

Dodatak 2

Ponešto iz povijesti kemije

Robert Boyle – osnivač moderne kemije



Robert Boyle bio je jedan od najoštromnijih znanstvenika svoga vremena. Učio je na radovima Galileia i bio je uvjeren da samo fizički pokusi mogu dati odgovore na važne kemijske probleme.

Rođen je u Lismoreu, u Irskoj, 1627. godine kao sedmo od četrnaestero djece irskoga grofa, pa nije mogao očekivati bogatstvo i titulu. Poslije mnogo godina učenja po raznim europskim sveučilištima, upoznajući mnoge znamenite ljude svoga vremena, nastanio se u Oxfordu i zanio ispitivanjem fizikalnih i kemijskih pojava. Ušao je u kružok istomišljenika “nevidljivi koledž,” čiji su se članovi sastajali u Oxfordu i Londonu. Članovi toga koledža osnovali su 5. prosinca 1660. *Londonsko kraljevsko društvo*, koje sve do današnjega doba ima važnu ulogu u razvoju znanosti.

Robert Boyle načinio je za kemiju vrlo mnogo. Može se reći da je on postavio “ideološke temelje” nove znanosti. Tražio je da se kemija odijeli od alkemije i medicine jer ona ima zasebne probleme. U znamenitoj knjizi “Kemičar – skeptik” naveo je 5 osnovnih problema kemije svojega vremena. Na kraju knjige on zaključuje da je za kemiju najvažnije objašnjenje pojma *element*. Rekao je: “Smatram pod elementom određena, prvobitna i jednostavna, potpuno nepomiješana tijela koja nisu sastavljena iz

drugih, već sama po sebi predstavljaju sastavne dijelove od kojih su sastavljena sva takozvana miješana tijela i na koje se ona na kraju mogu rastaviti.” Boyle je te pretpostavke ispunio fizikalnim sadržajem, što je bilo značajno jer je time stvorena mogućnost objašnjavanja kemijskih pojava sa stajališta fizike. Svoju pretpostavku o elementu Boyle je povezao s korpuskularnom teorijom i upravo je te čestice smatrao nositeljima elementarnih svojstava. Smatrao je da elemenata ima znatno više od triju, četiriju ili pet, kako se do tada mislilo (vatra, voda, zemlja, zrak).

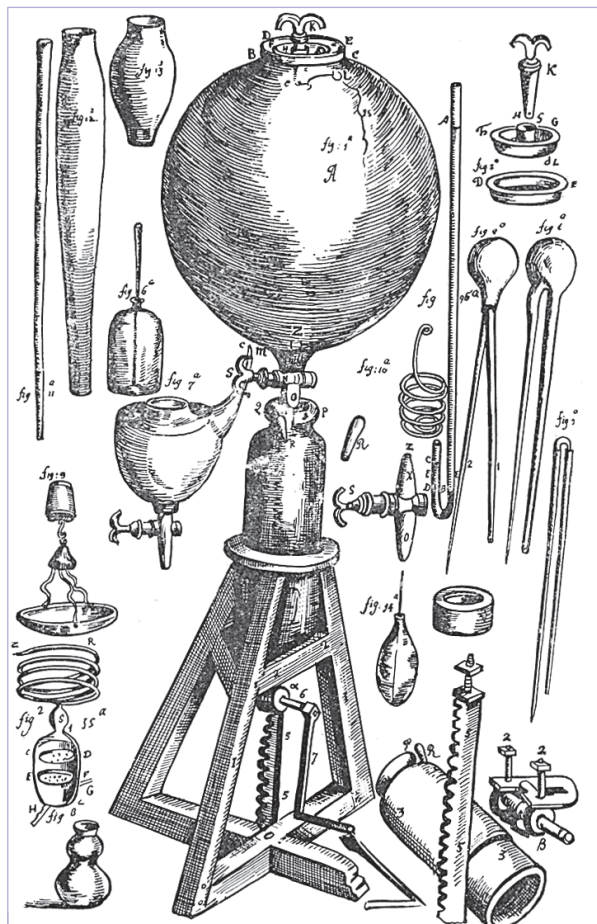
O zadacima kemije Boyle je pisao: “Kemičari su se do sada rukovodili uskim principima za koje nije bio potreban posebno širok vidokrug. Oni su smatrali da treba pripravljati lijekove te proizvoditi i pretvarati metale. Ja promatram kemiju potpuno drugačije. Ja ne gledam na nju kao liječnik, kao alkemičar ili filozof. Iznio sam plan kemijske filozofije za koji se nadam da ću ga nadopuniti i usavršiti pokusima i promatranjima. Kada bi ljudi uspjehe znanosti uzimali više k srcu, ne gledajući vlastite interese, bilo bi im lako dokazati da bi svijetu načinili najveću uslugu kad bi sve svoje snage usmjerili na izvođenje pokusa i prikupljanje podataka. Onda ne bi postavljali nikakvu teoriju ne provjerivši je li ona provediva.”

