

ZGODOVINA RAZISKOVANJA LUMINISCENTNIH SNOVI (I del)

Stanislav Južnič*

History of development of luminiscent materials (Part I)

ABSTRACT

The development of the research of the luminiscent materials is described from inventions to their use in Braun's cathode ray tube. Attention is put on the researches and writing about luminiscence in Austria, specially in its Slovene part. First part of the article ends with Stokes' law in the middle of last century.

POVZETEK

Obravnavamo raziskovanje luminiscentnih snovi od odkritij do uporabe v Braunovi elektronki. Več pozornosti posvečamo raziskavam in pisanku o luminiscenci v tedanji Avstriji in še posebej v njenem slovenskem delu. Prvi del razprave sega do objave Stokesovega zakona sredi preteklega stoletja.

1 UVOD

"Fosforje imenujemo telesa, katerih medla svetloba je kot svetloba Lune in pogosto še šibkejša. Ne pustijo močnejšega vtisa v očesu, v katerem se zberejo, niti ne povzročajo zaznavne topote, niti občutno ne povišajo temperature okoliških teles."

Tako je luminiforje in element fosfor s skupnim imenom "fosfor" opisal dolgoletni ljubljanski profesor fizike Ambschel pred dvesto leti (1792, 279, 280). Danes opišemo luminiscenco z razliko med visoko energijo absorbiranih in nižjo energijo oddanih fotonov. Razlika med definicijama je plod stoletij raziskav, odkritij in tudi napak, ki so omogočile mnogotere uporabe luminiforjev, brez katerih si ni mogoče zamisliti sodobnega računalniškega in televizijskega sveta.

2. RAZISKOVANJE LUMINISCENCE PRED ODKRITJEM ULTRAVIJOLIČNE SVETLOBE

Svetlikanje snovi v temi je privabljalo pozornost že v antiki. Bioluminiscenco gob in rib je poznal že Aristotel (384 do 322 pr.n.š.), Plinius (23 ali 24 do 79) pa je opisal tudi fosforescenco kamnin (Wilde, 1843, 384-385).

Prvi opis fluorescence

Španski zdravnik Monardes je prvi objavil opis fluorescence mehiškega drevesa "lignum nephriticum", njegove raztopine v vodi in kamnino "lapis nephriticum", ki so jo v različnih oblikah poznali že v antični Indiji, posebno pogosta pa je bila v Mehiki, "Novi Španiji". V isti knjigi je objavil tudi prvi opis tobaka, ki so ga Špancem pokazali Indijanci (Monardes, 1574, 50-52, 21).

Posthumno nizozemsko izdajo Monardesove knjige so vezali z njegovim drugim medicinskim delom, tiskanim

leta 1582, in s petimi deli drugih sodobnikov. Leta 1626 je bila knjiga last dunajskega zdravnika Conradusa Widderja, pozneje pa je prešla k ljubljanskim avguštincem in okoli leta 1800 v licejsko knjižnico v Ljubljani.

Prvi umetni luminifor: "bolonjski kamen"

Čevljar Vincenzo Cascariolo (tudi Casciriolo, Cascarolo) je v Bologni pri alkimističnih poskusih med leti 1692-1604 dobil prvi umetni luminifor. Mešal je zmleti barit z Monte Paderna pri Bologni in oglje v prahu. Ponori je opazil, da ohlajena zmes oddaja vijoličnomodro svetobo.

Galileo Galilei (1564-1642) je na univerzi v Padovi med prvimi izvedel za novost. Kose "bolonjskega kamna", imenovanega tudi "lapis solaris", je dal zdravniku jezuitu Lagalli iz Collegio Romano, ki je prvi objavil odkritje. Lagalla je v zadrževanju svetlobe v luminiforju videl dokaz, da svetloba nima teže, saj se teža kamna med luminiscenco ne spreminja. S tem je nasprotoval trditvam Galileja, kritiziral pa je tudi Galilejev opis opazovanja Lune skozi teleskop (Mladenović, 1985, 177).

Profesor filozofije na univerzi v Bologni Licetius je leta 1640 opisal "pietra lucifera di Bologna". Menil je, da od Sonca neosvetljena stran Lune sveti z medlo svetobo zaradi fosorescence, podobno kot "bolonjski kamen". Kritiziral je tudi pravilen Galilejev opis te pepelnate svetlobe, odboja sončne svetlobe od Zemlje, ki ga je objavil že Leonardo da Vinci (1542-1519).

