: krogle, kvadrati, snežinke;
- 3) Oblike snežink;
- 4) Geometrijska ponazoritev tvorbe ledenih oblik;
- 5) Model vrtinca.

De Mairan je bil prvi znanstveni opazovalec tvorbe ledu, ki ga je povezoval celo s severnim sijem. Raziskoval je meteorologijo in kristalografijo, ki sta se v sodobni smeri razvili šele v 19. stoletju. De Mairanove ideje je Taufferer uporabil v svojih izpitnih tezah, ki jih je dal vezati ob prevod de Mairanove knjige. Po Tauffererjevem mnenju vse gore niso nastale z vesoljnim potopom, ampak so večinoma enako stare kot Zemlja. Izviri dobijo vodo od dežja, staljenega snega in celo od podzemnih hlapov. Podzemni minerali naj bi nastali iz toka raznih kovin, polkovin in tekočin, katerih molekule naj bi se izločale in mešale zaradi toplote podzemnih ognjev ob izbruhih lave. Kovin ni imel za kemijske elemente, temveč za zmesi nastale pod vplivom podzemnega ognja, večinoma že ob nastanku sveta. Alkimijo je odklanjal kot nenaravno, nemogočo in moralno nedopustno. Tedanji "kemijski element" in "molekula" nista bila enaka poznejšim idejam Francoza Lavoisierja, ki je prvi objavil tabelo "33 enostavnih tvarin", med njimi sedemnajstih kovin. Spojine v kamninah si je Taufferer predstavljal kot zmesi molekul zemlje in sokov, ki jih odnaša voda in se strdijo zaradi odvedene toplote. Zapisal je, da kamnine nastajajo s pomočjo toplote iz molekul Zemlje in iz sokov, ki jih spira voda. Slanost in grenkost morja je pripisal spiranju soli v nižjih delih obal, podmorskim izvirom bitumna, delcem žvepla, itd. Vzrok plime in oseke naj bi bilo bruhanje in ponovno vračanje vode v podmorske ponore<sup>4</sup> in ne gravitacija Lune in Sonca po Newtonovi teoriji.

V 1760ih letih je pri pouku v Ljubljani prevladala Boškovičeva fizika. Boškovič je opisal trdne snovi, sestavljene iz piramid in prizem s trikotno ali kvadratno osnovo. Posebej je omenil delce soli, ledu in »zvezde snega«. Razlikoval je tri vrste fluidov: praškaste delce, kapljevine in pline. Vključitev praškastih delcev med fluide je bila nadvse preroška, saj njihovo posebno naravo znova odkrivamo šele sodobni fiziki.

Snovi so tem bolj fluidne, čim bolj okrogli so njihovi sestavni deli. Osnovni delci v obliki paralelopipedov in drugih površin neenakomernih oblik povzročajo čvrstost, značilno za trdne snovi.<sup>5</sup> Boškovič ni šel tako

daleč kot Platon, pol stoletja po Boškoviču pa Haüy. Tako geometrijskih likov ni neposredno povezal s posameznimi vrstami kristalov. V rokopisu o Platonovih krogih je Pirančan Giuseppe Tartini malo pred smrtjo razmerja v glasbi povezal s Platonovimi petimi pravilnimi liki med njimi predvsem s pentagonom. Upošteval je tri Platonove principe: naravo celote, naravo različnosti in substanco.<sup>6</sup>

Ljubljanski profesor matematike Janez Schöttl je v svojih predavanjih na dunajskem Terezijanišču leta 1763 kamne delil med kamnine, minerale in fosile. Kamnine je delil naprej v kemijske elemente raznih vrst. Nasprotno od Lavoisierja, med kemijske elemente ni štel breztežnih delcev (imponderablov) svetlobe, toplote in elektrike.<sup>7</sup>

Učenci ljubljanskega profesorja splošne in posebne fizike Gregorja Schöttla so morali na izpitu povedati tudi: »Katere vrste teles topi voda? Ali je vodo mogoče pretvoriti v zemljo? Katere so lastnosti zemlje?«<sup>8</sup> Ker so z nazivi zemlja in voda označevali sodobno trdo in kapljevinsko agregatno stanje, so študentje ob teh vprašanjih morali razmišljati celo o faznih prehodih in o raztopinah.

Naslednje leto so študentje opisali homogeno kristalno strukturo<sup>9</sup> in z razlikami v strukturi pojasnjevali optične lastnosti snovi: »Presojna telesa nimajo v vseh delih pravilno postavljenih por; vendar se tkivo teles ponavlja, zato se sile, ko vplivajo na svetlobo, kažejo kot homogene.« V zapisu o ponavljajočem se tkivu teles najdemo zametke poznejše ideje kristalne mreže.

Poleg Hacqueta je največ kristalografskih del med ljubljanskimi profesorji objavil jezuit Biwald. Vendar sta oba objavljala o kristalih predvsem po odhodu iz Ljubljane, Hacquet v Galiciji, Biwald pa v Gradcu. V Gradcu se je Biwald zanimal še za botaniko; zato je prijateljeval in si dopisoval z Linnéjem in z jezuitom Wulfnom iz Celovca, prvim predavateljem Newtonove fizike v Ljubljani. Leta 1764 je Biwald v Gradcu ob svojih izpitnih tezah ponatisnil izbor iz Linnéjevih del o sistematizaciji vrst. Leta 1771 je Biwald prevedel iz francoščine v nemščino poročilo profesorja fizike Aepinusa pri Peterburški akademiji o podobnosti med električno in magnetno silo. Poročilo je bilo del razprave o novih poskusih z električnostjo turmalina iz leta 1756. Pri tem je znova odkril piroelektričnost, ki so jo sicer poznali že v antiki. Pojav piezoelektričnosti pri islandskem dvolomcu je Haüy leta 1817 pojasnil s sestavo določenih vrst kristalov, kjer segrevanje povzroči neenakomerno porazdelitev elektrike.

Piroelektričnost je leta 1824 že tretjič (sic!) odkril Brewster, leta 1888 pa sta jo znova raziskala brata Jacques in Pierre Curie, za njima pa še Lippman.<sup>10</sup> Napetost, s katero deformiramo kristal turmalina, povzroči polarizacijo in z njo električno napetost. Pojav opazimo pri kristalih, ki nimajo središča

simetrije. To lastnost turmalina še danes uporabljamo v radiotehniki.

