

Izvorni znanstveni članak
UDK 541.1 (093) »17«
Članak je primljen 23. V. 1989.

Snježana Paušek-Baždar

Zavod za povijest prir., matem.
i med. znanosti JAZU,
Zagreb, A. Kovačića 5

BOŠKOVIĆEVA GLEDIŠTA O ULOZI TOPLINE I SVJETLOSTI U KEMIJSKIM PROMJENAMA

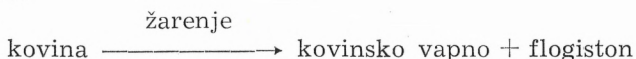
Glavni izvor topline i svjetlosti, osim sunca, bila je vatra, stoga su učenjaci oduvijek težili tome da rastumače narav i ulogu njene topline i svjetlosti koja pritom nastaje. Budući da se nije znalo da je posrijedi oksidacija, jedno od neprotumačenih pitanja kemije 18. stoljeća bilo je o uzroku prirasta težine kovine žarene na zraku. Tada se držalo da se kovina kalcinira, pretvori u svoje vapno, *calx*. Neki učenjaci smatrali su da je uzrok tome topline i svjetlost, a i druge kemijske pojave tumačile su se djelovanjem topline i svjetlosti.

1. KEMIJA 18. STOLJEĆA I PROBLEM PRIRASTA TEŽINE OVAPNENJEM KOVINE

Teorije koje su vladale u kemiji 18. stoljeća nisu bile dostatne da protumače brojna kemijska iskustva. Nova iskustva su se gomilala, a samo mali dio mogao se uklopiti u okvire teorije. Raspravljalo se o tome što je tvarna osnova kemijskih pojava, što je uzrok srodnosti supstancija i u čemu leži porijeklo kemijskih svojstava.

Prije nego što je na ta pitanja odgovorio *A. L. Lavoisier* (1743—1794), dvije glavne teorije vladale su kemijom 18. stoljeća: Stahlova ili flogistonska i Newtonova teorija.

Georg Ernst Stahl (1660—1734) je razradio gledište *J. J. Bechera* (1635—1682), koji je smatrao da se sve tvari sastoje od tri »zemlje«, a jedna od njih *terra pinguis* (masna zemlja) daje tvari svojstvo zapaljivosti. Toj »zemlji« *Stahl* je dao naziv *flogiston* i postavio flogistonsku teoriju. Gorenje tvari temeljio je na odvajanju flogistona. Svojom teorijom tumačio je izgaranje i kalcinaciju i zaključio da su te dvije pojave bitno iste. Naime, proizvodi nastali sagorijevanjem drveta su flogiston i pepeo, a žarenjem kovine izlazi flogiston, a preostaje *calx*, kovinsko vapno. U prvom slučaju pepeo je lakši od drva, polazne, reagirajuće tvari, dok je pak u drugom slučaju nastali *calx* teži od kovine:



Opazanje prirasta težine bilo je zbunjujuće jer se teško moglo objasniti zašto kovina kalcinacijom postaje teža ako se pri tom izdvaja flogiston. Flo-

gistonisti su nalazili razna objašnjenja. Neki su smatrali da istodobno s gubitkom flogistona raste gustoća supstancije iz koje se izdvojio, a neki da postoje dvije vrste flogistona, te da ona vrsta flogistona koju kovine sadrže ima negativnu težinu. Nikad dokazani flogiston postao je aksiom za tumačenje kemijskih opažanja, pa su mu se davala i razna nedokazana svojstva.

Stahl i njegovi sljedbenici usvojili su atome kao neophodni temelj tvari, ali su ih odbacili kao djelatne činioce u određivanju ili predviđanju kemijskih promjena ili svojstava tvari. Nasuprot tome, Newtonova kemijska teorija upravo se temelji na atomima ili česticama tvari i na silama među njima. Newtonovi istomišljenici i sljedbenici, znameniti engleski kemičar *Robert Boyle* (1627—1691) njegov suvremenik, holandski liječnik i kemičar *Hermann Boerhaave* (1668—1738) i njegov učenik fizičar *Peter van Musschenbroek* (1692—1761) i drugi, a prije svega naš Bošković, nisu prihvatili flogiston i flogistonsku teoriju. Oni tumače kemijske promjene na temelju čestica ili atoma podložnih općoj gravitaciji. Većina tih učenjaka smatrala je da je svaki atom isti po svojoj građi, ali različit po obliku i veličini, pa svojstva određene supstancije ovise o veličini i obliku njenih atoma. Ovisno o obliku atoma, sve supstancije sadrže veće ili manje pore. Pore određuju udaljenost atoma, pa tako i jakost sile među njima koja je preinačena opća gravitacija. Smatralo se da toplina ima tvorna svojstva, te da se atomi toplinske supstancije utiskuju između atoma tvari i tako ispunjavaju pore. Ovisno o obliku i udaljenosti čestica ili atoma određene tvari odnosno o veličini pora, ovisi i broj atoma toplinske supstancije koji se mogu utisnuti između njih.¹