Liceti je bil eden napomembnejših mislecev svoje dobe. Med drugim si je dopisoval tudi s Francozom Pierrom Gassendijem (1592-1655) o atomih. Zato Galilei ni mogel spregledati njegovih kritik, kot je sprva nameraval. Pomlad 1640 mu je nekdanji učenec princ Leopoldo Medici (1617-1675) pisal iz Firenc v Arcetri, naj odgovori na "lahkomiselne Licetiusove argumente". Galilei je v "Lettera al Principe Leopoldo di Toscana" Licetiusovo veliko znanje označil kot golo zbiranje nepovezanih dejstev, analogijo med Luno in "bolonjskim kamnom" pa je zavrnil kot neutemeljeno. Princ Leopoldo je pozneje, 19.6.1657, predsedoval prvi fizikalni "Academia del Cimento" (Kuznecov, 1964, 134, 274-276). Licetijevi idejo o fosorescenci neosvetljenih nebesnih teles je Puluj stoletja pozneje uporabil pri opisu Venere (1889, 308).

Kircher je 6 let za Licetiusom dopolnil njegov opis "bolonjskega kamna" z lastnimi opazovanji luminiscence živali, rib in kamnov. Opazil je, da "iz kamna izhajajoča svetloba ni stalna, saj ugaša s časom kot magnet. Sila najpreprostejših ognjenih par namreč zaduši izločanje ... Svetloba je znotraj sence vkovana in tako shranjena v svetlečem se telesu. V nasprotju s prevladujočim mnenjem šolanih filozofov menim, da svetloba sestavlja delci. (Bolonjski) kamen vleče svetobo nase kot nafta ogenj in (kot) magnet železo. Svetloba ima v takšnem kamnu lastnosti neba in ognja ter sveti v temi tako kot sama Luna. Nekaterim kamnom svetloba vžge atomske delce, ki jo skušajo vedno pregnati na tak ali drugačen način." (Kircher, 1646, 27).

* Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral pa leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofske fakulteti v Ljubljani.

C A P V T V I I I .

De Photismo Lapidum.

De Lapis Phengzite, seu Phosphoro minerali.

Lucem non ita pridem in agro Bononiensi fossile quoddam, quod certa ratione preparatum, lucere expositum, eam ita imbibit ut tenaciter cum fibi incorporatur ut loco tenebroso ex theca de promptum exponatur; conceperat lucem, conseruatque non lucis se viuos carbones non sine intuentum admiratione diffundat. Et quamvis insignis ille Fortunius Licetus in suo de Lithophoro libello, eum in foliogro Bononiensi reperi rit dicat, ego tamen huius quoque minera apud Tolpham, & in loco, ubi lapides aluminis vulgo Alume di loloës, fodere solent, hanc obscura indicia reperi; que Bononiensi qualitatibus profossi simili est. Est enim huiusmodi fossile massa quzdam Gypso sulphureo-fanerita multum Arsenici, Antimonii, Chalcanti admixtum habens, & gypsum quidem calx, in quam faciliter relolutur; graueolenta sulphur & disphanerita selenitum; vir causticus, & plioleca, & pilorum deteriusa, arsenicum; antimonium ad vomitus coactitans facultas; & chalcantus denique mordacitas farinifera desiderans, & qui effectus in Bononiensi quoque inesse reperiuntur. Ita, ut perque demonstrant, & qui effectus in Bononiensi quoque inesse reperiuntur. Ita autem at lucem imbibendum preparatur. Lapis, vel integer, si purus sit & melioris notae, in furno vel condensato calcinatio tempore tendat, donec operatum efficiatur consequatur, quem efforescentia sequendam minutissimi roris granu referentes, quas ad superficiem ludare videtur, & in quibus maximè virtus lucis conceptius, siue auctius rei permisso refulget, & inquinat. Hac igitur ratione preparatus lapis, sciriose quibusdam, siue arcuatis ad id preparatus imponitur; ut aquae solutur, lucis splendorum. Anticis ostendens desiderans, lapidem cum theca. Solis diuino splendori, vel si Sol non fulgeat, diuina luci, aut etiam crepusculorum, necnon si noctu, igni valido facib[us]que accende expones (ex omnibus enim hinc lucem attrahere, ac se deriuere potest, & cum proportione quadam, ita ut quo lux fuerit eminenter, tanto copioferior, etiam caciorige lumine lapis quoque in tenebris consufatur; sit) lyci exposito lapidis aliquantisper, pura quadrante horaz, ad perfectius & intimum futuram lucis in se concipientem theca clausos, in obscurum mox defers, aperteque sciriose vides illos, lucem non secus, ac carbones accensos de se diffundere; quae tamquam

sigla lapidis luminantis.

