

GORAN RUJEVIĆ¹

Univerzitet u Novom Sadu, Filozofski fakultet

KANT I HEMIJA BEZ MATEMATIKE

Sažetak: Imanuel Kant u delu *Metafizička polazna načela prirodne nauke* iznosi oštar stav da hemija nije prava nauka, što u njegovom registru znači da se u hemiji ne upotrebljavaju konstrukcije čistog opažaja, to jest da u hemiji nema čiste matematike. Ovo može da zvuči neobično za poznavaoce savremene kvantitativne hemije, a u izvesnoj meri se kosi i sa sadržajem Kantovih najranijih spisa o prirodi. U tekstu *Sažeta razmatranja o vatri* Kant koristi geometrijske konstrukcije pri rezonovanju o tipično hemijskom fenomenu, toploti. Detaljnijom analizom ovog teksta i poređenjem sa izvesnim istaknutim teorijama toplote, uviđamo da je Kantovo objašnjenje toplote pre dinamičko nego hemijsko. Pomoću ovog uvida možemo da razrešimo naznačenu diskrepancu stavova o hemiji: niti je Kant u međuvremenu izmenio svoj pogled na hemiju niti je njegovo viđenje hemije nedosledno, već je sadržaj spisa o vatri pre fizički nego hemijski predmet.

Ključne reči: etar, flogiston, hemija, kalorika, Kant, termodinamika, toplota

HEMIJA JE NEPRAVA NAUKA

U početnim paragrafima predgovora za *Metafizička polazna načela prirodne nauke* (u nastavku *Metafizička načela*), Imanuel Kant [*Immanuel Kant*] nam ispostavlja dvostepenu klasifikaciju nauka o prirodnom svetu. Za sam početak, nauka se sasvim uopšteno određuje kao sistem učenja iliti „prema principima uređena cjelina spoznaje,”² a prvi nivo dijareze se postavlja upravo prema vrsti principa koji se koriste za uređivanje celine spoznaje u tim naukama. Po empirijskim principima uređena spoznaja su

¹ E-mail adresa autora: goran.rujevic@ff.uns.ac.rs

² Imanuel Kant, *Metafizička polazna načela prirodne znanosti* u: Imanuel Kant, *Metafizika prirode*, Akademska knjiga, Novi Sad, 2016, str. 221.

naprosto pregledno i jasno poslagane činjenice o svetu, bez zadiranja u nužne odnose povezanosti; danas bi ovakva aktivnost ponajpre bila nazivana anketarstvom, a Kantov naziv je bio *istorijsko učenje o prirodi*. Naspram toga, racionalni principi uređenja isporučivali bi nužne relacije, prvenstveno u obliku veze uzroka i posledice, a sledujuće učenje bi nosilo naziv *racionalna prirodna nauka* ili samo *prirodna nauka*. U drugom stepenu dijareze, istorijsko učenje se dodatno razlaže na *opis prirode*, čiji sastavljači nude momentalni presek pojedinačnih činjenica, mahom grupisanih u klase po sličnostima, i još na *istoriju prirode*, koje čine slično samo sa proširenim opsegom u vremenu a katkad i u prostoru. Ovim granama nauke Kant ne posvećuje puno pažnje i radije se osvrće na to kako se prirodna nauka može podeliti, te u novom sloju predlaže razlikovanje *prave* i *neprave* prirodne nauke.

Prave prirodne nauke Kant još naziva *čistim* a neprave *primenjenim*, no kriterijum ove podele isprva može izgledati zbunjujuć: prave prirodne nauke obrađuju svoj predmet prema apriornim principima, a neprave prema principima iskustva. Ako je prethodno bilo reči o principima uređivanja spoznaje, kako se ovi sada principi obrade predmeta razlikuju od njih? Još konkretnije, kako neprava prirodna nauka može biti istovremeno uređena prema nužnim principima a da svoj predmet obrađuje empirijski? Najprostije rešenje koje se nudi jeste da Kant ovde smera na razliku formalne i empirijske nauke, i doista, primeri koje Kant upotrebljava da ilustruje ovu granu podele direktno navode na takav zaključak. Principi obrade predmeta se izgleda tiču metode dolaženja do proširujućih sudova u prirodnim naukama: one koje mogu da implementiraju deduktivno rezonovanje jesu prave nauke, dok one koje mogu da koriste samo proširivanje iskustvom jesu neprave. Prave nauke mogu da donose definitivne, nužne zaključke za koje se mogu pružiti apriorna obrazloženja, dok su neprave samo empirijski izvesne, koje kao jedini razlog za svoje zakone mogu da ponude iskustvo. Ali, zar ovo ne bi dovelo Kanta u poziciju da tvrdi kako su sve nauke sem matematike neprave (jer informatika i savremena logika još nisu bile na horizontu)?

Ne sasvim, jer operativni kriterijum u ovoj podeli nije da neka nauka isključivo koristi dedukciju ili indukciju, već da li može da upotrebi deduktivno nužno rezonovanje kakvo se koristi u matematici. Prave nauke su

one koje mogu matematizovati svoj predmet, ili, Kantovim rečima: „[U] svakom posebnom učenju o prirodi može [se] susresti samo onoliko *prave* znanosti koliko se u njemu susreće *matematike*.“³ Prava prirodna nauka u tom kontekstu bi bila fizika koja ima svoj čisti deo apodiktički i apriorno izveden, ali i sa odgovarajućom pretpostavljenom metafizikom, budući da „se postojanje ne može predstaviti ni u kakvom opažaju a priori.“⁴ Što se tiče nepravilnih prirodnih nauka, onih koje nisu u stanju da pruže apodiktičnu osnovu svojim zaključcima, već je poslednji autoritet na koji se mogu pozvati samo iskustvo, tu kao primer Kant navodi hemiju, i to uz sasvim oštre komentare.

Tako zatičemo opasku: „[A]ko su zakoni prema kojima se date činjenice umski objašnjavaju samo iskustveni zakoni, onda oni nemaju u sebi nikakvu svest o svojoj *nužnosti* (nisu apodiktički izvjesni), pa stoga ni cjelina u strogom smislu ne zaslužuje naziv znanosti, te bi kemiju zato prije trebalo nazvati sistematskom vještinom nego znanošću.“⁵ Najveći problem hemijske veštine jeste u tome što se za predmet njenog ispitivanja (uzajamno delovanje različitih materija) ne može konstruisati čisti opažaj: „[N]jeni principi [su] čisto empirijski i ne dozvoljavaju nikakav prikaz u opažaju a priori, pa stoga ni najmanje ne čine shvatljivim osnovna načela kemijskih pojava prema njihovoj mogućnosti, jer ne podliježu primjeni matematike.“⁶ Ono što Kant ovde zahteva nisu samo precizna merenja mešavina u praksi, već postojanje strogih hemijskih zakona, koji pri tom nisu utvrđeni pukim postupkom isprobavanja, već koji govore nešto o nužnom ustrojstvu sveta, o dubljoj strukturi materije.