Leta 1771 je Biwald svoje teze ponatisnil še ob prevod razprave člana londonske Kraljeve družbe Williama Lewisa, avtorja pomembnih knjig o kemiji. Biwald je teorijo leda in zmrzovanja povzel po de Mairanu.<sup>11</sup> Dve leti pozneje je iz francoščine v nemščino prevedel trinajsti zvezek glasila berlinske akademije. Vseboval je poskuse s platino, ki so jo v Evropi spoznali po odkritju Amerike, vendar je sprva niso sprejeli med posebne kovine. Prvi je njene kovinske lastnosti opisal J. Scaliger leta 1557, za njim pa še Anton de Ulloa leta 1748, londonski zdravnik Sir William Watson leta 1750 in švedski kemik Heinrich Teophile Scheffer leta 1752. Leta 1777 je razpravo o platini objavil celo tedanji ljubljanski profesor Hacquet.

Leta 1777 je Biwald svoje izpitne teze vezal v Braunichovo dve leti starejšo izboljšavo Cronstedtove razvrstitve mineralov z upoštevanjem kemijske sestave. Šved Cronstedt je bil sin visokega častnika, podobno kot šest let mlajši Wulfen. Cronstedt je s pihalnikom dvigoval temperaturo ognja in iz barve ter iz izparin kristala ugotavljal lastnosti kristala. Njegova razvrstitev mineralov glede na kemijsko sestavo je prvič izšla leta 1758, skoraj dve desetletji pred Biwaldovim ponatisom.

## 2.2. Preučevanje mineralov na rudarskih šolah

Prvi načrt za ustanovitev politehnične šole za metalurgijo utemeljene na kemijskih vedah je bil sestavljen za jezuitski kolegij v Cluju (ogrsko Kolozsvár) v Transilvaniji leta 1762 in je vplival celo na pariško *L'École Centrale des Travaux Publics*, prednico *L'École Polytechnique*. Vendar je kemijska metalurška šola v Cluju zaradi prevelikih oddaljenosti od središč monarhije začela delovati šele leta 1792 pod vodstvom domačina saškega rodu, François Mülerja, in transilvanijskega zdravnika Luksemburžana André Étiennea. Zavod je prerasel v univerzo leta 1872. Müler je študiral

v Schemnitzu in zaslovel z odkritjem telurja, sprva nazorno imenovanim *Metallum problematicum*.<sup>12</sup>

Ob Idriji je bilo mesto Schemnitz (latinsko Schemnitzium, ogrsko Selmechánya, slovaško Banská Štiavnica v habsburški severni Ogrski, 100 km severno od Budimpešte v današnji Slovaški) med najpomembnejšimi rudarskimi središči v habsburški monarhiji. Že od leta 1735 je v Schemnitzu delovala rudarska šola.

## 2.3. Zbirke in naprave za preučevanje kristalov v Ljubljani

Erberg v popisu nabav leta 1755 ni naštel mineralov. Po letu 1773 so pri pouku gotovo uporabljali Hacquetove mineraloške, geološke in druge zbirke, ki si jih je uredil na liceju. Hacquetove zbirke so si ogledovali mnogi pomembni sodobniki: poznejši ruski car Pavel I. leta 1782, nadvojvodinja Marijana, papež Pij VI. in cesar Jožef II. leta 1784. Zbirke je Hacquet pozneje odnesel s seboj v Galicijo in končno prodal univerzi v Krakovu.<sup>13</sup> Hacquet je bil Scopolijev sodelavec kot rudniški kirurg v Idriji med letoma 1766 in 1773 in nato do leta 1787 profesor anatomije, fiziologije, kirurgije in porodništva na ljubljanskem liceju. Objavil je številna mineraloška dela, med drugim o Idriji.

V začetku 19. stoletja so imeli v kemijskem in fizikalnem kabinetu v Ljubljani med »kemijskimi objekti« že skoraj sto mineralov. Popisali so še dva mikroskopa med napravami za »optiko in astronomijo«. Wollaston je leta 1809 izumil kontaktni optični goniometer za natančno merjenje kotov na kristalu.<sup>14</sup> Romé de l'Isle in Britanec Miller (1874) sta idejo dopolnila. Izum je rodil znanstveno kristalografijo na matematičnih temeljih, saj je omogočil povezovanje kemijske sestave kristala s koti med njegovimi ploskvami. Bobinet je goniometru dodal še daljnogled za podrobnejša opazovanja najmanjših kristalov. Leta 1828 je Škot Nicol izumil po njem imenovano polarizacijsko prizmo uporabno za polarizacijske mikroskope.

**Preglednica 1:** Naprave za kristalografijo na gimnazijah v Ljubljani in Kopru<sup>15</sup>

Nabava	Kraj	Naprava	Cena (Fl:kr)	Izdelovalec	Inventarna številka
1845	Ljubljana	Baumgartnerjev polarizacijski aparat	54:60	Hanaczik	1847/169, 1866/12
1858	Ljubljana	Nörrenbergov polarizacijski aparat	77:79		1866/35
1868	Koper		55:0		1868/261
1857	Ljubljana	<b>Turmalinske klešče</b>	8:40		1857/168, 1866/11
1866	Ljubljana		8:40		1866/36
1864	Koper				1864/160-b6
1858	Koper	Romboeder iz islandskega dvolomca			1858/85-33
1869	Koper	Dva islandska dvolomca			1869/266
1845	Ljubljana	Ročni goniometer (na odboj,	33:60	Hanaczik	1847/163, 1866/6
1847	Ljubljana	Baumgartnerjev)			1847/171

Srednješolcem so med poukom kazali številne mikroskope, tudi takšne s projekcijskimi aparati in »mikrofotografskimi objekti«. Najdražja je bil Nörrenbergova polarizacijska naprava iz leta 1839 z Nicolovo prizmo kot analizatorjem. Ljubljanci so dodali še sedem kristalov, stekleno kocko, stiskalnico iz stekla in pet steklenih podstavkov, ki jih je bilo mogoče ohlajati. Z Nörrenbergovo ali Baumgartnerjevo napravo je bilo mogoče ponoviti večino polarizacijskih poskusov.<sup>16</sup>