Præparatio eius ad lucem imbibendam.

Quædam modis invenientur.

rebus tempore reponi expedit.

Slika 1: Zapis v ARS MAGNA LUCIS ET UMBRAE o luminiforju z opisom "bolonjskega kamna" in opisom Licetiusovega dela

Kircherjevo delo je imelo velik vpliv na sodobnike, posebno v jezuitskih šolah. V ljubljanskem jezuitskem kolegiju so ga dobili že leta 1697. Med požarom 28.6.1774 je bilo bržkone izposojeno, saj 1.3.1775 ni bilo popisano med rešenimi knjigami.

Galilei je v pismu evangelistu Torricelliju (1608-1647) kritiziral in smešil Kircherjev pristop k znanosti, v katerem naj bi se ob astrolabu in urah nahajali tudi neznanstveni zapisi o glasbi in zdravilu proti ugrizu tarantele. Galilejeva in tudi Huygensova kritika je poznejšim znanstvenikom odtujila Kircherjeva fizikalna raziskovanja (Kuznecov, 1964, 276, 278).

Odkritje kemijske prvine: fosfor

Trgovec iz Hamburga Hennig Brandt (tudi Brand, okoli 1630 - po 1710) je med leti 1669-1675 iz več ton urina, dobljenega v hannoverski vojašnici, izločil fosfor za tamkajšnjega kneza. Odkritje je prodal prijatelju, doktorju medicine in dvornemu svetniku pri knezu Mainzu in Saške, Johannu Danielu Krafftu (tudi Kraft, 1624-1697) za 200 talerjev.

Istega leta je Krafft o odkritju obvestil Roberta Boyla (1627-1691) po svečanosti ob imenovanju Newtona za profesorja fizike v Cambridgeu. Po drugih virih naj bi se Boyle do odkritja dokopal sam po Krafftovem namigu. 17.5.1677 je Krafft predaval o fosforju pred Royal Society v Londonu. Poslušal ga je tudi Boyle, ki je objavil, da je "mrzla svetloba bolonjskega kamna" odvisna od zraka, gasita pa jo med drugim amonijak in alkohol. Raziskoval je tudi svetlikanje živali in "lignum nephriticum". Podjetje Boylovega asistenta nemšega rodu

Cöthena Ambrosa Godfreya Hanckwitz (1660-1741) je uspešno proizvajalo in prodajalo fosfor okoli 50 let na Angleškem in v Evropi. Hanckwitz je spretno oglaševal svoje izdelke, obogatel in postal baron.

Sin dvornega alkimista na dvoru hollsteinskega kneza Kunckel je ponovno odkril fosfor. Drugi viri poročajo, da je za skrivnost izvedel od Kraffta oz. od Brandta.

Pomlad 1677 je Krafft priredil javno predstavitev fosforja na dvoru Johanna Friedericha v Hannoverju, kjer ga je poslušal tudi Gottfried Wilhelm Leibnitz (1646-1716). Ta je leta 1710 s svojo avtoritetno doprinesel, da so Brandtu priznali odkritje fosforja.

Lastnosti fosforja sta raziskovala tudi Johann Joachim Becher (1635 Spier - 1682 London), profesor kemije na univerzi v Mainzu in njegov prijatelj Georg Caspar Kirchmaier (1635-1700 Wittenberg), zdravnik volilnega kneza v Mainzu, ki je poročal tudi o Kuncklovi raziskovanjih.

Leta 1675 je Balduin odkril, da ostanek destilacije raztopine zdrobljene krede v solitrni kislini sveti v temi podobno "bolonjskemu kamnu". Svetlikanje je hitro pojemalo na prostem zraku, veliko dlje pa je trajalo v hermetično zaprti stekleni cevi. Pripravo Balduinovega "phosphorus hermeticus" je izpopolnil Heinrich (Wilde, 1843, 390). Pozneje raziskave so pokazale, da fosfor, obdan z zrakom, sveti zaradi počasne oksidacije hlapov in ne zaradi luminiscence.