Nama danas taj zahtev može zvučati trivijalno. Vrlo dobro znamo da postoje matematički i precizni hemijski zakoni, i ti zakoni jesu usaglašeni sa zakonima fizike. Ovde bismo lako mogli da prihvatimo obrazloženje da hemija, istorijskim sticajem okolnosti, u Kantovom sistemu nije bila viđena kao prava nauka. Vremenom je uznapredovala, a savremeno shvatanje hemijske nauke ne duguje nikakvo polaganje računa Kantu. Ali, i dalje

³ *Ibid*, str. 223.

⁴ *Ibid*.

⁵ *Ibid*, str. 222.

⁶ *Ibid*, str. 224.

ostajemo suočeni sa posve neobičnim pitanjem (ne)matematičnosti hemije kod ovog filozofa. Kant, naime, beše konstatovao da ako u nekoj nauci zateknemo matematiku, onda u njoj ima prave nauke, a tvrdnja da hemija nije prava nauka nas nužno navodi da zaključimo da u hemiji nema matematike. Da li je moguće da je hemija sa kojom se Kant svojevremeno susretao bila potpuno lišena matematičke opreme?

Rast i razvoj prirodnih nauka u osamnaestom veku bio je nešto drugačiji nego što je to bio u veku pre i veku posle. Tokom šesnaestog i sedamnaestog veka odvijale su se značajne metodološke promene kojima je uopšte ustanovljena savremena empirijska naučna praksa, a devetnaesti vek je bio vreme velikih, neretko revolucionarnih prirodnjačkih otkrića; naspram toga, osamnaesti vek se prigodno može nazvati periodom konsolidacije prirodnih nauka,⁷ njihovog koordiniranja i sistematizovanja, i to je prvenstveno važilo za oblast fizike. Međutim, osamnaesti vek je bio preloman za hemiju, jer upravo u to doba i ova nauka počinje da preuzima stroge empirijske prakse već etablirane u fizici tada. Rad Antoana Lavoazjea [*Antoine-Laurent de Lavoisier*] sa kraja osamnaestog veka se simbolično uzima za trenutak rađanja savremene hemije, između ostalog i zbog toga što je on insistirao na veoma preciznom i matematičnom načinu eksperimentisanja i ispitivanja.⁸ Ovakav sentiment se veoma brzo proširio među hemičarima, pa tako Rihterova [*Jeremias Benjamin Richter*] *Stehiometrija* biva objavljena već 1792. godine.⁹

Sam Kant je bio upoznat sa stanjem hemije onog doba, ali sa Lavoazijeovim otkrićima kreće da se upoznaje tek neposredno nakon

⁷ Roy Porter, „Introduction” u: *The Cambridge History of Science*, Volume 4 (ed. Roy Porter), Cambridge University Press, Cambridge, 2003, str. 2 i 3.

⁸ Frederic L. Holmes, „Lavoisier the Experimentalist” u: *Bulletin for the History of Chemistry*, No. 5, Division of the History of Chemistry of the American Chemical Society, 1989, str. 28.

⁹ Ferenc Szabadvary, „The Birth of Stoichiometry” u: *Journal of Chemical Education*, No. 39, Vol. 5, American Chemical Society, 1962, str. 267-270. Zanimljivo je da Vilhelm Ostwald [*Wilhelm Ostwald*] imenuje Rihtera a ne Lavoazijeja kao „oca kvantitativne hemije.” Wilhelm Ostwald, *The Autobiography*, Springer, Cham, 2017, str. 346.

završetka *Metafizičkih polaznih načela prirodne nauke*.¹⁰ Pre toga, glavni izvori o hemijskoj praksi su mu bili Georg Štal [*Georg Ernst Stahl*], koji je imao česta alhemijska nadahnuća u svojim teorijama,¹¹ i Robert Bojl [*Robert Boyle*], koji jeste zahtevao od svojih kolega da o svojim naučnim rezultatima ne pišu kitnjasto, ali je istovremeno smatrao da je suvoparan tehnički stil jednako štetan.¹² Uopšte nije iznenađujuće to što je ova predlavoazijeovska literatura o hemiji kod Kanta ostavila dojam nematematične veštine.

Naravno, prelomna uloga Lavoazijea za hemiju je prosto simbolična, sva značajna transformativna previranja su se odigravala na brojnim mestima tokom osamnaestog veka. Ono što vredi zapaziti jeste da se u Kantovim prekriticima mogu naslutiti odjeci upravo tih previranja. Zapravo, ukoliko prelistamo jedan od njegovih najranijih tekstova, *Sažeta razmatranja o vatri*, napisan 1755. godine, suočićemo se sa posve neobičnim sadržajem. U tom tekstu, Kant pokušava da objasni fenomene toplote i vatre, fenomene kojima su se jasno bavili hemičari onog doba (upravo pomenuti Štal i kasnije Lavoazije), i pri tom te fenomene pokušava objasniti na krajnje matematičan način, koristeći se geometrijskim konstrukcijama. Sada stojimo pred zanimljivim stanjem stvari: 1755. godine Kant je hemijska pitanja rešavao pomoću čiste matematike, a 1786. godine tvrdi da u hemiji uopšte nema čiste matematike. Promena mišljenja za trideset godina svakako nije nečuvena stvar, ali ovom prilikom se usuđujemo reći da tako jednostavno objašnjenje nije adekvatno.

U ovom radu ponudićemo alternativno objašnjenje kojim se ova diskrepanca može razrešiti. Za početak, razmotrićemo nekolicinu istorijski značajnih teorija toplote osamnaestog i devetnaestog veka; potom ćemo razmotriti kakve tvrdnje o toploti je Kant iznosio u svom kratkom magistarskom spisu iz sredine osamnaestog veka, te kako se te tvrdnje odnose prema pomenutim teorijama toplote; naposljetku analiziraćemo da li i

¹⁰ Michael Friedman, *Kant and the Exact Sciences*, Harvard University Press, Cambridge, 1992, str. 289.

¹¹ Videti: Rhoda Rappaport, „Rouelle and Stahl – The Phlogistic Revolution in France” u: *Chymia*, Vol. 7, University of California Press, 1961, str. 84-85.