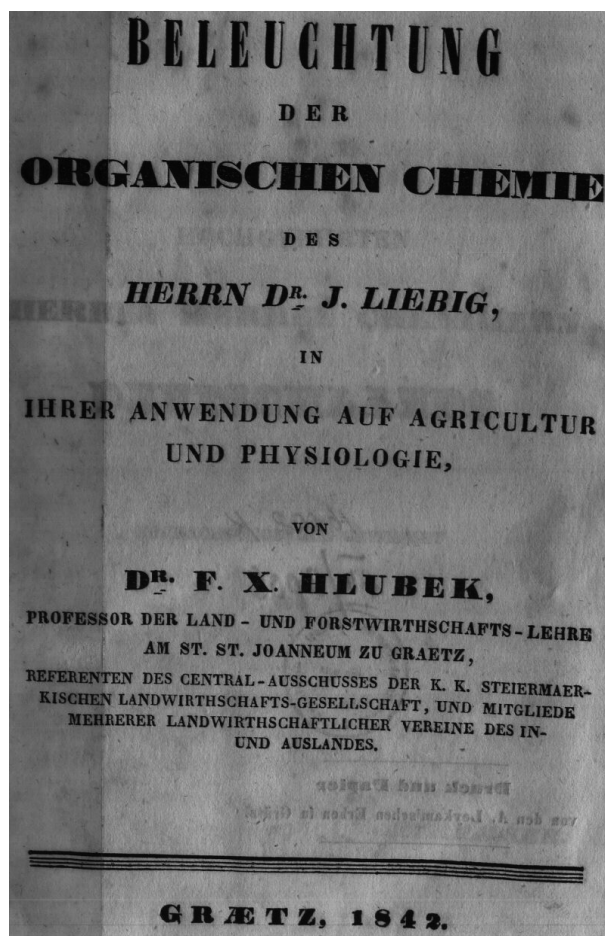
### 3. Schulzovi poligoni v kristalografiji

Po Tržačanu Josephu Rethu je postal Schulz pl. Strassnitzki profesor matematike v Ljubljani za sedem let od leta 1827 do 1834. Njegova najboljša študenta sta bila Močnik in Peternel. Pred reformo je predaval po sedem ur matematike na teden v nemškem jeziku po Appeltauerjevem učbeniku teoretične (čiste) matematike, ki so ga uporabljali še drugod po monarhiji, med drugim na univerzah v Schulzovi rodni Galiciji in v Olomucu, kjer je pozneje predaval Schulzov učenec Močnik.

Leta 1827 je dobil Karl Schulz istočasno ponudbo z licejev v Ljubljani in v Salzburgu. Vendar so na katedro v Salzburg raje povabili tamkajšnjega asistenta Adama Burga, Schulz pa je dne 13. 6. 1827 odšel v Ljubljano. Profesor Jenko mu je mestece ob Ljubljani gotovo prijazno opisal. Prva tri leta je bil Schulz ljubljanski adjunkt in suplent, nato pa profesor. Imel je še dodatni dveletni tečaj iz višje matematike in enoletni tečaj iz poljudne astronomije.

Kljub razmeroma kratkemu bivanju v beli Ljubljani se je Schulz pl. Strassnitzki povsem prilagodil našim lokalnim razmeram in se celo včlanil v Kranjsko kmetijsko družbo. Stanoval je v Ljubljani na Poljanah (Polan) št. 23.<sup>17</sup> Med Schulzovimi sodelavci na liceju v Ljubljani je bil njegov poljski rojak Hlubek, ki je predaval prirodoslovje in kmetijstvo od leta 1833 do leta 1840. Hlubek je od leta 1822 do 1824 študiral filozofijo v Brnu, nato pa matematiko, kemijo, kmetijstvo in pravo na dunajski univerzi. Sodeloval je v naših gospodarskih časopisih. Uveljavil se je kot eden zadnjih nasprotnikov Liebigove kemije, ki jo je kmalu po odhodu iz Ljubljane ostro kritiziral v knjigi iz leta 1842. Upravljal je poskusni dvorec Kranjske kmetijske družbe. Bil je član glavnega odbora kmetijske družbe, urednik glasila kmetijske družbe in koledarja. Po odhodu iz Ljubljane je postal profesor Joanneuma v Gradcu.

Leta 1791 so reformirali avstrijske gimnazije tako, da v nižjih letnikih niso več poučevali celotne matematike, temveč le aritmetiko brez geometrije in algebre. Šele v višjih humanitetnih razredih so predavali geometrijo. Po letu 1806 so obdržali triletni licej le kraji z univerzo; Gradec je dobil triletni licej leta 1813, vendar so ga leta 1824 znova ukinili. Prav ob prihodu Schulza

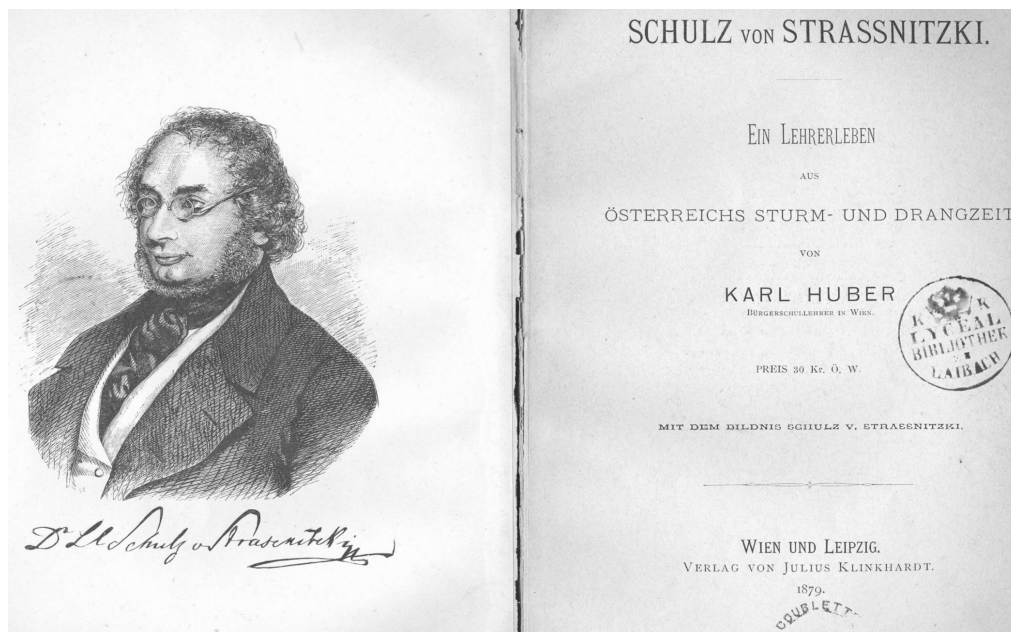


SLIKA 1 (Hlubek 1842 naslovnica): Naslovnica Hlubekove knjige objavljene takoj po odhodu iz Ljubljane (F.K. Hlubek, *Beleuchtung des Herrn Doctor J. Liebig, in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, A. Leykam'schen Erben, Graetz, 1842 (Arhiv avtorja)).

pl. Strassnitzkega v Ljubljano so licej znova korenito spremenili. Dotlej so predavali v prvem letniku liceja po sedem ur matematike in v drugem po osem ur fizike na teden. Po reformi so poučevali v vsakem letniku po šest ur matematike; poudarjena usmeritev šole je prešla na latinski in grški jezik<sup>18</sup> v duhu predmarčne reakcije.