Raziskovanje luminiscece po dokritju fosforja

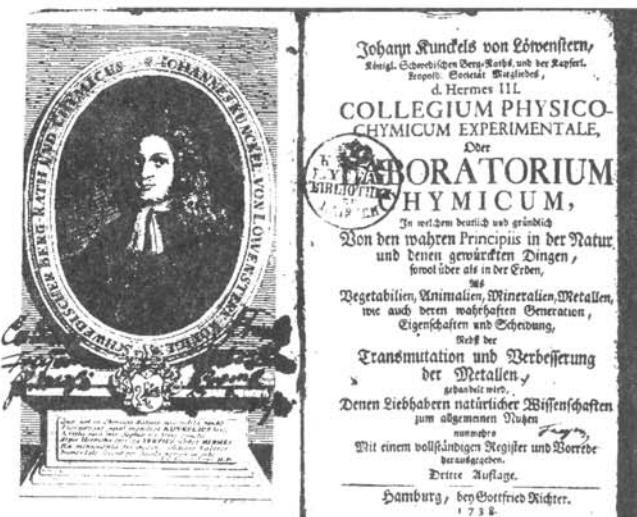
Luminiscenco so raziskovali vzporedno z drugimi optičnimi pojavi. Kljub temu ni toliko vplivala na razvoj optike, kot denimo dvojni lom, ki ga je prvi opisal profesor na univerzi v Kopenhangenu Bartholin leta 1669 in obenem objavil tudi raziskovanja bioluminiscece živali.

Veliko pozornosti je vzbujala elektroluminisceanca. Krojačev sin John Canton (1718-1772), pomožni učitelj na privati šoli v Londonu, je leta 1768 raziskoval vzbujanje luminiscece z električnim praznenjem

Inter inventa nostri saeculi non minimum habendum est Phosphorus igneus... je pričel spis. *Odkritje svetlečega se fosfora prav gotovo ni nepomembno odkritje naše dobe; od drugih teles, ki sama oddajajo svetlogo, se razlikuje po tem, da ni nič drugega kot skriti ogenj (ignis quidam tectus), ki se kaže s svetlogo in dimom; če ga močno drgnemo, pa zagori. Odkrite je znano od leta 1677. Za odkritje tega fosfora se moramo zahvaliti kot za toliko odkritii naključju. Neki v Hamburgu živeči nemški kemik, po imenu Brandt, neznan mož skromnega pokolenja, godnijavega obnašanja, fantastične narave in v vsem delovanju skrivenost; je našel svetlečo se snov, ko je iskal nekaj drugega.

Od mladosti je delal v steklarstvu, od tega pa se je odvrnil, da bi imel časa za iskanje kamna modrih (lapis philosophicus), vanj je stavil vse svoje upanje. Ko se je dokopal do spoznanja, da je skrivenost tega kamna v obdelavi urina, je delal dolgo brez uspeha. Končno je leta 1669 po intenzivni destilaciji urina našel v predložki svetlečo se snov, ki je pozneje dobila ime fosfor. To snov je pokazal nekaterim prijateljem, med drugimi tudi Kuncklu, kemiku saškega volilnega kneza, varoval pa se je, da bi karkoli povedal, kako je snov dobil, in je umrl, ne da bi komu zaupal svojo skrivenost. Po njegovi smrti se je Kunckel lotil snovi, da jo na novo odkrije, ker mu je bilo žal, da ne bi mogel on dobiti tako zanimive snovi, ko je že enkrat bila dobljena. Ker je upošteval, da je Brandt celo življene delal z urinom, je domneval, da je v njem najti fosfor. Temu se je ves posvetil in po štirih letih tudi res našel, kar je iskal. Ni pa bil tako skrivenost kot Brandt in je skrivenost razodel leta 1679. Na Francoskem in Angleškem mislijo, da je Krafft, zdravnik iz Dresdna, odkritelj fosfora, ker ga je on prvi tja prinesel. V resnici pa je kazal tujim učenjakom le fosfor, ki ga je dobil od Kunckla. Krafft pa takrat, ko je potoval, niti ni poznal načina pridobivanja fosfora.*

Slika 2: Leibnizov zapis o odkritju fosforja ("Kemijsko stoletje", Tita Kovač-Artemis, Ljubljana 1984 str. 68)



Slika 2.a: Kunckel ob naslovnici 3. izdaje svoje knjige o eksperimentalni kemiji iz leta 1738. Pod sliko je exlibris Ernesta Freyerja, lekarnarja iz Idrije, katerega botanično znanje je cenil tudi Janez Scopoli (1723-1788), rudniški zdravnik v Idriji med leti 1754-1770. Botanik Henrik Freyer (1882-1866), Ernestov vnuk, je bil med leti 1832-1853 kustos Deželnega muzeja v Ljubljani.