¹² Robert Boyle, *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, Henry Herringman, London, 1669, str. 12.

u kojoj meri ovo učenje iz Kantovog prekritičkog perioda može biti korisno za bolje razumevanje Kantovog odnosa prema hemiji iz kritičkog perioda.

TEORIJE TOPLOTE

U ljudskoj koži nalazi se veliki broj termoreceptora koji su zaslužni za stvaranje senzacije toplote i hladnoće. Iskustvo toplog ili hladnog stiče se veoma rano i veoma često i stoga ne treba da čudi to što su toplota i hladnoća isprva bili podrazumevani kao inherentne karakteristike tela: vatra je topla, led je hladan. U nekim slučajevima, toplota i hladnoća su uzdizani na nivoe kosmičkih principa ili elemenata, kao kada je Aristotel tvrdio da se četiri elementa prirode dobijaju ukrštanjem dva para suprotnosti: toplog-hladnog i suvog-vlažnog.¹³ Odgonetanje fenomena toplote i hladnoće beše ambicija brojnih prirodnjaka, a ovom prilikom ćemo razmotriti nekoliko istaknutih teorija hemičara osamnaestog i devetnaestog veka.

Beher, Štal i flogiston. Jedna od najpoznatijih opovrgnutih teorija u istoriji nauke je flogistonska teorija koja se uglavnom vezuje za ime Georga Štala. Ovaj nemački hemičar, nadovezujući se na učenje Johana Behera [*Johann Joachim Becher*] postulirao je postojanje posebne tvari – flogistona – koja bi bila princip zapaljivosti.¹⁴ Flogiston bi bio tvar koja je zarobljena u zapaljivim (flogistikovanim) telima, a koja se u procesu sagorevanja oslobađala i iza sebe ostavljala deflogistikovani kalk. Flogistonska teorija pripadala je „hemiji principa,” odnosno načinu organizacije hemijskog znanja čiji je glavni zadatak bilo postizanje iscrpnog kvalitativnog opisa: imenovanje, klasifikacija, opisivanje sličnosti i razlika.¹⁵

Lavoazijeova kalorika. U poslednjim decenijama osamnaestog veka, Antoan Lavoazije ponudio je nešto drugačiju teoriju toplote. Naime, uvideo je da flogistonska teorija ima velike teškoće pri objašnjavanju

¹³ Aristotel, *O postajanju i propadanju II*, Paideia, Beograd, 2002, str. 313-314 (330a30).

¹⁴ *Encyclopedia of the Scientific Revolution from Copernicus to Newton* (ed. Wilbur Applebaum), Garland Publishing, New York, 2000, str. 959.

¹⁵ Uporediti: Thomas S. Kuhn, *Struktura znanstvenih revolucija*, Naklada Jesenski i Turk, Zagreb, 2002, str. 117.

određenih (pogotovo kvantitativnih) fenomena koji se javljaju uz sagorevanje, te da u opitima uvek preostaju neki anomalni rezultati. Flogiston se, recimo, nije mogao koristiti za dosledna objašnjenja promene mase prilikom sagorevanja.¹⁶ Umesto flogistona, Lavoazije predlaže drugačiju tvar toplote koju naziva *kalorika*; za razliku od flogistona koji je bio sadržan u čvrstoj materiji i oslobađao se sagorevanjem, kalorika je bila prisutna ponajviše u gasovima i nije se oslobađala sagorevanjem, već se vezivala za ono što gori.¹⁷ Tako se toplotni procesi objašnjavaju prelaženjem kalorike sa jednog tela na drugo. Kalorika je veoma fina tvar koja se smešta između čestica tela sa kojima se veže. Robert Moris [*Robert Morris*] iznosi zanimljivo zapažanje o Lavoazijeovom poznom radu na kaloričkoj teoriji: „Iako su njegova opšta objašnjenja nepromenjena spram njegovih najranijih radova, njegova [nova] razmatranja su više fizička nego hemijska.”¹⁸ Identifikovanje elementa kiseonika u ovim procesima jedno je od najznamenitijih Lavoazijeovih otkrića u hemiji.

Mehanička teorija toplote. Sredinom devetnaestog veka, sa sve većim interesovanjem za atomsku teoriju materije, pojavljuje se i nova teorija toplote. Mehanička teorija toplote se temelji na kinetičkoj teoriji gasova koja različite makropojave u gasovima (pritisak, gustinu i sl.) objašnjava kao posledice nasumičnog kretanja velikog broja sićušnih a istoobraznih čestica gasa. Na ovom tragu, mehanička teorija toplote će fenomene toplote i hladnoće objašnjavati na sličan način, odnosno, ono što u makrosvetu nazivamo toplotom samo je ukupna kinetička energija čestica jednog makrotela. Prenošnje toplote je zapravo mehaničko prenošenje te kinetičke energije prostim sudarima čestica. Iako je i pre devetnaestog veka bilo teorija koje su toplotu povezivale sa kretanjem, ova mehanička teorija toplote je istaknuta po tome što sačinjava okosnicu jedne nove discipline – termodinamike.

Za kraj, vredi pomenuti još jednu teoriju sa početka devetnaestog veka koja u istoriji nauke nije toliko proslavljena kao prethodne tri. Reč je o

¹⁶ Robert J. Morris, „Lavoisier and the Caloric Theory” u: *The British Journal for the History of Science*, Vol. 6, No. 1, Cambridge University Press, 1972, str. 16.

¹⁷ *Ibid.*, str. 8.

¹⁸ *Ibid.*, str. 17 (prevod G. R.).

undulatornoj (talasnoj) teoriji toplote. Ona efektivno predstavlja prelaz sa supstancijalnih teorija kao što su Štalova i Lavoazijeova ka mehaničkoj teoriji. Prema undulatornoj teoriji toplote, toplota jeste posledica kretanja čestica tela, ali ne čestica samih po sebi, već čestica u nekom medijumu (etru) koji obezbeđuje prenošenje tog kretanja sopstvenim talasanjem.¹⁹ Pristalica ove teorije bio je Andre-Mari Amper [*André-Marie Ampère*], i iako je ona u nekim aspektima bila bolja od kaloričke teorije (bolje je objašnjavala prenošenje toplote zračenjem), ubrzo se pojavila mehanička teorija koja je bila još uspešnija i ovu potisnula na margine istorije.