2. ULOGA TOPLINE I SVJETLOSTI U TUMAČENJU KALCINACIJE

Kao i flogistonisti, tako su se i sljedbenici Newtonove teorije suočili s poteškoćama oko tumačenja sagorijevanja i kalcinacije kovina, osobito s problemom prirasta težine kovine prelaskom u kovinsko vapno. Iako su njihova tumačenja bila različita, svi su oni svoje sudove temeljili na toplini i svjetlosti kao uzrocima prirasta težine i nastojali to kvantitativno odrediti.

Danas znamo da se kovina žarenjem ili otapanjem u kiselini veže s kisikom iz zraka odnosno iz kiseline, te prelazi u kovinski oksid odnosno sol. Tako kisik, zajedno s kovinom, kvalitativno i kvantitativno određuje nastali proizvod i uzrokuje prirast težine.

Dok su flogistonisti smatrali da u postupku kalcinacije dolazi samo do odvajanja flogistona čime kovina gubi svoja kovinska svojstva, Robert Boyle je pretpostavio da se kalcinacijom kovina veže s vatrom ili sa sunčevom svjetlošću, što uzrokuje i povećanje težine. Zbog toga su Boyleovi sljedbenici nastojali pokazati da toplina, vatra i svjetlost imaju svojstva tvari odnosno da imaju težinu i da mogu poput svih ostalih tvari ravnopravno sudjelovati u kemijskim promjenama.

Tjelesna narav vatre i topline direktno je slijedila iz Newtonove teorije, po kojoj se čestice vatre ili topline utiskuju između čestica tvari čime tvar uvećava svoju težinu. Kako je bilo s težinom svjetlosti?

¹ Gledišta njutnovaca najbolje je prikazao njihov suvremenik, francuski prirodoslovac G. L. Buffon (1707—1788) u svom djelu *Histoire naturelle*, Paris 1765, Tom 13; Vidi: H. Metzger: *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris 1930. (II izd. 1974), str. 46—66.

Već je Robert Boyle u svom znamenitom djelu *The Sceptical Chymist*, pokušavao riješiti i ulogu svjetlosti u kemijskim promjenama. On je pretpostavio da je svjetlost ili »jedan slučaj« i tada ne bi imala tvarna svojstva i ne bi mogla sudjelovati u kemijskim promjenama ili je svjetlost »supstancija« koja je sposobna da se udružuje s bilo kojom drugom supstancijom, pa kemičar može otkriti njenu prisutnost tamo gdje je nevidljiva kao svjetlost. On kaže: »Ja sam vjerovao da vrijedi svuda tražiti ako je neka tvar tako rasprostranjena kao svjetlost, bila ona tjelesna ili ne. I ako se ona može ispoljiti tako da je istražujemo nekim drugim iskustvom, osim osjetilom vida, u tom slučaju ona bi imala neku određenu naklonost s drugim tjelesnim bićima koje poznajemo.«²

To »drugo iskustvo« odnosilo se na kalcinaciju kovina. Prirast težine pri nastanku kovinskog vapna Boyle je tumačio spajanjem kovine sa svjetlosnom supstancijom. Zastupao je gledište da je svjetlost tvarna, da se kemijski spaja s drugim supstancijama i da se može izmjeriti njena težina. To je provjeravao i pomoću pokusa.