(Wilde, 1843, 392). Prior v Rilléu in Anjonu, član Academie Royale abbé Jean Picard (1620-1682) je leta 1675 raziskoval elektroluminiscenco v izpraznjeni stekleni posodi. Opisal je tudi triboluminiscenco živega srebra v barometru (Wilde, 1843, 392, 406). Raziskave je nadaljeval Švicar Johann Bernoulli (1667-1748), berlinski zdravnik in akademik Christian Friederich Ludolf (1707-1763) pa je leta 1745 pojav pojasnil z električnimi naboji.

Prvi umetni luminifor je zaslužil ime "bolonjski" tako po iznajditelju, kot po raziskovalcih, ki so svoje izsledke



Slika 2.b: Naslovnica Kucklovih razprav o kemiji iz leta 1721 z razpravo o fosforju v IV. delu. Tudi to delo je prišlo na ljubljanski licej iz Freyerjeve knjižnice

objavili v bolonjskem akademskem glasilu leta 1731. Galeati je ugotavljal, da fosorescencija v vakuumu oslabi, ne spremeni pa se njen trajanje. Profesor logike, filozofije in fizike na univerzi in predsednik akademije v bolonji Francesco Marie Zanotti (1692-1777) je leta 1718 opisal lastnosti "bolonjskega kamna". Podpiral je valovno hipotezo, ker je kamen vedno svetil v svoji značilni barvi, ne glede na barvo osvetljevanja.

Razprave o luminiscenci je pri bolonjski akademiji objavljaj tudi Beccaria, ki je slovel predvsem po svoji podpori Franklinovi teoriji elektrike. Razlikoval je naravne in umetne "fosforje" in k njim, tako kot pozneje Ambeschel, štel luminiforje in element fosfor. Opisoval je barve različnih luminiforjev in ugotavljal, da med njimi ni kovin, pač pa razne vrste soli (1768, 12, 19). V nasprotju z Zanottijem je po poskusu iz leta 1770 menil, da "bolonjski kamen" pod modrim steklom sveti modro, pod rdečim pa rdeče, a je pozneje dvomil o točnosti meritev. Priestley jih je kljub temu navajal leta 1772 v podporo Newtonovi korpuskularni teoriji svetlobe, kar je močno jezilo Seebecka (Goethe, 1810, 342, 709-710, 711-714; Wilde, 1843, 386; Nielsen, 1991, 145).

Švicar Leonhard Euler (1707-1783), profesor matematike na univerzi v Berlinu, je leta 1746 luminiscenco pojasnjeval z lastnimi nihanji telesa, ki jih sproži absorbitana svetloba. Njegovi valovni teoriji je nasprotoval Bošković, po katerem naj bi se delec svetlobe absorbi-



Slika 3: Naslovnica Beccarijeve knjige z dvema razpravama o "fosforjih"

Jezuit Gottlieb Leopold Biwald (1731-1805), vplivni zagovornik Boškovićeve teorije, ki je v šestdesetih letih predaval tudi na ljubljanskem liceju, je ob svojih izpitnih tezah v Gradcu leta 1768 ponatisnil tudi Beccarijevi razpravi o "fosforjih". Knjiga je bila leta 1798 popisana v knjižnici Jožefa Klasanca Erberga (1771-1843) v Dolu, leta 1803 pa jo je Franz Wilde (1753-1828) popisal v licejski knjižnici v Ljubljani.

ral v telesu pri razdalji od materialnih točk, v kateri prevladuje privlak. Zaradi notranjega topotnega gibanja naj bi se isti delec izseval z manjo hitrostjo nihanja (frekvenco) na razdalji, pri kateri prevladuje odbojna sila. Zakasnitev pri fosforescenci pa je pojasnjeval podobno kot drugi sodobni: "Po blodnjah vzdolž mnogoštevilnih in raznolikih stez znotraj neprozornih teles svetloba vsaj deloma pride do površinskih delcev in nato odleti. Od tod vsekakor izhaja tista svetloba mnogoštevilnih nam dostopnih fosforecentnih teles, ki se je s Sonca skrila v temo in sveti nekaj sekund. Stvilo sekund nam omogoča ugibanje glede dolžine poti med tolikerimi gibanji sem in tja znotraj teles..." (Bošković, Num.491).