Preglednica 2: S kristalografijo povezana poglavja Schulz pl. Strassnitzkijeve Teoretične matematike iz let 1831 in 1833

Poglavje	Stran
Četrta knjiga: Temelji <i>Stereometrije</i>	
Prvi del: Oglata telesa	243
Drugi del: Okrogla telesa	276
Dodatek: Zgodovina osnov geometrije	299-344



SLIKA 2 (StrassnitzkiPortretNaslovnica1879): Portret Schulza pl. Strassnitzkija (K. Huber, *Schulz von Strassnitzki. Ein Lehrerleben aus Österreichs Sturm-und-Drang Zeit*, Julius Klinkhardt, Wien und Leipzig, 1879 (NUK-36951)).

**Preglednica 3:** S kristalografijo povezana poglavja Schulz pl. Strassnitzkijevega Priročnika za geometrijo (1850)

2. del: Nauk o prostorninah teles	501
1. knjiga: Nauk o površinah	503
2. knjiga: Nauk o telesih	636-748

Pri nauku o površinah teles je Schulz pl. Strassnitzki obravnaval Legendrov izrek. V sklepnih knjigi o telesih je obravnaval prizme, valje in končno še romboeder.

Tik pred prihodom v Ljubljano je Schulz leta 1827 na Dunaju objavil knjižico o pravokotnem trikotniku in tristrani piramidi kot uvod v svoje kristalografske študije. Delo je posvetil Andreasu Josephu baronu Stifitu, v razpravi pa se je skliceval predvsem na Lagrangejevo (1783) *Solutions analytiques de quelques problèmes sur les pyramides triangulaires*. Na prvih 28 straneh je Schulz v prvem delu podal najprej zgodovinsko ozadje preučevanja trikotnikov od Thalesa do Eulerja.<sup>19</sup> V drugem delu o tristrani piramidi na straneh 31-100 se je Schulz skliceval na Crellejevo (1821) berlinsko raziskavo *Sammlung mathematischer Aufsätze und Bemerkungen*. Schulz je z upoštevanjem dotedanjih ugotovitev o trikotniku preračunaval enačbe za težišče piramide, piramidi očrtano kroglo in koordinate težišča piramide. Schulzova knjižica je bila razširjena ponatis dveh razprav, ki ju je sočasno s knjigo objavil v Baumgartnerjevi in Etingshausnovi dunajski reviji.

Leta 1835 je Schulz kot ljubljanski licejski profesor v eni od vodilnih matematičnih revij sodeloval v razpravi o izjemah pri Eulerjevem izreku o poliedrih. Izrek je odkril že Descartes (1639), po njem pa ga je opisal

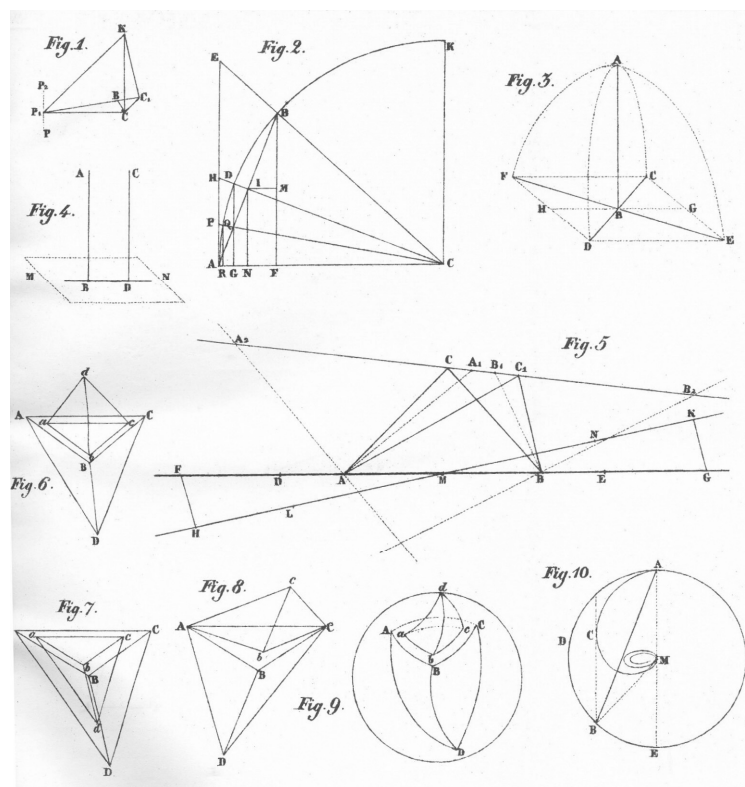
Leibniz. Vendar ga je šele Euler leta 1758 pojasnil v obliki:<sup>20</sup>

$$\text{Število kotov poliedra} + \text{število stranic} = \text{število robov} + 2$$

Neoporečen dokaz je objavil šele mladi Cauchy leta 1811/12. Raziskovanje je temeljilo na petih pravilnih Platonovih telesih, ki jim je Kepler leta 1619 dodal dva nova nekonveksna dodekaedra, Poinot pa leta 1809 še dodatno dvojico, veliki dodekaeder in ikozaeder. Leta 1811/12 je Cauchy dokazal, da je mogoče vseh devet pravilnih teles zvezdasto sestaviti in oblikovati iz dodekaedrov ali ikozaedrov.

Schulz je v Ljubljani septembra 1832 dokazal, da Eulerjev izrek velja za vsa geometrijsko enostavna telesa. Upošteval je Hesselov opis premaknjenih ali podaljšanih zapletenejših teles, za katere izrek ni veljal.<sup>21</sup> Končno je Eulerjev izrek izpeljal še iz splošnejšega, Cauchyjevega. Schulzova razprava je bila krona večletnih polemik o Eulerjevem izreku v Crellovi berlinski reviji, ki so se začele z anonimnimi objavami leta 1828.