Pod Boyleovim utjecajem Newton i njegovi sljedbenici prihvatili su tvarnu narav svjetlosti. Jedan od Newtonovih učenika piše: »Da se ne bi zadržavali na ostalim dokazima te istine, ja ću reći da je naš čuveni osnivač (Robert Boyle) pokazao da su svjetlost i toplina sastavljene od tvarnih čestica: to je zaključio na temelju pokusa koje je izveo na srebru, olovu, cinku, željezu i ostalim tijelima izloženih vatri bilo otvorenoj, bilo zatvorenoj. On nalazi uvijek da su sva tijela povećala težinu u vatri.«³

Tako se povećanje težine ovapnjenjem kovine tumačilo spajanjem kovine sa svjetlosnom tvari. Na temelju Boyleovih gledišta Newton i njegovi sljedbenici su odredili svjetlost kao zasebnu supstanciju, koja ima svojstva poput bilo koje druge supstancije i koja se može promijeniti u neku drugu zamjetljivu tvar. Newton kaže: »Mijenjanje tijela u svjetlost i svjetlosti u tijela potpuno je u skladu s prirodnim tijekom i težnjom prirode — pretvorbama.«⁴

Dakle u Boškovićeva doba postoje dva glavna ali raznorodna tumačenja kemijskih pojava izgaranja i kalcinacije. Jedno je ono flogistonsko, a drugo njutonističko, kojem je temelje postavio već Robert Boyle. Dok su flogistonisti smatrali da i u jednoj i u drugoj kemijskoj promjeni dolazi do odvajanja flogistona, dotle su sljedbenici Boylea i Newtona smatrali da u prvoj promjeni dolazi do odvajanja topline i svjetlosti, dok pak u drugoj promjeni dolazi do vezanja kovine s toplinom ili svjetlošću koje su tjelesne naravi, pa nastalo kovinsko vapno ima veću težinu od polazne kovine.

² R. Boyle: *The Sceptical Chymist*, Collected works, vol. 3, London 1744. (prvi put objavljeno 1661), str. 340; S. Paušek-Badždar, *Kemijski aspekti Boškovićeva Teorije, Rasprave i građa za povijest znanost JAZU*, Knj. 4, Zagreb 1983, str. 45—47.

³ William Derham (1657—1735), engleski fizičar i sljedbenik Newtonove teorije. U navedenom citatu Derham misli na Roberta Boyla kao utemeljitelja društva Royal Society u Londonu. Citat je naveden prema H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris 1930. (II izd. 1974.) str. 78—80.

⁴ Sir Isaac Newton: *Opticks*, with a foreword by Albert Einstein, an introduction by Sir Edmund Whittaker a preface by Bernard Cohen, New York 1952, *Queries* 1—31, str. 339 i dalje. U Pitanjima Optike Newton je iznio svoja kemijska gledišta. Optika je prvi put izdana 1704, a kasnije je doživjela još tri izdanja. U svakom novom izdanju broj pitanja se povećavao. Vidi: *Querie* 30, str. 372.

3. BOŠKOVIĆEVA RASPRAVA S MUSSCHENBROEKOM O RJETKOĆI I TEŽINI SUNČANE SVJETLOSTI IZ 1747. GODINE

U svojoj raspravi pod naslovom *Dissertazione della tenuità della Luce Solare* iz 1747. godine, Bošković raspravlja s Peterom Musschenbroekom o težini sunčane svjetlosti i u okviru toga pokušava dati tumačenje kalcinacije odnosno uzrok prirasta težine zbog ovapnjenja kovine.⁵

Istaknuti predstavnik slavne škole lajdenskih fizičara, Boerhaaveov i Gravesandeov učenik, doktor medicine i filozofije, profesor matematike i fizike i izumitelj lajdenske boce Peter van Musschenbroek, napisao je više udžbenika iz fizike i prirodne filozofije u kojima je iznio i neka kemijska gledišta. Budući da je po svom prirodnoznanstvenom usmjerenju bio njutnovac, tako i u kemiji Musschenbroek slijedi Boyleova i Newtonova gledišta. U svom djelu *Elementa physicae* (prvo izdanje Leiden 1734), on iznosi svoje tumačenje o uzroku prirasta težine kovine kalcinacijom. Stoga navodi rezultate pokusa kalcinacije olova, cinka, kositra i bakra koje su izveli Boyle, Du Clos, Hombergius i drugi, iznoseći izmjerene, kvantitativne vrijednosti prirasta težine.⁶ Taj prirast težine Musschenbroek pripisuje vatri ili toplini koja se veže s kovinom. Ovisno o obliku i udaljenosti kovinskih čestica, više ili manje bilo toplinskih, bilo vatrenih čestica se utiskuje između njih, pa je vapno teže od kovine.