Kada sagledamo ove egzemplarne teorije toplote, lako možemo uvideti da je tokom osamnaestog i devetnaestog veka fenomen toplote polako migrirao iz predmetne oblasti hemije u predmetnu oblast fizike. Ovo zapažanje biće veoma korisno kada budemo razmatrali prirodu Kantovog objašnjenja toplotnih procesa.

MEĐUČESTIČNA ELASTIČNA TVAR

Kratak tekst *Sažeta razmatranja o vatri* [*Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer*] (ukratko *O vatri*) Kant je sačinio 1755. godine zarad pristupanja magistarskom ispitu na Filozofskom fakultetu.²⁰ Iako je datumski veoma udaljen od *Metafizičkih načela*, tematika koja je u ovom pristupnom izlaganju obrađena vrlo lepo se uklapa u problemski okvir hemije kakav je skiciran na prethodnim stranicama. Kant se, naime, ovde bavi pronalaženjem adekvatnog objašnjenja različitih fenomena vezanih za vatru: osim konkretnog procesa sagorevanja i pojave plamena, takođe i fenomena toplote, hladnoće, kohezivnosti agregatnih stanja, pa čak i

¹⁹ Videti: Stephen G. Brush, „The Wave Theory of Heat: A Forgotten Stage in the Transition from the Caloric Theory to Thermodynamics” u: *The British Journal for the History of Science*, Vol. 5, No. 2, Cambridge University Press, 1970, str. 145-167.

²⁰ Videti: Michaela Massimi, „Kant’s dynamical theory of matter in 1755, and its debt to speculative Newtonian experimentalism” u: *Studies in History and Philosophy of Science, Part A*, Vol. 42, No. 4, Elsevier, 2011, str. 525-543; Ludvig E. Borovski, „Prikaz Života i karaktera Imanuela Kanta” u: *Ko je bio Kant?*, Plato, Beograd, 2003, str. 22.

elastičnosti i krutosti materijala. Ako išta u Kantovom opusu zaslužuje da se nazove spekulacijom o hemijskim procesima, to su razmišljanja sadržana u ovom tekstu. Pri tom, Kant se za snalaženje u ovom lavirintu koristio i iskustvom ali i geometrijskim sredstvima, i to nam već na početku najavljuje da će usaglašavanje ovog teksta sa *Metafizičkim načelima* biti bar zanimljivo.

Prvi deo spisa *O vatri* posvećen je razmatranju ustrojstva čvrstih i fluidnih tela, to jest, šta određuje karakteristike ovih glavnih agregatnih stanja. Vredi zapaziti da Kant ne govori o uobičajenoj podeli na čvrsto, tečno i gasovito agregatno stanje, jer će gasove i tečnosti principijelno svrstati pod istu klasu, pri čemu su gasovi naprosto rastrgana tečna tela. Stoga se mi odlučujemo da termin *flüssigen Körper* prevodimo kao *fluidna tela* a ne kao tečna tela prosto da bismo bolje zadržali ovu specifičnost na umu.

Prvo pitanje koje se postavlja jeste kako najbolje objasniti razlivanje fluida, činjenicu da će određena količina fluidnog tela uvek maksimalno da se raširi po nekoj površini, ili kako bismo danas još preciznije rekli, karakteristiku fluida da uvek zauzmu oblik suda u kom se nalaze. Kant je smatrao da prost kartezijanski atomizam ne može da objasni ovaj fenomen i kao svoj argument koristi zanimljivu geometrijsku predstavu. Naime, ukoliko zamislimo da je neko fluidno telo sačinjeno makar i od savršeno sferičnih atoma, spontana agregacija takvih atoma se nikada neće ponašati kao fluid. Geometrijskim konstrukcijama na prigodnom modelu, Kant pokazuje kako će se i sićušne sfere organizovati u obliku hrpe jer atomi na ivici i atomi u središtu neće trpeti isto slaganje sila usled pritiska atoma koji su iznad njih, a osnovna pretpostavka razlivanja jeste da se taj pritisak ravnomerno rasprostire po čitavom fluidu.²¹ Potrebno je, dakle, pronaći mehanizam koji će obezbediti ravnomerno prenošenje pritiska bez obzira na finoću čestica od kojih je sačinjeno neko makrotelo.

Rešenje koje Kant prepoznaje jeste neophodnost postojanja neke još finije tvari koja će posredovati i među najfinijim telašcima, a da bi ravnomerno prenosila pritisak na sve strane, ta tvar mora biti elastična.

²¹ Immanuel Kant, „Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer“ u: *Immanuel Kant's kleinere Schriften zur Naturphilosophie, Zweite Abteilung*, L. Heimanns Verlag, Berlin, 1873, str. 270.

Efektivno, Kant fluide opisuje skoro kao koloide u kojima je osnovna tvar nekog tela disperzirana u ovom pretpostavljenom medijumu. Taj medijum je međučestična elastična tvar [*elastische Stoff zwischen den Elementen*] ili, kako je Kant još povremeno naziva tvar toplote [*Wärmestoff*],²² budući da će pokazati da se fenomen toplote može objasniti pomoću nje.

Već u ovom trenutku mogli bismo da uzvignemo da se Kant vrlo jasno opredeljuje za neku od supstancijalnih teorija toplote jer bez imalo ustezanja govori o *tvari toplote*. S obzirom na vreme nastanka spisa, kao i na veoma jasne indikacije da je Kant bio sasvim dobro upoznat sa Štalom i njegovim doprinosima hemiji,²³ mogli bismo se naći u iskušenju da ovu tvar direktno povežemo sa flogistonskom teorijom. Ipak, vredi biti suzdržan. U čitavom tekstu, Kant u svega par navrata koristi termin *Wärmestoff* ili *Feuerstoff*, a ovu finu tvar daleko češće označava opisno kao elastičnu (ponekad međučestičnu) tvar. Osim toga, ta elastična tvar pokazaće se zaslužnom za brojne druge fenomene a ne samo za toplotu i vatru, tako da bi nazivi koji bi se fokusirali na te fenomene naprosto bili krnji, a ubrzo ćemo posvedočiti da povlačenje sličnosti između ove tvari i supstancijalnih teorija toplote uopšte nije jednostavno. Usled toga, mi ćemo u ostatku ovog teksta koristiti sintagmu *međučestična elastična tvar*.