Cauchy in Legendre sta dopolnila Eulerjevo pravilo glede števila robov. Dr. Hessel iz Marburga je leta 1828 opisal več poliedrov, katerih lastnosti se niso skladale z Eulerjevim pravilom. Hessel<sup>22</sup> se je skliceval na Hauyjeve kristalografske raziskave, objavljene v nemškem prevodu »*Zwölfrautenflächers aus dem Würfel; treppenartige Kochsalztrichter u.s.w.*« Hessel je sicer v knjigi leta 1831 izhajal iz Hauyjevi nasprotni dinamične tradicije, medtem ko je Cauchyjev varovanec Bravais leta 1849 podobne ideje neodvisno razvil v strukturno teorijski tradiciji.<sup>23</sup>



SLIKA 3 (Strassnitzki1835Slike): Slike uporabljene v Schulzovi razpravi o Eulerjevem pravilu za poliedre (Schulz, 1835, Tabla I, slike 6-9).

9. Schulz v. Strassnitzki, von Polyedern. 83

**9.**  
**Beiträge zur Discussion des Eulerschen Lehrsatzes von Polyedern in Beziehung auf die neulich bemerkten Ausnahmen desselben.**

(Von Herrn L. C. Schulz v. Strassnitzki, o. ö. Prof. der Mathematik am k. k. Lyceum zu Laibach.)

Nach dem Eulerschen Satze soll bei jedem wie immer gestalteten Körper die Anzahl der Seitenflächen, mehr der Anzahl der Ecken, um zwei größer sein, als die Anzahl der Kanten. Nun führt Hr. Dr. Hessel, im Isten Hefte des 8ten Bandes dieses Journals mehrere Körper auf, wo dieses Gesetz offenbar nicht Statt findet. Hierbei wird aber die Ursache der Ausnahmen nicht angedeutet, und da nach dem alten logischen Spruche gilt: *qui nimium probat, nihil probat*, so müssen entweder alle Beweise des Eulerschen Satzes, und mit ihnen der Satz selbst verworfen werden, oder es muß im Beweise auf die Ausnahmen hingedeutet, und der Satz muß danach beschränkt werden. Mein Bemühen geht dahin, den so schönen allgemeinen Eulerschen Satz so viel wie möglich zu retten.

Der Beweis, den Cauchy im 9ten Bande des *Journal de Pécole polytechnique* für den Eulerschen, oder eigentlich für einen noch allgemeineren Satz giebt, gründet sich (vide pag. 10) darauf, daß bei der Aneinandersetzung der Polygone die Anzahl der Kanten immer um eine Zahl vermehrt wird, die um 1 größer ist, als die Zahl, um welche die Anzahl der Kanten zunimmt.

Auf diesen Beweis stützen sich auch alle anderen Beweise, ausgenommen der Legendre's, welcher die sphärische Trigonometrie zu Hilfe nimmt, und auf dessen Unzulänglichkeit wir später kommen wollen.

Die oben angeführte Bemerkung wurde deswegen bisher für allgemein geltend angenommen, weil, wenn 2 Polygone eine Kante gemeinschaftlich ist, sie dann zugleich 2 Ecken gemeinschaftlich haben müssen; und eben so: haben 2 Polygone 2, 3, 4, etc. *n* Kanten gemein, so haben

11 \*

SLIKA 4 (Strassnitzki1835PrvaStran): Naslovna Schulzove razprave o Eulerjevem pravilu za poliedre z navedbo njegove profesure v Ljubljani (Schulz, 1835, 83).

9. Schulz v. Strassnitzki, von Polyedern. 87

Haben aber die zwei Körper zwei Seitenflächen gemein, die nicht an einander liegen, so hört das Eulersche Gesetz auf, und ganz begreiflich, weil der neue Körper ein ausgehöhlter ist.

Endlich mögen im Allgemeinen zwei einfache Körper *f* an einander liegende Seitenflächen mit einander gemein haben, und es seien in den zwei sich deckenden Polygonnetzen *f* Polygone, *s* Kanten und *p* Eckpunkte; es habe ferner die äußere Contur dieses Netzes *n* Kanten und folglich *n* Eckpunkte, so daß also inwendig *s-n* Kanten und *p-n* Eckpunkte sind; nennen wir ferner, wie früher, die Anzahl der verloren gehenden Flächen *σ*, der Ecken *ε*, der Kanten *κ*, so ist, da jede Kante der Contur, und jede Ecke der Contur nur einmal verloren geht, während dieses bei den inwendigen doppelt Statt findet:

$$\sigma = 2f; \quad \varepsilon = n + 2(p-n) = 2p-n; \quad \kappa = n + 2(s-n) = 2s-n.$$

Nun ist nach Cauchy's Lehrsatz, für jedes Polygonnetz:

$$f + p = s + 1,$$

daßer

$$2f + 2p = 2s + 2.$$

Ferner ist  $2p = \varepsilon + n$ ;  $2s = \kappa + n$ ; also hat man, diese Werthe substituirt,

$$\sigma + \varepsilon + n = \kappa + n + 2,$$

folglich

$$\varepsilon + \sigma - \kappa - 2 = 0,$$

und

$$E + S - K - 2 = 0.$$

Also zwei einfache Körper, so an einander gesetzt, daß sie zusammenhängende Polygonnetze mit einander gemeinschaftlich haben, geben wieder einen Körper, der dem Eulerschen Gesetze unterworfen ist.

Und so ergiebt sich abermals, daß nur die aufgesetzten und ausgehöhlten Körper eine Ausnahme machen.

Laibach, im September 1832.