Musschenbroek kaže da se svaka vatra i svaka toplina, bez obzira na svoje porijeklo, može vezati uz bilo koju tvar, uzrokujući pritom prirast težine. Da bi dokazao tu svoju tvrdnju, on je uspoređivao rezultate pokusa o prirastu težine kalcinacijom olova, cinka, kositra i bakra djelovanjem vatre različitog porijekla: obične vatre, zapaljenog sumpora i plamena vinskog alkohola i zaključio: »Vatra sakupljena iz tri različita izvora dala je isti učinak u povećanju težine.«⁷

Musschenbroek je ispravno opazio da je prirast težine kovine veći kada se kalcinacija izvodi u otvorenim, od prirasta težine kada se ona vrši u zatvorenim posudama. Zato on kaže da se u otvorenim posudama kovine spajaju ne samo sa zemaljskom vatrom, nego i s nekim česticama iz zraka koje uzrokuju veći prirast težine u tim posudama. Međutim, on zraku ne daje nikakvu ulogu u kalcinaciji kovina, nego prirast težine pripisuje isključivo česticama »zemaljske vatre«, koje mogu biti brojnije i teže uključivanjem čestica sunčanog žara iz zraka: »Ali povećanje težine tijela kalciniranih u zatvorenim posudama, ne ovisi o zraku kome se zapriječio pristup, već manje ili veće povećanje ovisi o jačem ili slabijem kalciniranju tijela i tako zaključujemo da to ovisi o težini ognja.«⁸

⁵ R. Bošković, *Dissertazione della tenuità della Luce Solare*, *Giornale de' Letterati per l'anno 1747*, Roma 1747, str. 1—26. Tu Boškovićevu raspravu je s fizikalnog gledišta protumačio Stanko Hondl u radu: Boškovićevi računi o gustoći svjetlosti, *Glasnik matematičko-fizikalni i astronomski*, Vol. 3, Zagreb 1948, str. 193—200.

⁶ P. Musschenbroek, *Elementa physicae*, Bassano 1774 (Prvo izdanje Leyden 1734), str. 427, O autoru vidi: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 9, New York 1981, str. 594—597.

⁷ P. Musschenbroek, *Elementa physicae*, Bassano 1774, str. 428.

⁸ Isto, str. 429.

Kada su se počeli izvoditi kemijski pokusi kalcinacije pomoću sabirne leće odnosno sunčanim žarom ili sunčanim zrakama, opet su nastale poteškoće oko tumačenja prirasta težine. Musschenbroek navodi pokus koji je izveo Du Clos tako što je izložio libru smrvljenog antimona zrakama sunčane svjetlosti iz sabirnog zrcala. Nastao je obilan i gust bijeli dim, a nakon jednog sata prašak je pretvoren u pepeo pri čemu je došlo do prirasta težine za deseti dio od prvotne. Navodeći i druge slične pokuse Musschenbroek zaključuje: »Dakle, oganj — bilo zemaljski bilo pravi nebeski — povećava težinu tjelesima, te dok je vezan s njima i sam će imati težinu«. Sunčane zrake tvore najčistiji oganj pa dovode do istog učinka kao i zemaljski oganj, tj. »mogu uzrokovati povećanje težine jer su i same teške«. ⁹

Sumnjajući ipak, u dostatnost težine svjetlosti zbog njene tankoće i rjetkoće, Musschenbroek iznosi slijedeću dvojbu: »Tjelesima koja su s pomoću sunčanih zraka svedena na vapno težina je uveliko porasla; svjetlost je dočim odveć tanka i rijetka; u onome vremenu za koje se dovršava ovapnjenje, ona može s tijelom dijeliti beskonačno malu težinu, a ne tako veliku kako opažamo«. Međutim, sam Musschenbroek je smatrao da je riješio tu dvojbu izračunavanjem težine sunčanih zraka. On kaže: »Ali znade li itko težinu svih sunčanih zraka? Može li itko odrediti množinu zraka koje padaju, odbijaju se, ostaju? Ako zraka raširena od Sunca do Zemlje ima težinu 1/100000000 grana, onda će 100000000 zrakâ imati težinu 1 grana što će za vrijeme 7 do 8 minuta djelovanja na neko tijelo koje se pretvara u vapno dati porast težine od jednog grana; i stoga 60 više dat će cijelu težinu od jedne crahme«. Tako Musschenbroek zaključuje da je njegova dvojba bila nevažna, jer sunčane zrake su teške i mogu uzrokovati povećanje težine kovinskog vapna ovapnjenjem kovine. ¹⁰

Potaknut tim Musschenbroekovim zaključkom, kojega i citira, Bošković je u raspravi o rjetkoći sunčane svjetlosti dao sebi u zadatak da izračuna težinu sunčanih zraka odnosno sunčanog žara, tako što je odredio kolika je gustoća svjetlosne tvari ili točnije, kolika je masa nekog danog obujma svjetlosti kod izvjesne njezine jakosti. Došao je do rezultata da je rjetkoća svjetlosti golema.