Ova međučestična elastična tvar objašnjava razliku između čvrstih tela i fluidnih tela. U čvrstim telima, međučestična elastična tvar je ohlađena, zgrčena, sakupljena, samim tim su i delići tela bliži i zgusnutiji, uopšte se bolje drže na okupu – kohezivniji su. Nasuprot tome, u fluidima je ova međučestična elastična tvar toplija, elastičnija i raširenija, pa se i same čestice tela nalaze na većoj udaljenosti i sa manjom kohezijom, usled čega se razlivaju i povećavaju svoju zapreminu u odnosu na čvrsto stanje. Druge tehnološke karakteristike materijala se objašnjavaju istim mehanizmima. Rastezanje i savijanje čvrstih tela se objašnjava ograničenom elastičnošću zgusnute međučestične elastične tvari, pri čemu Kant nudi sasvim iscrpne i

²² *Ibid*, str. 271.

²³ Na primer, u predgovoru drugog izdanja *Kritike čistoga uma* iz 1787. godine, Kant uz detaljan opis navodi Štala pored drugih velikana iz istorije nauke, kao što su Galilej [*Galileo Galilei*] i Toričeli [*Evangelista Toricelli*]. Imanuel Kant, *Kritika čistoga uma*, Dereta, Beograd, 2005, str. 41.

geometrijske i aritmetičke modele za koje tvrdi da se savršeno uklapaju sa fenomenima iskustva.²⁴

Za sada Kant je samo ponudio objašnjenje za kohezivnost tela, pojavu toplote/hladnoće prosto je preneo na međučestičnu elastičnu tvar, a o vatri i sagorevanju još uvek ništa nije rekao. To će sve biti teme u drugom delu teksta *O vatri*. Tu će Kant otpočeti sasvim empirijski, navođenjem pojavnih oblika vatre, toplote i hladnoće. U prisustvu hladnoće, tela smanjuju svoju zapreminu a jača im se kohezija, postaju kruća i gušća dok se u prisustvu toplote dešava uglavnom suprotno; vatra takođe ima slične efekte kao i toplota, to jest, slabi koheziju tela pa čak može i da ih raspršuje u paru.²⁵ Jasno je da su ovakvi opisi sasvim šturi, čak i zbunjujući, jer nije jasno da li je ovde vatra isto što i toplota i, ako nije, kako se one razlikuju. Vredi na umu imati da se ovde samo opisuju pojavni oblici, a objašnjenje mehanizma tek sledi. Naslov čitavog odeljka može dati izvesne naznake: „O tvari vatre i njenim varijacijama, toploti i hladnoći.”²⁶ To će reći da se vatra posmatra kao nekakav proces ili fenomen koji je utemeljen u izvesnoj tvari, a da su karakteristike ili modusi te tvari ono što nazivamo toplotom i hladnoćom. U tom pogledu, vatra i toplota nisu isto, a uočavanje sličnih efekata može se objasniti time što je jedno praćeno drugim (u ovom slučaju vatra je praćena toplotom); sa druge strane, koordiniranost efekata toplote i hladnoće može se uzimati kao naznaka da nije reč o dva zasebna principa, već o dve varijacije jedne te iste baze. Ta baza, ta *tvar vatre* je za Kanta upravo ranije opisana međučestična elastična tvar.²⁷

Kako međučestična elastična tvar može biti i tvar vatre i tvar toplote? Ona se, već smo videli, razume kao medijum koji na okupu drži čestice od kojih su agregirana makrotela, ali i sama može da bude pod većim ili manjim naponom, više ili manje elastična, usled čega opažamo razlike između čvrstog i fluidnog stanja tela. Kako su te razlike redovno praćene razlikom u toploti/hladnoći, Kant zaključuje da je ono što je odgovorno za koheziju unutar tela ujedno odgovorno i za temperaturu tela: kada je

²⁴ Immanuel Kant, „Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer”, str. 272-277.

²⁵ *Ibid*, str. 278-279.

²⁶ *Ibid*, str. 278 (prevod G. R.).

²⁷ *Ibid*, str. 279.

međuceštična elastična tvar pod manjim naponom, elastičnija, i telo je tečnije, elastičnije ali i toplije, a obrnuto se dešava kada je međuceštična elastična tvar napregnutija. Kant smatra da se ove varijacije moraju objasniti nekakvim mehaničkim uzrokom, pošto primećuje da se toplota javlja u prisustvu mehaničkih procesa kao što su trljanje ili udarac.²⁸ Shodno tome, on će reći: „Tvar vatre je samo elastična tvar (opisana u prethodnom odeljku) koja na okupu drži čestice onih tela sa kojima je pomešana, a njeno talasajuće ili titrajuće kretanje je ono što se naziva toplotom.”²⁹

Toplota i hladnoća tako nisu nekakvi apsolutni kvaliteti, već su i te kako merljivi, a vatra je fizički proces koji se javlja na izvesnim stupnjevima toplote. Naime, Kant smatra da se u jednom telu toplota ne može beskonačno povećavati, jer međuceštična elastična tvar je prvenstveno odgovorna za kohezivnost agregata makrotela i za svako telo mora postojati izvesna granica do koje se ta elastična tvar može rasplinjavati pre nego što u potpunosti izgubi svoju vezivnu funkciju. Maksimalna količina toplote koja je moguća u nekom telu je njegova tačka ključanja. Ako odgovarajućim mehaničkim sredstvima mi nastavimo da slabimo napetost međuceštične elastične tvari u nekom makrotelu, Kant smatra da efektivno neće doći do povećanja temperature tela, jer u tom trenutku titranje elastične tvari postaje snažnije od minimuma potrebnog za očuvanje kohezivnosti makrotela, i telo će tim procesom biti uništavano jer će njegove čestice biti otrgnute iz ukupnog agregata.³⁰ U tom procesu isparavanja iliti ključanja pojavljuje se vatra. Ovo ujedno objašnjava zašto Kant jedino govori o čvrstom i fluidnom stanju, jer gasovi su samo rasparčane čestice otrgnute od svog matičnog agregata usled mehaničkih dejstava koja su nadvladala njegovu unutrašnju kohezivnost.

To rasparčavanje je nekad praćeno svetlošću, odnosno *plamenom*. Plamen je samo posebna vrsta vatre koja nastaje prilikom površinskog isparavanja tela koja su sačinjena od ulja ili kiseline i koje je praćeno svetlošću.³¹ Ovde je veoma zanimljivo zapaziti da se Kantovo objašnjenje

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Ibid.* (prevod G. R.).

³⁰ *Ibid.*, str. 279-280.