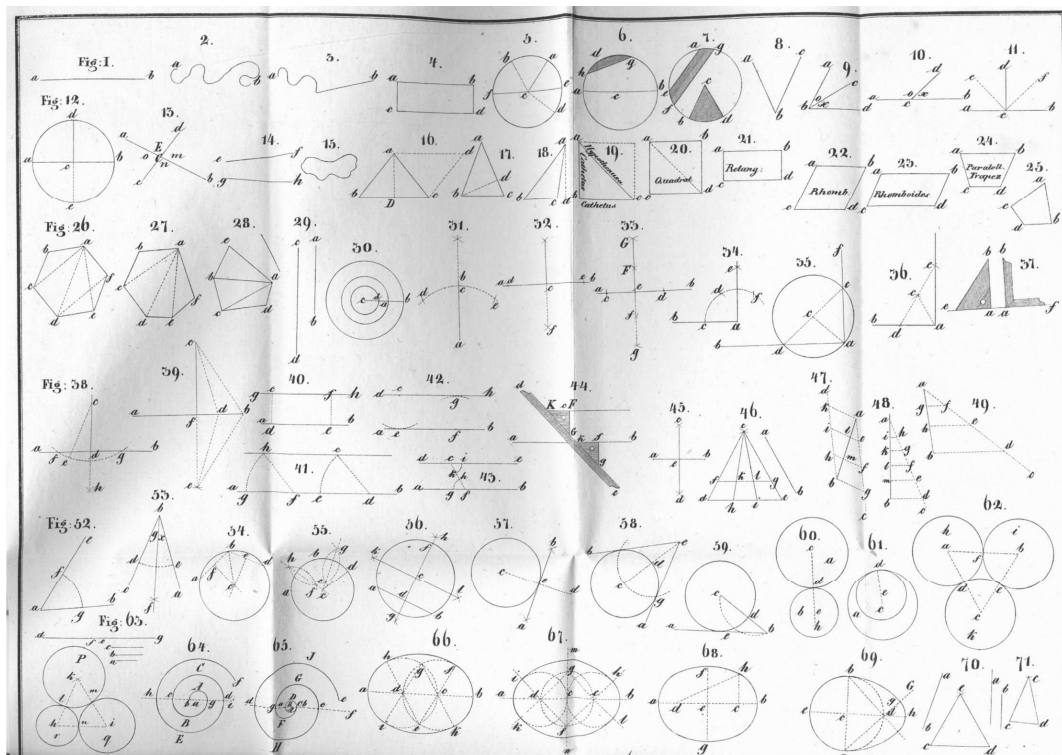
SLIKA 5 (Strassnitzki1835ZadnjaStran): Zadnja stran Schulzove razprave o Eulerjevem pravilu za poliedre z navedbo Ljubljane (Schulz, 1835, 87).

## 4. Schulzovi sodobniki

Leta 1783 so v Parizu ustanovili *École des Mines*, kjer so poučevali uporabno kristalografijo. Naslednje leto je Haüy začel znanstveno raziskovanje v kristalografiji v dobi, ko sta se petrografija in kristalografija razvili kot novi veji raziskovanja geologije oziroma mineralogije. Haüy je bil sin siromašnega tkalca. Študiral je za duhovnika in se je za mineralogijo začel zanimati šele pri tridesetih letih. Leta 1783 je bil sprejet v razred za mineralogijo in naravoslovje Akademije v Parizu.<sup>24</sup> Pred revolucijo je predaval v Parizu in sodeloval z Lavoisierjem pri meritvah gostote vode za določitev standardne enote mase. Bil je eden redkih, ki je pozneje zbral dovolj poguma in skušal rešiti Lavoisierja pred giljotino. Na 30. 10. 1794 ustanovljeni *École Normale* v Parizu je poučeval fiziko. Pod Napoleonovo vlado je postal profesor mineralogije v Naravoslovnem muzeju v Parizu kot preberemo na naslovnici njegovega učbenika, ki je bil napisan po Napoleonovem naročilu za potrebe prenovljenega pouka.<sup>25</sup> Na Ljubljanskih centralnih šolah so ga kmalu nabavili, saj so bile osrednja izobraževalna ustanova v Ilirskih provincah med letoma 1809 in 1813. Kot del Francoskega cesarstva so Ljubljančani v tem času hitro prihajali do novih knjig tiskanih v samem

središču tedanje znanosti, v Parizu. Tako hitra nabava pariških knjig v Ljubljani seveda ni bila v navadi ne prej, ne pozneje. Ljubljanski profesor fizike Kersnik je Haüyjevo knjigo gotovo uporabljal pri svojih predavanjih v francoskem jeziku. Kvaliteta učbenika kaže visoko raven predavanj na Ljubljanski univerzi v času Ilirskih provinc.

Na Ljubljanskem Liceju so nabavili dve izdaji Haüyjevega dela med letoma 1808 in 1815 iz Zoisove knjižnice, ki je hranila veliko knjig o mineralogiji.<sup>26</sup> Zois je kupil tudi šestnajst knjig s šestimi dodatki Haüyjevega predhodnika na položaju upravnika Kraljevega vrta v Parizu, grofa Buffona. Hranil je še štiri knjige utemeljitelja znanstvene geologije in mineralogije Dolomieuja; let ta je bil med približno petdesetimi osebami, s katerimi si je Zois dopisoval o mineralogiji. Te Zoisove knjige so skupaj s 76 drugimi znanstvenimi deli, pozneje prišle v licejsko knjižnico v Ljubljani, katere naslednica je današnji NUK. Drugače od drugih zbiralcev mineralov v Evropi je podjetnik Zois svoje minerale zaračunal naročnikom.<sup>27</sup> Zoisovo zbirko mineralov, popisano leta 1804, so od njegovih potomcev odkupili za *Rudolfinum*, današnji Narodni muzej v Ljubljani. V licejski knjižnici so popisali šest knjig o kristalih, med njimi eno v francoskem in pet v nemškem jeziku.<sup>28</sup>



SLIKA 6 (Kersnik1830Slike2) Slike pravih poliedrov na koncu Kersnikove Geometrije (J.K. Kersnik, *Die niederere construirende und berechnende Elementar-Geometrie. Ein leicht-fassliches Lehrbuch für Handwerker und überhaupt für allen, die zu ihren Geschäften geometrischen Kenntnissen brauchen*, Ignaz Alons Edlen von Kleinmayr, Laibach, 1830).