Zanemariivši porijeklo podataka i pretpostavki na kojima se temelji Boškovićev račun i znajući danas da je glavni rezultat tog računa daleko od zbiljnosti, nama je bilo važno utvrditi posljedice tog rezultata u okviru kemijskih spoznaja Boškovićevog doba.

Bošković je najprije izračunao i pokazao da je sunčana svjetlost beskonačno rijetka, pa ako čak i posjeduje težinu ta težina je neizmjereno mala. Potom je odlučno opovrgao gledište Musschenbroeka i njegovih istomišljenika koji su smatrali da prirast težine žarenjem kovine sunčanim zrakama skupljenim u leći, odgovara težini svjetlosti sunčanih zraka koje ulaze u kovinu. Bošković kaže da je težina svjetlosti neizmjereno mala, gotovo nemjerljiva i da sasvim sigurno ne može uzrokovati prirast težine kovine. Međutim, Bošković se nije mogao oteti dužnosti da iznese mogući uzrok prirasta težine kovine, tim više što je pokazao da uzrok tog prirasta ne može biti težina svjetlosti. Zato on kaže: »Pošto se tako bjelodano odbije tumačenje porasta težine uvedenih sunčanih zraka, čini se da ostaje sigurno da isti porast potječe od teških tvari koje lijeću po zraku ili padaju

⁹ Isto, str. 428, član 787.

¹⁰ Isto.

s aparata za pokuse u njih (kovine), ili pak od tvari koje su pozitivno lagane, koje iz njih (kovina) izlaze zrakasto: i ako se pokuši izvode na način da se uistinu ne mogu uvoditi unutra (u kovinu) druge teške supstancije, onda će u svim računima odgovarati da treba pribjeći izdvajanju lakoće.«¹¹ U tom drugom slučaju bi dakle, kaže Bošković, utjecajem zemaljske vatre ili sunčane svjetlosti na kovine došlo do porasta težine uslijed oslobađanja: »tvari pozitivno laganih, tj. takvih koje same po sebi teže da se udalje s cijele Zemlje, tumačilo se to kako mu drago.«¹²

Dakle, Bošković ovapnjenje kovina ne tumači gubitkom flogistona niti teorijom njutnovaca po kojima se ista promjena sastoji od spajanja kovine sa svjetlosnom tvari, nego gubitkom »pozitivno laganih tvari«. Iskazavši tvrdnju (1747) da svjetlost nema težine, te da ne može utjecati na težinske promjene u kemijskim postupcima, Bošković je prethodio Lavoisierovom gledištu (1789) da svjetlost ulazi u sastav kemijskih tvari, ali ne sudjeluje u težinskim promjenama.

4. KEMIJSKO ZNAČENJE SVJETLOSTI I TOPLINE U BOŠKOVIĆEVOJ TEORIJI PRIRODNE FILOZOFIJE (1758)

U svom temeljnom djelu *Theoria philosophiae naturalis* Bošković ne iznosi račun o gustoći odnosno težini sunčane svjetlosti iz 1747. godine, ali ostaje pri tome da svjetlost i toplina nemaju težinu. On tumači i podrobnije određuje ulogu topline i svjetlosti u kemijskim promjenama.

a) Kemijske promjene i svjetlost

Prema njutnovcima čestice ili atomi topline i svjetlosti ispoljavaju iste privlačne sile i na isti način kao i čestice tvari. Oni su smatrali da je svjetlost tjelesne naravi, da ima težinu. Za razliku od njih Bošković smatra da svjetlost nema težinu. Točke svjetlosti se ne mogu kombinirati u čestice s masom i nisu podložne zakonu gravitacije. U svojoj *Teoriji* on točno razlikuje dvije vrste temeljnih čestica tvari-točaka:

1. Točke koje se sastavljaju u mjerljive i zamjetljive tvari: čestice prvog, drugog, itd. reda, te su podložne ne samo jedinstvenom (Boškovićevom) zakonu sila, nego i zakonu gravitacije i
2. Točke koje tvore nemjerljive tvari i nisu podložne zakonu gravitacije odgovaraju točkama toplinskog, svjetlosnog i električnog fluida.