Odmevi raziskovanja luminiscence v Ljubljani

Med 51 eksperimentalnimi napravami za pouk fizike in matematike v Ljubljani, predloženimi 17.9.1755, je bil verjetno tudi "bolonjski kamen", čeprav je namesto običajnega "lapis" uporabljen izraz "vitra Bononiensia". V Kersnikovem popisu iz leta 1811 pa najdemo tako barit kot fosfor (Južnič, 1994, 27).

Med najstarejšimi v Ljubljani objavljenimi zapisi o luminiscenci so licejske izpitne teze o topoti in svetlobi profesorja fizike Schoettla iz leta 1772. Teze so temeljile na Newtonovem nauku v priredbi Holandca Hermana Boerhaava (1668-1738), profesorja medicine, botanike in kemije v Leydenu od leta 1708.

Luminiscenco je zadevala 26. teza, kjer je Schoettl spraševal študente: "Kakšna je razlika med žarenjem,

vročino in svetlogo? Kaj je pyrophorus? Kaj in kateri so fosforji? Katere so značilnosti umetnih in naravnih fosforjev? Ali je svetloba fosforja sama svetloba Sonca, ali se resnična svetloba (luminiforja) skriva znotraj telesa in jo vzbudi sončni sij, ali naposled (absorbirana) svetloba v (luminiforju) povzroči gibanje svetlobe?"

Po Schoettlu je fizikalno katedro na liceju v Ljubljani prevzel Ambschel, pomemben zagovornik Boškovičeve fizike. V njegovih izpitnih tezah ni vprašanj o luminiscenci, opisal pa jo je v pregledu fizike, ki ga je po ukinitvi ljubljanskega liceja objavil kot profesor fizike in mehanike na dunajski univezi.

Ambschel je razlikoval "fosforje", ki svetijo le v stiku z zrakom, in druge, "ki se ne vežejo ob stiku z zrakom, svetijo tudi v praznem prostoru, tako da morajo dobivati svetloba od Sonca, ali pa svetijo zaradi povišanja temperature. Bolonjski fosfor sveti na zraku in v praznem prostoru..." (str.284).

Luminiscenco je opazoval skozi prizmo v začernjeni sobi z odprtino za vpadno svetloba. Opisal je kratkotrajno elektroluminiscenco ob prazenju v zraku (285) in v vakuumu barometerske cevi (290-292). Glede fosforecence diamantov bi "se pri nadaljnji poskusih splačalo podrobnejše poznati sestavne dele diamanta in sile, ki jih združujejo" (285, 290).

3 RAZISKOVANJA LUMINISCENCE V NEMČIJI PO ODKRITU ULTRAVIJOLIČNE SVETLOBE

V teoriji barv je Goethe leta 1810 opisal barve pri fluorescenci "lignum nephriticum". Na koncu dela je priobčil poskuse, s katerimi se je od leta 1806 ukvarjal njegov varovanec Seebeck iz Jene, danes bolj znan po odkritju termoelektričnosti iz leta 1821.

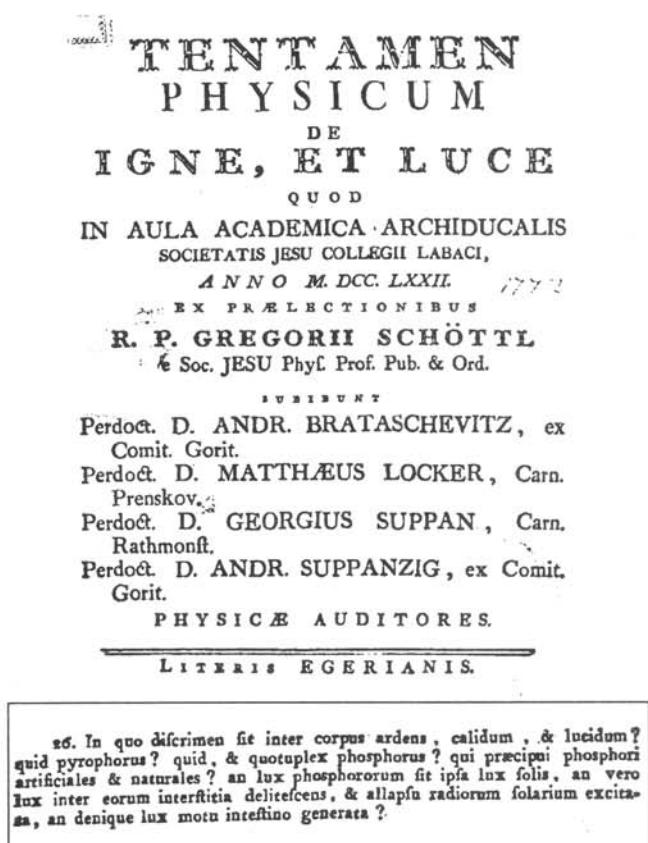
Seebeck je s "posebnim veseljem" potrdil Zanottijev domnevo, da vsaka vrsta "bolonjskega kamna" oddaja svetobo značilne barve ne glede na barvo vzbujane svetlobe (Seebeck, 1810, 710).