V kemijskem in fizikalnem kabinetu na Centralnih šolah v Ljubljani so uporabljali model Zoisovega izuma jeklarne s pihalnikom in pripadajočimi premičnimi oporami, 33 vzorcev v zbirki mineralov iz rudnika v Idriji, 250 vzorcev drugih mineralov, 56 drugih kemičnih elementov in spojin, večinoma kovin. Pri nekaterih kovinah je Kersnik popisal barvo, npr. rumeni, rdeči in temno rjavi Pb, črno in rdeče Fe, ter črno in rdeče Hg. Popisal je celo kovine, ki so jih odkrili že po njegovem rojstvu. Svojo zbirko je izboljšal leta 1811 s prenosno Voltovo Zn-Au baterijo, optično opazovalnico, higrometer s termometrom in pnevmatski vžigalnik. Istega leta je glavni guverner Ilirskih provinc, vojvoda in dubrovniški maršal Marmont ob svojem odhodu iz Ljubljane podaril Kersnikovemu kabinetu ljubljanskih Centralnih šol svoj obsežen laboratorij z natančno analitično tehniko, Voltovo baterijo z napetostjo 100 V, galvansko baterijo z 100 elementi Cu-Zn, destilacijski aparat, gazometer, audiometer, peč za žarenje, plinske grelce za visoke temperature, 49 retort, 12 Woulfejevih steklenic, 19 lijev, 2 muflovki, 14 posod, termometre, aerometre, steklene, kovinske in porcelanaste cevi, več sto bučk, 200 kozarcev, porcelanske lončke za žarenje, železna in lesena stojala, pincete in žlice.<sup>29</sup>

Osnovna zbirka Kranjskega deželnega muzeja v Ljubljani so bili Zoisovi minerali. Leta 1823 jih je vlada kupila od njegovih dedičev za 6000 fl iz kranjskega provincialnega fonda. Velikost zbirke in minerala »wulfenit« ter leta 1805 poimenovan »zoisit« kažeta na veliko zanimanje za rudnine na Kranjskem.<sup>30</sup>

Kmalu po smrti nekdanjega ljubljanskega profesorja Ambschlla je Baumgartner sprejel Haüyjevo in Mitscherlichovo teorijo kristalov. Opazoval je dvojni lom in barvne pojave v snoveh brez kristalov, tudi v tekočem terpentinskem olju.

V Baumgartnerjevem času je na Dunajski univerzi že prevladoval atomizem in se raziskovalci niso več sklicevali le na Boškovićevo dinamično teorijo sil. Baumgartner je bil rojen v družini gostilničarja in peka. Leta 1814 je doktoriral na Dunajski univerzi, leta 1823 je postal redni profesor fizike in uporabne matematike na Dunajski univerzi, leta 1861 pa predsednik Dunajske akademije. Z njim so kristalografija in druge matematične dobile nov zamah tudi v naših krajih.

## 5. Zaključek

Kristalografija je iz zametkov Hacquetovih in Schulzovih dni postala ena najvažnejših sodobnih znanstvenih panog. V veliki meri je napredek omogočilo sprejemanje novejših dognanj matematike in še posebej geometrije, pri tem pa si je veliko zaslug pridobil prav ljubljanski profesor Schulz.

## 6. Literatura

1. B. F. Erberg, *Petri van Musschenbroek Dissertatio physica experimentalis de magnete, quam cum assertionibus ex universa philosophia palam propugnatis...* Bernardinus e dominis ab Hochenwarth, Carniolus Gerlachsteinensis, philosophiae in 2. Annum auditor, praeside R. P. Bernardino Erber e S. J... in aula academica archiducalis Soc. Jesu collegii Labaci mense Sept. Anno 1754 utilitati publicae dedit, Labaci, 1754, teze 46-48
2. K. Meyer, Die Entwicklung des Temperaturbegriffes im laufe der Zeiten, Braunschweig, 1913, 97.
3. J. J. D. de Mairan, *Dissertation sur la glace, druga izdaja*, Paris. 1717. Nemški prevod, *Abhandlung von dem Eise oder physikalische Erfahrung der Entstehung des Eise, und der Haben*. Leipzig, 1752, 1, 130, 243, 2, 83.
4. I. Taufferer, *Dissertatio Cl. Mairani De Causa Variationum Barometri. Tentamen Publicum ex Universa Philosophia, Quod In Archi-Ducali, & Academico Soc. JESU Collegio Labaci ex praelectionibus r. p. Innocentii Taufferer Soc. Jesu Phil. Prof. Publ. & Ord. Subiverunt Perillust. D. Aloysius Vermati, de Vermesfeld, Carn. Lab. Nobilis D. Antonius Feichtinger, Carn. Locopolitanus. Prolusionis loco Explanabuntur Phaenomena motus Astrorum Systematis Copernicani*, Ljubljana, Typis Joannis Georgii Heptner, Inclytae Provinciae Carnioliae Typographi, 1760, tezi 34, 35.
5. R. J. Bošković, *Theoria philosophiae naturalis, redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, Liber, Zagreb, 1974, XXXIV, 166, 191, 192, 195, 198-200.
6. G. Tartini, *Scienza Platonica fondata nel Cerchio*. Cedam-Casa Editrice Dott. Antonio Milani, Padova, 1977, 1, 8, 11, 70, 94, 161, 277, 279, 309, 385, 399, 439, 443.
7. M. A. J. N. Raigersferld, *Annotationes ... accomodata ad Compendioria Physicis Patrii Pauli Mako S.J. Michaelis Liberi Baronis de Raigersfeld, Philosophia in alterum annum auditor, sub professor R.P. Joanne Schottl In Collegio Regio Thereseiano, Anno 1763, AS, Zbirka rokopisov in urbarjev, 149r.*
8. G. Schöttl, *Tentamen physicum de fluidis in genere ac in genere de aqua, quod in aula academica archiducalis Societatis Jesu collegii Labaci anno MDCCLXXI ex praelectionibus r.p. Gregorii Schöttl e S.J. phil. prof. publ. ord. subibunt perdoct. d. Narcissus Kappus de Pichelstein praenob. Carn. Labac, perdoct. d. Joan. Nep. Kautschitsch, Carn. Idriensis, perdoct. d. Valent. Mercher, Carn. ex Fano s. Viti, physicae auditores, typis Joannis Friderici Eger, Labaci, 1771, teza 3.*
9. G. Schöttl, *Tentamen physicum de igne et luce, quod in aula academica archiducalis Societatis Jesu collegii Labaci anno M.DCC.LXXII. ex praelectionibus r.p. Gregorii Schöttl e Soc. Jesu Phys. Prof. Pub. Ord. Subibunt perdoct. d. Andr. Brataschevitz, ex Comit. Gorit. perdoct. d. Matthaeus Locker, Carn. Prensokov., perdoct. d. Georgius Suppan, Carn. Rathmonst., perdoct. d. Andr. Suppanzig ex Comit. Gorit. Physicae auditores. Labaci, Literis Egerianis, 1772, teza 35.*