Zato Bošković smatra da se svjetlost ne može kemijski spajati s tvarima niti se može pretvoriti u zamjetljiva tijela. Ona može samo proizvesti neke zamjetljive učinke. Tako na primjer ona može »lutati« kroz neke supstancije ili se zadržati na njihovoj s koje se kasnije emitira. Tako Bošković tumači fosforscenciju.¹³

¹¹ R. Bošković, rasprava navedena pod 5, str. 23, član 59.

¹² Isto, str. 20, član 51. Taj Boškovićev citat navodi i Ž. Marković: *Rude Bošković*, I dio, Zagreb 1968, str. 468.

¹³ Josip Ruđer Bošković, *Teorija prirodne filozofije* (I izdanje Beč 1758, II izdanje Venecija 1763), prijevod na hrvatski jezik Jakov Stipišić, Zagreb 1974, član 491.

Bošković smatra da je temeljna zadaća i uloga svjetlosti u kemijskim promjenama da djeluje pobudno, dok sami učinci promjene nastaju i ovi se o silama koje su već od prije prisutne u tjelesima. Pobuđivanjem unutrašnjih sila gibaju se čestice tvari (točke), mijenjaju se jakosti sila i dolazi do kemijske promjene. Na primjer za kemijsku promjenu kalcinacije, prelaska kovine u kovinsko vapno, Bošković kaže: »Tako na primjer kada se neke tvari sunčanim zrakama sakupljenim u ogledalu spaljuju, a druge žare, sva ta gibanja nastaju djelovanjem unutarnjih sila, a ne samo impulsom sunčanih zraka«. O krivulji sila određene supstancije ovisi i količina gibanja njenih čestica, a time i kemijski afinitet, sklonost te supstancije ka određenoj promjeni.¹⁴

b) Kemijske promjene i toplina

Učenjaci Boškovićeve doba dijelili su tvari na zapaljive (ulje, smole, sumporne i fosforne tvari) i nezapaljive. Flogistonisti su smatrali da lako gore one tvari koje sadrže više flogistona i obrnuto, tvari ne gore ako imaju manjak flogistona ili ako ga uopće ne sadrže. Njutnovci su pak mjerili refraktivnu moć raznih supstancija, te su zaključili da zapaljive tvari privlače svjetlost snažnije odnosno da je njihova refleksija puno veća u omjeru prema gustoći od nezapaljivih tvari. Prema tome, prve sadrže više čestica svjetlosti, koje se izgaranjem oslobađaju u obliku plamena, a druge manje. Izvodila se podudarnost odnosa i za čestice topline.

I u jednom i u drugom gledištu bila je zastupljena ideja da slično privlači slično. Tvari s većim sadržajem flogistona odnosno tvari s većim sadržajem toplinskih čestica, privlače vatru snažnije.

Bošković prvenstveno određuje toplinu kao rezultat gibanja čestica tvari: »Sunčane zrake podavaju vrlo neznatnim česticama tijela gibanje iz kojega, kada naraste uslijed unutarnjih sila, nastaje toplina, a to u neprozirnim tijelima biva mnogo lakše, gdje postoji stalna unutarnja naizmjeničnost refleksija i refrakcija...«¹⁵ Međutim, da bi odredio razliku između zapaljivih i nezapaljivih tvari, Bošković govori o nemjerljivom fluidu koji je sadržan u svim tvarima. Naziva ga sinonimnim imenima: *sumporna supstancija*, *primjesa* i *vatrena suspstancija*. Pri tome, naravno, Bošković svoju sumpornu ili vatrenu supstanciju određuje kao princip zapaljivosti i topline, a ne kao tvar sumpor. Vatrenu, odnosno sumpornu supstanciju, ili kako je često naziva *admixtio* (primjesa), Bošković određuje i kao *uzrok topline*. Ta primjesa je građena od bezdimenzionalnih, bestežinskih čestica (točaka) vatre koje su smještene između čestica tvari. Potaknute izvana, one fermentiraju, gibaju se i potiču na gibanje mjerljive, težinske čestice tvari. Tako nastaje toplina. Ukoliko je fermentacija odnosno gibanje sumporne ili vatrene supstancije potaknuto sunčanim zrakama, tada uz razvitak topline nastaje i vatra: »Uzrok toplini ja pripisujem žestokom unutarnjem gibanju čestica vatrene ili sumporne supstancije koja fermentira, osobito u vezi sa svjetlosnim česticama«. I dalje: »Ja smatram kako sam to istaknuo u broju 467 da vatra nije ništa drugo nego golema fermentacija svjetlosti sa sumpornom supstancijom.«¹⁶

¹⁴ Isto, član 488.