³¹ *Ibid.*, str. 292.

zašto tela plamte samo na svojoj površini veoma lepo podudara sa danas prihvaćenim objašnjenjem površinskog napona tečnosti, a pride u istom tekstu možemo da pročitamo i nekoliko zapažanja koja doista izgledaju kao opis površinskog napona.³² Naravno, ovde ne želimo da insinuiramo da je Kant bio preteča te ideje: iako je matematičko objašnjenje površinskog napona nastalo tek sa Jangom [*Thomas Young*] i Laplasom [*Pierre-Simon Laplace*] početkom devetnaestog veka, fenomeni kapilarnosti uočeni su još ranije a dobri pokušaji objašnjenja su bili poznati i u vreme mladog Kanta.³³ Radije, ovo možemo uzeti kao naznaku da je Kant koristio brojne njemu savremene uvide o unutrašnjoj koheziji fluida prilikom osmišljavanja sopstvene teorije.

Pored očevidne svetlosti, plamen je karakterističan i po tome što indikuje veću toplotu nego drugi procesi isparavanja ali i po tome što se spontano širi sve dok ima goriva. Sve to je moguće zato što je plamen rezultat veoma dramatičnog talasanja međučestične elastične tvari koje dovodi do kaskadnog efekta gde se ta talasanja veoma lako prenose na druge delove zahvaćenog makrotela. Time se objašnjava kako mala iskra može proizvesti veliki plamen, što je Kantu posebno interesantno zato što naizgled krši stari princip da u posledici nikada ne može biti više sadržaja nego što ga je bilo u uzroku. Kant, naravno, neće odbaciti taj princip, već će ga koristiti kao obrazloženje da je ova lančana reakcija plamtenja pokazatelj kako je u lako zapaljivim materijalima međučestična elastična tvar samo sabijena pod velikim naponom i sada se lako rasplinjava.³⁴

Sam fenomen svetlosti značajan je sa još jednog stanovišta, a to je da je Kant smatrao da ova međučestična elastična tvar nije ništa drugo nego *etar*, odnosno *tvar svetlosti* [*Lichtstoff*].³⁵ Taj etar je samo usled privlačnih sila veoma komprimiran u međučestični prostor. Ovom idejom Kant ne samo što objašnjava pojavu svetlosti u izvesnim procesima vezanim za toplotu, već i fenomen refrakcije svetlosti. Naime, menjanje ugla pod kojim pada

³² *Ibid*, str. 286.

³³ Videti: Mahesh M. Bandi, „Tension grips the Flow” u: *Journal of Fluid Mechanics*, No. 846, Cambridge University Press, 2018, str. 1-4.

³⁴ Immanuel Kant, „Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer”, str. 293-294.

³⁵ *Ibid*, str. 281.

zrak svetlosti prilikom prelaska iz jedne materijalne sredine u drugu (na primer, iz vazduha u vodu) se može lako objasniti različitim sadržajem etra koje te sredine sadrže.

Kako se ova Kantova kratko izložena ali veoma obuhvatna teorija samerava spram onih istaknutih teorija toplote osamnaestog i devetnaestog veka? Već rekosmo da pominjanje *tvari toplote* naizgled sigurno smešta Kantovu teoriju rame uz rame sa supstancijalnim teorijama toplote, a poštovanje koje Kant izražava prema Štalu samo još više ide u prilog ovoj ideji.³⁶ Međutim, tvar toplote je samo jedno od mnogih imena koje je Kant koristio u spisu *O vatri*. Pored toga zatekli smo i međučestičnu elastičnu tvar, tvar vatre, tvar svetla, etar, i svaki od tih naziva korišćen je prilikom objašnjavanja nekog prirodnog fenomena: koheziju, plamen, svetlost. U tom pogledu, Kantov etar ima velikih sličnosti sa Lavoazijeovom kalorikom, pogotovo s obzirom na to da se i jedno i drugo situiraju između čestica makrotela i odgovorna su za njihova agragatna stanja. Pa ipak, koliko god da je tačno da Kant hipostazira jednu posebnu tvar u ovom spisu, nije sasvim ispravno reći da je etar supstancijalizovana toplota. Pojava toplote/hladnoće ne zavisi od količine etra u nekom telu, već pre zavisi od talasanja i titranja tog etra. Toplota nije objašnjena isključivo supstancijalno, već premehanički/dinamički – posebnim oblikom kretanja jedne posebne tvari. Samim tim, koliko god da je Kantovo razumevanje hemije bilo usaglašeno sa hemijom Georga Štala i fizikom Antoana Lavoazijea, Kantova teorija toplote mnogo više liči na mehaničku teoriju devetnaestog veka nego na Štalov flogiston ili Lavoazijeovu kaloriku,³⁷ a ponajviše liči na undulatornu teoriju koja je, pomenuli smo, svojevrsni prelazni oblik teorija toplote sa početka devetnaestog veka. Naravno, definitivno svrstavanje ili

³⁶ Neki istoričari ideja Kantovu hemijsku teoriju nazivaju flogistonskom, neki je, pak, smeštaju bliže kaloričkoj teoriji. Uporediti: Michael Friedman, *Kant and the Exact Sciences*, str. 265; Martin Carrier, „Kant's Mechanical Determination of Matter in the *Metaphysical Foundations of Natural Science*” u: *Kant and the Sciences* (ed. Eric Watkins), Oxford University Press, Oxford, 2001, str. 210.

³⁷ Iz ovoga se može iščitati da je Kant u spisu *O vatri* ipak implicitno prihvatio izvesne atomističke stavove, koliko god da se protivio tome; videti: Jill Vance Buroker, „Kant, the Dynamical Tradition, and the Role of Matter in Explanation” u: *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. 1972, Springer, 1972, str. 162.

izjednačavanje nije cilj ove analize, ali će ovo zanimljivo pozicioniranje Kantove teorije i te kako poslužiti kao koristan argument u daljem razmatranju.

HEMIJA ILI FIZIKA TOPLOTE

Nakon ovog osvrtu u kom smo uporedili kako su hemičari osamnaestog veka govorili o istaknutoj hemijskoj temi i kako je Kant govorio o istoj, možemo se vratiti na naše početno pitanje, a to je kako je Kant mogao imati tako disparatna razumevanja hemijske nauke. Da ponovimo, u tekstu *O vatri* iz 1755. godine Kant je govorio o tipično hemijskom pitanju i pri tom se obilato koristio matematičkim i geometrijskim sredstvima, dok je u spisu *Metafizička načela* iz 1786. godine hemiji odricao matematičnost, te samim tim i status prave nauke.

Smatramo da postoje samo tri moguća obrazloženja ove diskrepance:

1. Kant je promenio svoj stav o hemiji negde između 1755. i 1786. godine.
2. Diskrepanca je samo prividna a spisi su u potpunosti usaglašeni.
3. Diskrepanca je posledica toga što su teme ovih spisa samo prividno slične.