10. M. Eckert, H. Schubert, G. Torkar, The roots of Solid-State Physics Before Quantum Mechanics. V: *Out of the Crystal Maze. Chapters from the History of Solid-State Physics* (Ur. L. Hiddeson, E. Braun, J. Teichmann, S. Weart), Oxford University Press, New York-Oxford, **1992**, 3-87, tu strani 20-21, 72.
11. L. G. Biwald, *Wilhelm Lewis, Mitglied der königl. Grossbritannienischen Societät der Wissenschaften zu London. Geschichte des Goldes und verschiedener damit sich beschäftigender Künste und Arbeiten*. Grätz: gedruckt bey den Widmanstätterischen Erben. *Assertiones Ex universa philosophia quas autoritate et consensu Plurim. Rev. Eximii Clariss, ac Magnis. D. Univ. Rectoris, Perill. Ac Doctiss. D. Caes. Reg. Inclyt. Fac. Phil. Praesidis & Directoris, Praen. Cosultiss. Ac spectab. Dom. Decani caeterumque Dom. Doctor. Ejusd. Inclyt. Fac. Phil. In alma ac celeberr. Univ. Graec. Anno 1771 Mense aug. die publice propugnandas suscepit, praenob. Ac perdoctus dominis Ioannes Nep. Pollini. Carniol. Labac. Ex Arch. S. I. Conv. Nob. Colleg. Ex praelectionibus Adm. Rev. & Cl. P. Leopoldi Biwald, e S. I. AA. LL. & Phil. Doct. eiusd. Prof. publ. & ord. Adm. Rev. & Cl. P. Antonii Pöller, e S. I. AA. LL. & Phil. Doct. eiusd. Prof. publ. & ord. A. R. & Cl. P. Leopoldi Wisenfeld, e S. I. AA. LL. & Phil. Doct. ac. Phil. Moral. Prof. publ. & ord. Adm. Rev. & Cl. P. Caroli Taupe, e S. I. AA. LL. & Phil. Ac Math. Prof. publ. & ord. Graz, **1771**, tezi 32, 33*
12. Z. Szökefalvi-Nagy, Plan d'une école chimico-métallurgique au XVIIIe siècle. *XIIIe Congrès international d'Histoire des sciences*, **1971**, 133-135.
13. Slovenski Biografski Leksikon, Ljubljana, **1927-1932**, I: 284, 324-325.
14. (a) M. Senechal, *Quasicrystals and Geometry*, University Press, Cambridge, **1995**, 13. (b) H.A. Hauptman, The Phase Problem of X-ray Crystallography. *Physics Today*. november **1989**, 15, 17, 19, 24-29. (c) I. A. Rezanov, Istorija stanovenija nauk o zemle. *VIET*, **1988**, 2, 25-35, tu str. 29-30.
15. (a) *Inventari Ginasio Superiore di Capodistria*, Koper, **1850-1871**. (b) J.K. Kersnik, *Inventarium, Zgodovinski Muzej Ljubljana*. akc.fond 1, Arh.enota 76, **1847**.
16. (a) Ganot, *Elementary Treatise on Physics*, Wood, New York, **1886**, 603. (b) A. Baumgartner, Die Naturlehre nach ihrem gegenwertigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung. Wien. 2. izdaja, **1826**, I, 81-85, 355, 375.
17. *Schematismus Laibacher Gouvernements Königreichen Illyrie für das Jahr 1834*, Laibach, **1834**, 155.
18. F. Ilešič, Gimnazijske študije v dobi našega preporoda. *Pedagoški letopis (Slovenska šolska matica v Ljubljani)*, **1907**, 97-129, tu strani 99-100, 118, 120.
19. K. Schulz pl. Strassnitzki, Das geradlinige Dreieck und die dreiseitige Pyramide nach allen Analogie dargestellt. J. G. Heubner, Wien, **1827**, 5, 52, 100.
20. (a) L. Euler, *Elementa doctrinae solidorum. Novi Commentarii Academiae Scient. Imp. Petropolitanae ad annum 1752 et 1753*. **1758**, 4, 109-140. (b) Cantor, M.B., *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, B. G. Teubner, Leipzig, **1901**, 3, 556.
21. K. Schulz pl. Strassnitzki, Beiträge zur Discussion des Eulerschen Lehrsatzes von Polyedern in Beziehung auf die neulich bemerkten Ausnahmen desselben. *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Berlin, ur. A.L. Crelle)*, **1835**, 14/1, 83-87, tu strani 85, 87.
22. J. F. C. Hessel, Nachtrag zu dem Eulerschen Lehrsatz von Polyedern. *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Berlin, ur. A.L. Crelle)*, **1832**, 8/1, 13-20, tu stran 15.
23. E. Fabiean, Tvoričestvo Hristiana Samuela Veisa. *Voprosi Istorii Estetstvoznania i Tehniki*. **1981**, 3, 10-21, tu stran 18.
24. J. J. Burckhardt, *Die Symetrie der Kristalle. Von René-Just Haüy zur kristallographischen Schule in Zürich*. Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Berlin, **1988**, 16, 27, 61.
25. R. J. Haüy, *Traite élémentaire de physique*, Pariz, 2. izdaja, **1806**, 50, 57-77, 80 123, 126-128, 190, 195.
26. (a) Ž. Zois, *Bibliothecae Sigismundi Liberi Baronis Zois Cataloguis*, **1815**, *Narodna in Univerzitetna Knjižnica*, rokopisni oddelek. (b) R.J. Haüy, *Grundlehre der Physik*, Prevod iz francoščine, **1804** (NUK-8504). Druga izdaja: *Traité élémentaire de Physique par M. la Abbe Haüy*, Chez Courceir, Paris, **1806** (NUK- 22077).
27. J. Šumrada, Žiga Zois in Déodat de Dolomieu. *Kronika*, **2001**, 49/1-2, 65-72, tu strani 66, 71.
28. M. Čop, M. Kalister. Katalog licejske knjižnice, Učbeniki in slovarji; Metalle, metallartige Körper Sauern und Satze, **1828-1831**, *Narodna in Univerzitetna Knjižnica*, rokopisni oddelek, stran 52.
29. (a) J.K. Kersnik, *Inventaire des objets existantes dans le Cabinet de Chimie et de Physique des écoles centrales à Laibach*. Prvi in deveti oddelek *Zgodovinski Muzej Ljubljana*. Akc.fond 1, arh.enota 53, **1811**. (b) R. Zelli, *Registre de correspondance*. VII. *Narodna in Univerzitetna Knjižnica*. Rokopisni oddelek, **1811**. (c) J. Polec, *Zgodovina slovenske univerze v Ljubljani do 1929*, Ljubljana, **1929**, 37-38.
30. E. Faninger, Izvor rodovine Zois in njeni najpomembnejši predstavniki na Slovenskem, *Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike*. **1987**, 9, 94.