¹⁵ Isto.

¹⁶ Isto, član 489.

Za razliku od njutnovaca Bošković kaže da se tvari stežu ne samo uslijed nedostatka supstancije, nego i uslijed nedostatka njezina gibanja: »Hladnoća nastaje uslijed nedostatka te iste supstancije ili uslijed nedostatka gibanja u njoj.«¹⁷

Dakle, prema Boškoviću toplina nastaje gibanjem čestica tvari, a uzrok topline je gibanje čestica (točaka) sumporne, odnosno vatrene supstancije. To gibanje prenosi se na sve čestice određene tvari. I jedno i drugo gibanje odvija se isključivo djelovanjem unutarnjih sila. Ono može biti pobuđeno izvana (spaljivanje, žarenje, zagrijavanje itd.). Bošković kaže da je dovoljna samo jedna iskrica pa da dođe do burnog gibanja točaka sumporne ili vatrene supstancije, koje se onda, djelovanjem unutarnjih sila proširuje na gibanje svih čestica tvari: »Međutim, kada bi postojala tijela koja ne bi imala nikakve primjese takve supstancije, onda bi i uslijed najžešće vatre ostala neoštećena i ne bi dobila ni najmanje gibanje, a koje inače naša tijela primaju od vatre, ali ne nasrtajem, već fermentacijom potaknutom unutarnjim silama.«¹⁸

Boškovićeva gledišta o toplini koje on iznosi u svojoj *Teoriji* (1758), u potpunosti prethode Lavoisierovim gledištima, u konačnom obliku iznesenim u njegovom djelu *Traité élémentaire de chimie* (Osnove kemije) iz 1789. godine. Evo što on kaže u prvoj glavi svog djela: »Imenom toplina označili smo uzrok topline, izvanredno rastezljiv fluid koji je proizvodi. Osim što taj izraz ispunjava značenje u smislu kako ga prihvaćamo, on ima još jednu prednost, to jest da se može prilagoditi svim shvaćanjima, jer strogo uzevši nismo čak ni obavezni da toplinu smatramo stvarnom tvari: dovoljan je, kao što ćete bolje razumjeti iz ovog što slijedi, bilo kakav uzrok odbijanja koji razdvaja molekule tvari, djelovanje mu se može sagledati kao apstraktno i čisto matematičko.«¹⁹

Tako je A. L. Lavoisier, apostol mjerenja i vaganja, držao da postoje tvari koje nemaju težinu. Štoviše, on je toplinu i svjetlost stavio u svoju tablicu kemijskih elemenata (1789), smatrajući tako da one, kao i ostali elementi sudjeluju u kemijskim promjenama i spajanjima. Njegova tablica elemenata nosi naslov: »Tablica prostih tijela koja pripadaju svim carstvima prirode, a koja možemo smatrati elementima tijela«. Na prvom mjestu navodi svjetlost (lumière), a na drugom toplinu (calorique), potom slijedi kisik, dušik, vodik itd. Kao stara imena za toplinu navodi: princip ili element topline, vatra, vatreni fluid, vatrena i toplinska tvar.²⁰

Treba reći da je Lavoisier dopustio još jedno shvaćanje topline. Zajedno s P. S. Laplaceom (1749—1827) iznio je mišljenje »da je toplina samo rezultat nezamjetljivih gibanja tvornih molekula« ili da možda treba misliti na udruženo djelovanje toplinske tvari i nezamjetljivih gibanja.²¹

Dakle Boškovićeva sumporna ili vatrena supstancija ili primjesa određena kao uzrok topline, sa svojstvima nemjerljivosti, gibanja i poticanja na gibanje čestica tvari, odgovara Lavoisierovom shvaćanju uzroka topline u obliku izvanredno rastezljivog, nemjerljivog fluida. Budući da Bošković i Lavoisier nisu

¹⁷ Isto, član 507.

¹⁸ Isto, član 469.

¹⁹ A. L. Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie*, Oeuvres, vol. 1, str. 17.

²⁰ Isto, str. 135.