Razmotrimo svaku od ovih opcija ponaosob.

1. *Kant se predomislio.* Ovo je najjednostavnija hipoteza. Kada u opusu jednog autora zateknemo tvrdnje koje su nepodudarne, a pri tom ih razdvaja jaz od nekoliko decenija, sasvim je smisleno pomisliti da je reč o prostoj promeni mišljenja. To pogotovo može izgledati plauzibilno za Kanta, koji je u međuvremenu prešao iz svog prekritičkog u kritički period stvaranja. Međutim, ova hipoteza se daje lako i odbaciti. Upoređujući druge Kantove spise, Majkl Fridman [*Michael Friedman*] konstatuje da je Kantovo razumevanje hemije bilo veoma ustaljeno tokom velikog dela njegovog života, te da je i u vreme pisanja *Metafizičkih načela* stojao na svojim ranijim shvatanjima hemije i otkrića u hemiji.³⁸ Da su nove perspektive

³⁸ Videti: Michael Friedman, *Kant and the Exact Sciences*, str. 265-267, 280.

njegovog kritičkog učenja radikalno izmenile njegovo shvatanje hemijske nauke, to bi bilo očevidno već u *Kritici čistoga uma*. Zapravo, Fridman tvrdi da se jedina veća izmena Kantovog hemijskog horizonta dogodila u poslednjim godinama osamnaestog veka, kada se upoznao sa radom Lavoazijea.³⁹ Opovrgavanjem ove hipoteze ujedno smo odgovorili i na ranije opertan prigovor da je upoređivanje tekstova koji se nalaze na toliko velikoj vremenskoj udaljenosti neprikladno.

2. *Diskrepanca je privid*. Ukoliko je Kantovo shvatanje hemije toliko stabilno, onda se nameće ideja da je neusaglašenost samo površinska, da je posledica površinskog razumevanja Kantovih ideja. Pošto je efektivno nemoguće izvitoperiti tvrdnju iz *Metafizičkih načela* da hemija nije prava nauka zato što nije matematična, jedini način usaglašavanja ovog teksta sa spisom *O vatri* jeste u pokazivanju da ono što je tu izgledalo kao upotreba matematike zapravo nešto potpuno drugo. I doista, to što se negde pojavljuju formule, ne znači da je matematika tu na ispravan način zastupljena. Uostalom, u *Metafizičkim načelima* glavni problem nematematičnosti hemije je u tome što ona ne poseduje pojmove koji se mogu matematički konstruisati, već samo one koji potiču iz iskustva. Međutim, u spisu *O vatri* i te kako zatičemo matematičke konstrukcije. Tačno je da zatičemo iskustvene tvrdnje, ali one se javljaju samo u obliku opisa fenomena. Već među prvim propozicijama, Kant zadire u mikrosvet o kojem ne može imati neposrednog iskustva i tamo se obilato koristi matematičkim konstrukcijama: slaganja sila hipotetičkih finih sferičnih čestica, međudejstvo elastične tvari na konfiguraciju čestica u čvrstim makrotelima i slično. Osim toga, Kant u devetom poučku spisa *O vatri* eksplicitno tvrdi mogućnosti merenja toplote,⁴⁰ što je još jedan kanal kojim se hemijsko učenje može matematizovati.⁴¹ Na osnovu navedenog smatramo da je opravdano odbaciti ovu hipotezu.

³⁹ Videti: *Ibid*, str. 265, 280 i Michael Friedman, *Dynamics of Reason*, CSLI Publications, Stanford, 2001, str. 124.

⁴⁰ Immanuel Kant, „Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer”, str. 283.

⁴¹ Vredi napomenuti da puka merljivost predmeta nije dovoljna za Kanta da određenu oblast znanja nazove pravom naukom. Videti: Abhaya C. Nayak & Eric Sotnak, „Kant on the Impossibility of 'Soft Sciences'” u: *Philosophy and*

3. *Srodnost teme je privid.* Preostala nam je još jedna hipoteza, srećom, za nju se ne moramo opredeliti samo postupkom eliminacije, već možemo pružiti pozitivne dokaze u njenu korist. Ova hipoteza tvrdi da su teme o kojima ova dva teksta govore samo prividno identične, a da se zapravo razlikuju u onoj meri koja konačno proizvodi diskrepancu o kojoj svedočimo. Kao i u prethodnom slučaju, i ovde će *Metafizička načela* biti sasvim transparentna, a dodatan korak interpretacije će se morati izvesti nad spisom *O vatri*. Matematičke i geometrijske konstrukcije u tom spisu koriste se za opisivanje interakcija između oku nevidljivih čestica makrotela, a te interakcije su opisivane kao mehaničke (sudari, elastične sile). Čak je i toplota objašnjena mehaničkim procesima – talasanjem ili titranjem etra. Budući da Kant nikada nije bio voljan da doslovno redukuje hemiju na puku mehaniku,⁴² jedini smislen zaključak jeste da spis *O vatri* nije tekst o hemiji, već tekst o fizici. Iako je povod tog teksta fenomen kojim su se u ono vreme prvenstveno bavili hemičari, toplota je pre objašnjena sa stanovišta fizičara nego sa stanovišta ondašnjih hemičara. U ovom trenutku, naš raniji komentar kako je Kantova teorija toplote znatno bliža devetnaestovekovnoj termodinamici nego osamnaestovekovnoj supstancijalizaciji toplote služi kao ključni argument u prilog ove hipoteze. U istorijskom kontekstu, ovakva perspektiva prema hemiji uopšte ne bi bio čudna, jer i mnogi tadašnji hemičari su u Lavoazijeovom učenju prepoznavali ne rigoroznu kodifikaciju hemije, već preorijentisanje i zbližavanje sa fizikom.⁴³ A nama, sa ove vremenske distance i sa znanjem o pojavi fizičke discipline termodinamike, ta transformacija izgleda sasvim očekivana.

Još jedan, istina samo uslovan argument u prilog ove poslednje hipoteze može se pronaći u Kantovom pesimističnom stavu o mogućnosti da hemija ikada postane nauka. Iako je smatrao da su njeni izgledi mnogo bolji nego što je to slučaj sa psihologijom, ipak je verovao da će hemija „teško

Phenomenological Research, Vol. 55, No. 1, International Phenomenological Society, 1995, str. 133-151.

⁴² Michael Friedman, *Kant's Construction of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge, 2013, str. 252.