Po Seebecku imata modra in vijolična barva "vzburjeno silo", saj povzročata fosforescenco enako lahko in močno kot bela svetloba. Rdeča in rumena svetloba pa imata, nasprotno, "silo depresije", saj naj bi luminiscenčna snov, ki bi sicer svetila še nekaj minut, izgubila svojo svetobo po nekaj sekundah obsevanja. To je bilo eno prvih poročil o stimulirani emisiji. Seebeck je, podobno kot Goethe, nasprotoval Newtonovi ugotovitvi, da je bela svetloba sestavljena iz spektralnih barv (Nielsen, 1991, 143, 144-145).

Heinrich je opazoval fosforescenco skozi majhno odprtino v temni sobi, podobno kot Beccaria in Ambeschel. Luminiforje je razdelil v pet vrst, pri katerih fosforescenco vzbuja:

1. sončna svetloba
2. izgorevanje
3. nastane sama po sebi pri rastlinah in živalih
4. tlak, rezanje ali trenje
5. kemijska reakcija

Ker najbolj fosforescirajo ravno negorljive snovi, se je Heinrichu zdel neprimeren opis fosforescence kot počasnega gorenja. Res so pozneje s počasnim gorenjem opisali le svetlikanje elementa fosforja, ne pa



Slika 4: Naslovica in 26. izpitna teza pri Schoettlu leta 1772

pravih luminiforjev. Kljub temu naj bi se pri fosforenci izsevala svetloba in vezal kisik, pri absorpciji svetlobe pa naj bi se kisik sprostil.

Zaradi spremembe barve ob fosforenci je Heinrich zavračal razlago z večkratnim odbojem svetlobe v snovi. Heinrich je fosforescenco po segrevanju razlagal kot razkroj snovi, ki sprosti Newtonove materialne delce svetlobe. Po drugi strani pa je opisal nihanje etra po analogiji z nihanjem mrežnice očesa ob absorpciji fizioloških barv. Zaradi tega nasprotja pariški Institut leta 1809 ni prisodil nagrade Heinrichovemu raziskovanju fosforecence, temveč manj odmevnim Desaignesovim raziskavam (Wilde, 1843, 386, 406-407). Deset let pozneje pa so pariški akademiki že morali nagraditi Fresnelovo valovno teorijo svetlobe, ki se je v Stokesovem delu uveljavila tudi kot boljša teorija luminescence.

Po Heinrichu vsaka barva absorbirane svetlobe ne povzroči fosforecence, denimo pri diamantu. Poskuse z diamanti je nadaljeval Riess, ki je leta 1845 potrdil domnevo Angleža Wilsona (1775), Ritterja (1805) in Seebecka (1806), da modra svetloba večje lomnosti (frekvence) povzroča veliko več fosforecence od rdečega dela sončne svetlobe (Riess, 1845, 335). Pozneje je Riess ostro polemiziral o naravi svetlobe v katodni elektronki z Edmundom Reitlingerjem (1830-1882) z dunajske politehniko, ki je nadaljeval Plückerjevo in Hittorfovo delo.

4. SKLEP

Lekarnar in fizik z akademije v Münchnu Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) je leta 1801 opisal ultravijolično svetobo. Pol stoletja raziskav je pokazalo, da gre za svetobo višjih frekvenc od vidne. Stokes je potem lahko zapisal, da luminiscenca "daje fizikom oči za opazovanje nevidne svetlobe", ki jih bomo opisali v drugem delu razprave.