²¹ Mémoire sur la Chaleur, 1783, prema S. Hondl, Načrt povijesti kvantitativne atomistike, *Rad JAZU*, Knjiga 204, Zagreb 1914, str. 185.

mogli znati za mehanički ekvivalent topline, oni su pretpostavili postojanje nekog bestežinskog toplinskog ili vatrenog fluida odnosno nemjerljive supstancije između čestica tvari. Ta njihova pretpostavka podsjeća na pretpostavku fizičara o postojanju *etera*, nestlačivog i krutog da bi mogli razjasniti širenje svjetlosti.

c) Boškovićevo shvaćanje topline kao načela privlačenja

Newton, a kasnije i Lavoisier smatrali su da molekule kada se ne dotiču trebaju djelovati privlačnim silama na daljinu. Čestice topline koje su smještene između njih, odbijaju se ili se pak za njih može reći da se privlače, ali da im je privlačnost manja nego privlačnost molekula tvari, pa odatle slijedi prividna odbojnost.

U Boškovićevoj *Teoriji* nalazimo suprotnu tvrdnju. Čestice mogu, ovisno o rasporedu točaka (elementarnih čestica tvari), i sila među njima, ispoljavati privlačne ili odbojne sile, ili mogu biti trome. Do kemijskog združivanja doći će samo onda kada čestice ispoljavaju privlačne sile. Međutim, čestice koje su međusobno trome ili se odbijaju, mogu se djelovanjem sumporne odnosno vatrene ili toplinske supstancije združivati. Bošković kaže da sve tvari sadrže tu supstanciju ili »primjesu«, a njena temeljna uloga je da združi odnosno spoji čestice koje se odbijaju ili su trome: »Međutim, isto se tako može dogoditi da te čestice imaju još uvijek golemu odbojnu silu, ali ih ubačena čestica isparavanog sumpora više privlači, kako smo to vidjeli malo prije kada smo govorili o elastičnim šipkama koje obuzdava i steže magnetska kuglica. Tada bi, doduše, elastičnost zraka koji je sveden na kruto stanje ostala čitava, ali bi jača sila spriječila njen učinak.«²²

Boškovićevo »ubačena čestica isparavanog sumpora« odgovara čestici vatre, koja je fermentirajuća sumporna supstancija.

Osim toga, Bošković smatra da neke tvari u određenim kemijskim promjenama mogu privlačiti manje, a neki više tu sumpornu ili vatrenu supstanciju ili fluid kako je često Bošković naziva. Upravo će upijanje tog fluida omogućiti česticama tvari da se međusobno približavaju: »Kada fluid zbog djelovanja uzajamne sile odlazi iz jedne supstancije u drugu, očito je da i ona tijela kojih čestice, makar i nejednakim silama k sebi vuku onaj fluid, moraju uzajamno približavati.«²³

Prema tome, Bošković smatra da toplina kao oblik gibanja može prisiliti trome, inertne čestice da dođu u tješnju vezu i da se združe. Za razliku od ostalih učenjaka svoga doba, on kaže da toplina ne djeluje samo odbijajuće (taljenje, isparavanje i sl.), već da je daleko važnije određenje topline kao načela ili principa privlačenja, osobito između čestica raznih tvari koje su trome i koje ne pokazuju kemijski sfinitet jedne prema drugima. Tako je i u tom pogledu Bošković iskazao dalekovidnost i plodnost svojih ideja.

*

Zahvaljujem akademiku Dragi Grdeniću na primjedbama i savjetima.

²² R. Bošković, djelo navedeno pod 13, član 458.

²³ Isto, član 512.

Snježana Paušek-Baždar

BOŠKOVIĆ'S VIEWS ON THE EFFECT OF HEAT AND LIGHT
IN CHEMICAL PROCESSES

Summary

Based on the dispute *Dissertazione della tenuità della Luce Solare* from 1717 and the principal work *Theoria philosophiae naturalis* from 1763 as well as the edition from 1758 Bošković's points of view on the effect of heat and light in chemical processes have been examined. The explanation of his view of the chemical process of calcination is presented, as well as the cause of metal increasing weight when converted into metallic calx or oxide. Based on the discussion with Musschenbroek (1747) it is shown that Bošković on one hand did not support the phlogiston theory and on the other did not accept the views of Newton's followers either. Besides, it has been proved that Bošković's theory of heat and light (1763) as matters taking part in chemical processes without causing increase in weight actually preceded Lavoiser's theory presented in *Traité élémentaire de Chimie* in 1789.