⁴³ Videti: Evan M. Melhado, „Chemistry, Physics and the Chemical Revolution” u: *Isis*, Vol. 76, No. 2, The University of Chicago Press, 1985, str. 195-211.

ikada ispuniti⁴⁴ zahteve potrebne za pravu nauku. Pokazivanje da se znanje o nekom predmetu može dovesti na nivo prave nauke samo ukoliko se ono ne razmatra u okvirima hemije već fizike sasvim bi odgovaralo pomenutom pesimizmu.

Naposletku, vredi primetiti da je ova treća hipoteza verovatno najmanje disruptivna po opštu sliku Kantovog učenja. Ponajpre ona pruža još jednu liniju kontinuiteta između Kantove prekritičke i kritičke filozofije, a zatim afirmiše široko prihvaćeno viđenje Kanta kao učenjaka koji je pomno pratio dešavanja u svetu prirodnih nauka. Ovom interpretacijom niti se narušava ugled Kantove informisanosti niti se on preterano glorifikuje kao zaboravljeni izvor novih ideja u hemiji osamnaestog i devetnaestog veka, već se on naprosto smešta tačno u sredinu toka onda aktivnih rasprava i previranja u prirodnim naukama. S obzirom na to, razumno je očekivati da se brojni interesantni uvidi mogu dobiti istraživanjem Kantovih stavova o hemiji u delima napisanim nakon *Metafizičkih načela*, nakon što se Kant definitivno upoznao sa transformativnim uticajem Lavoazijea.

LITERATURA

- Aristotel, *O postajanju i propadanju II*, Paideia, Beograd, 2002.
- Bandi, Mahesh M, „Tension grips the Flow” u: *Journal of Fluid Mechanics*, No. 846, Cambridge University Press, 2018.
- Borovski, Ludvig E., „Prikaz Života i karaktera Imanuela Kanta” u: *Ko je bio Kant?*, Plato, Beograd, 2003.
- Boyle, Robert, *Certain Physiological Essays and Other Tracts*, Henry Herringman, London, 1669.
- Brush, Stephen G., „The Wave Theory of Heat: A Forgotten Stage in the Transition from the Caloric Theory to Thermodynamics” u: *The British Journal for the History of Science*, Vol. 5, No. 2, Cambridge University Press, 1970.
- Buroker, Jill Vance, „Kant, the Dynamical Tradition, and the Role of Matter in Explanation” u: *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. 1972, Springer, 1972.

⁴⁴ Imanuel Kant, *Metafizička polazna načela prirodne znanosti*, str. 224.

-
- Carrier, Martin, „Kant's Mechanical Determination of Matter in the *Metaphysical Foundations of Natural Science*” u: *Kant and the Sciences* (ed. Watkins, Eric), Oxford University Press, Oxford, 2001.
- Friedman, Michael, *Dynamics of Reason*, CSLI Publications, Stanford, 2001.
- Friedman, Michael, *Kant and the Exact Sciences*, Harvard University Press, Cambridge, 1992.
- Friedman, Michael, *Kant's Construction of Nature*, Cambridge University Press, Cambridge, 2013.
- Holmes, Frederic L, „Lavoisier the Experimentalist” u: *Bulletin for the History of Chemistry*, No. 5, Division of the History of Chemistry of the American Chemical Society, 1989.
- Kant, Imanuel, *Kritika čistoga uma*, Dereta, Beograd, 2005.
- Kant, Imanuel, *Metafizička polazna načela prirodne znanosti* u: Kant, Imanuel, *Metafizika prirode*, Akademska knjiga, Novi Sad, 2016.
- Kant, Immanuel, „Einige kurzgefasste Betrachtungen über das Feuer” u: *Immanuel Kant's kleinere Schriften zur Naturphilosophie, Zweite Abteilung*, L. Heimanns Verlag, Berlin, 1873.
- Kuhn, Thomas S., *Struktura znanstvenih revolucija*, Naklada Jesenski i Turk, Zagreb, 2002.
- Massimi, Michaela, „Kant's dynamical theory of matter in 1755, and its debt to speculative Newtonian experimentalism” u: *Studies in History and Philosophy of Science, Part A*, Vol. 42, No. 4, Elsevier, 2011.
- Melhado, Evan M., „Chemistry, Physics and the Chemical Revolution” u: *Isis*, Vol. 76, No. 2, The University of Chicago Press, 1985.
- Morris, Robert J., „Lavoisier and the Caloric Theory” u: *The British Journal for the History of Science*, Vol. 6, No. 1, Cambridge University Press, 1972.
- Nayak, Abhaya C. & Sotnak, Eric, „Kant on the Impossibility of 'Soft Sciences'” u: *Philosophy and Phenomenological Research*, Vol. 55, No. 1, International Phenomenological Society, 1995.
- Ostwald, Wilhelm, *The Autobiography*, Springer, Cham, 2017.
- Porter, Roy, „Introduction” u: *The Cambridge History of Science*, Volume 4 (ed. Porter, Roy), Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
- Rappaport, Rhoda, „Rouelle and Stahl – The Phlogistic Revolution in France” u: *Chymia*, Vol. 7, University of California Press, 1961.
- Szabadvary, Ferenc, „The Birth of Stoichiometry” u: *Journal of Chemical Education*, No. 39, Vol. 5, American Chemical Society, 1962.
- Encyclopedia of the Scientific Revolution from Copernicus to Newton* (ed. Applebaum, Wilbur), Garland Publishing, New York, 2000.

GORAN RUJEVIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Philosophy

KANT AND CHEMISTRY WITHOUT MATHEMATICS

Abstract: In his work *Metaphysical Foundations of Natural Science*, Immanuel Kant offers a scathing remark that chemistry is not a proper science, meaning that chemistry does not employ constructions of pure intuitions, or, in other words, there is no pure mathematics in chemistry. This may seem odd regarding contemporary quantitative chemistry, but it is also at odds with some of Kant's earliest writings on the natural world. The text *Succint Exposition of Some Meditations on Fire* is rife with geometric constructions used in explaining the typically chemical phenomenon of heat. A more detailed analysis of this text and its comparison to certain prominent theories of heat leads us to the conclusion that Kant's explanation of heat is dynamical rather than chemical. This insight enables us to straighten out the aforementioned discrepancy: neither Kant changed his views of chemistry nor were his opinions self-contradictory, but it is ultimately the case that the contents of the text on fire belongs to physics rather than chemistry.

Keywords: aether, caloric, chemistry, heat, Kant, phlogiston, thermodynamics

Primljeno: 27.2.2021.

Prihvaćeno: 7.5.2021.