LITERATURA

Anton Ambschel (1751 Györ do 1821 Bratislava), profesor fizike na liceju v Ljubljani med leti 1773-1785, zadnja leta tudi rektor, *Anfangsgründe der allgemeinen auf Erscheinungen und Versuche gebauten Naturlehre*, IV. knjiga, Wien, 1792

Kristoph Adolf Baldolini (1632-1682), sodnik iz Grossenhayna na Saškem, *Aurum superius et inferius aurae superioris et inferioris hermeticum, et phosphorus hermeticus sive magnes luminaris*, [Francoforti et Lipsae, 1675]

Erazem Bartholin (1625-1698), *Experimenta crystalli islandici disdiasticti quibus mira et insolita refractio detegitur*, Havn. 1669

Giovanni Batista Beccaria (1716-1781), profesor fizike na univerzi v Torinu, *Comentarii duo, de phosphoris naturalibus et artificialibus, ex actis Bononiensibus excerpti*, Graecii, 1768

Ruđer Josip Bošković (1711-1787), hrvaški jezuit, profesor na Collegio Romano, *Theoria philosophiae naturalis*, Venetis, 1763. Reprint: Zagreb, 1974

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), *Zur Farbenlehre*, Tübingen, 1810. V drugem delu knjige *Geschichte der Farbenlehre* je Thomas Johann Seebeck (1770-1831), član akademije v Berlinu od leta 1818, objavljal na str. 703-724 *Wirkungen farbiger Beleuchtung*

Placidus Heinrich (1758-1825), benediktinec, profesor eksperimentalne fizike na liceju v Regensburgu, *Die Phosphorescenz der Körper usw.*, 5 abhandlungen Nürnberg, 1811-1820

Stanislav Južnič, *Zgodovina vakuumske tehnike* (III. del), Vakuumist, 14/1 (1994) 27-31

Johann Kunckel von Löwenstern (1630-1703), farmacevt in dvorni alkimist v Dresdenu, *Oeffentliche Zuschrift von der Phosphor mirabilis*, Leipzig, 1678, ponatis v: V. Curiose Chymische Tractälein, Franckfurth in Leipzig, 1721. Na knjigi v NUKU ročno vpisan Freyerjev exlibris brez datuma.

Collegium Physico-chemicum experimentale, oder Laboratorium chymicum, Hamburg und Leipzig, 1716, posthumno. 3. izdaja, Hamburg, 1738

Athanasiu Kircher (1601-1680), jezuit, profesor matematike, fizike in orientalskih jezikov na Collegio Romano, *Ars magna lucis et umbrae*, Romae, 1646. Na knjigi v NUKU ročno vpisan jezuitski exlibris na naslovni z letnico 1697.

Tita Kovač-Artemis, *Kemiki skozi stoletja*, MK, Ljubljana, 1984

Boris Grigorjevič Kuznecov, *Galilei*, Nauka, Moskva, 1964

Giulio Cesaro Lagalla (tudi La Galla, 1571 Neapelj do 1624 Rim), *De Pheanomenis in Orbe Lunae*, novi telescopii usu a Galilaeo nunciterum suscitat, phisica disputatio. Item de luce et lumine altera disp. Venetia, 1612

Fortunius Licetus (1577 Rapallo do 1657 Padova), *Litheophosphorus sive de lapide Bononiens, lucem inse conceptam ab ambiante claro mox in tenebris mire conservante liber*, Utini, 1640
De Lunae subobscura luce prope conjunctiones et in deliquia observationes, ib. 1640

Milorad Mlađenović, *Razvoj fizike, Optika*, Građevinska knjiga, Beograd, 1985

Nicolau Monardis (1493-1570), hispanensi medico, *De simplicicis medicamentis ex occidentali India delatis, quorum in medicina usus est*, Antverpiae, 1574

Keld Nielsen, *Another kind of light: The work of T.J. Seebeck and his collaboration with Goethe*, Part I, HSPS, 20 (1989) 107-178

Johann Puluj (1845-1918), *Strahlende Elektrodenmaterie*, Wien. Ber. 81 (1880) 864-923. Prevod v Physical memoirs, London, 1889

Peter Theodor Riess (1805-1883), profesor in akademik v Berlinu, *Zur Phosphorescence des Diamants*, Ann. Phys. 64 (1845) 334-335

Gregor Schoettl (1732 Steyr do 1777), profesor fizike na liceju v Ljubljani med 22.10.1768 in 9.10.1773. *Tentamen Physicum de igne, et luce quod in aula academica arhidualis societatis jesu collegii, Labaci, 1772*.

Emil Wilde (1793-1859), profesor matematike in fizike na berlinski gimnaziji, *Geschichte der Optik vom Ursprunge dieser Wissenschaft bis auf die gegenwärtige Zeit*, Berlin, Rücker & Püchler, 1843, II del

Francesco Marie Zanotti (1692-1777), profesor logike, filozofije in fizike na univerzi in predsednik akademije v bolonji, *De Bononiensi scientiarum academia commentarii*, Bononiae, 1731