Mnogobrojnim je pokusima dokazao da kroz vakuum (“prazninu” kako ju je nazivao Boyle) zvuk ne prolazi, da se magnetska igla pomiče u magnetskom polju i u vakuumu. Međutim, najinteresantniji pokusi bili su baš oni koje je trebalo kemijski objasniti, a koji su bili povezani s *gorenjem* i *disanjem*. Dokazao je da samozapaljiva tijela u “praznini” ne gore i da je u takvim uvjetima život nemoguć. Zbog važnosti takvih pokusa Kraljevsko je društvo zatražilo da se načini popis pitanja na koja bi se moglo odgovoriti pokusima sa zrakom i “prazninom”. Dana 25. veljače 1663. godine objavljen je popis od 88 pitanja u vezi sa zrakom na koja bi se moglo odgovoriti pomoću pokusa. Bio je to *prvi znanstveni program u svijetu* za rješavanje određenoga problema.

Ta su pitanja također tražila odgovore od fizike i geofizike, što je pridonijelo brzom eksperimentalnom i teorijskom razvitku znanosti u posljednjih 300 godina. Za kemiju je bilo važno izvesti pokuse kojima se može razjasniti odnos zraka i drugih tvari; s kojim se tvarima zrak spaja, s kojima ne; koje je značenje zraka za životinje. Boyle je neumorno izvodio pokuse. Vagao je zatvorene posude nakon izgaranja različitih tvari, a rezultate tih pokusa protumačili su kasnije Lomonosov i Lavoisier.

Kao rezultat Boyleova rada pojavilo se novo poimanje elementa. Njegovi su radovi doveli do stvaranja prvih općekemijskih teorija koje su objašnjavale najvažniji proces – gorenje. Mislioci toga vremena su shvatili: *Boyle od kemije pravi znanost*. To je bila pravilna ocjena, no potpunu pretvorbu kemije u znanost – sustav sigurnih podataka dobivenih na osnovi eksperimentalnih rezultata i poopćenih teorijom – svojim su radom dovršili kasniji istraživači. Oni su riješili prvu i najvažniju tajnu kemije – tajnu gorenja i disanja.

Boyle je postavio zakon ovisnosti volumena plina o tlaku pri stalnoj temperaturi (Boyle-Mariotteov zakon). Tijekom svojega rada izolirao je metanol i aceton. Robert Boyle, osnivač moderne kemije, umro je u Londonu 30. prosinca 1691. godine.



Boyleova zračna sisaljka

Antoine Laurent Lavoisier – uveo vagu u kemiju



A. L. Lavoisier sa suprugom koja mu je mnogo pomagala u njegovu radu

Veliki francuski znanstvenik Antoine Laurent Lavoisier, koji je postavio temelje suvremene kemije, rođio se 26. kolovoza 1743. godine u Parizu. Razvio je mnoge metode za istraživanje kemijskih procesa i njihovo kvantitativno praćenje te postavio osnove nove kemijske nomenklature.

Otac mu je bio imućan pariški odvjetnik. Antoine je pohađao poznato sveučilište u Parizu, gdje se posebna pozornost posvećivala učenju francuskoga i klasičnih jezika, kao i retorici jer se očekivalo da će naslijediti oca. U to vrijeme on je maštao da postane književnikom, pa je napisao i jednu dramu.

Tijekom studija počeo je izučavati i prirodne znanosti: matematiku, fiziku i kemiju, pod okriljem najpoznatijih znanstvenika toga vremena. Oni su ga upućivali na to da

istraživanja u prirodi treba provoditi kvantitativnim mjerenjima raznih čimbenika koji utječu na ispitivanu pojavu. Glavni Lavoisierov pomoćnik bila je vaga. Lavoisier je gotovo uvijek pažljivo određivao masu svih tvari prije i poslije pokusa. Takav mu je pristup omogućio da dođe do važnih zaključaka o sastavu tvari i karakteristikama tih pretvorbi.

To ga je dovelo do otkrića *Zakona o očuvanju mase* (str. 135), koji je proglasio osnovnim zakonom kemijskih zbivanja. Time je proveo pravu revoluciju u kemiji i kemiju učinio egzaktnom znanost.

U to vrijeme smatralo se da iz tvari koje gore izlazi *flogiston*, neki fluid, a budući da tvari gorenjem postaju teže, zaključeno je da on ima negativnu masu. Lavoisier je sumnjao u postojanje flogistona i to dokazao nizom pokusa. Spaljivao je fosfor, sumpor i druge tvari sa zrakom u zatvorenim retortama i zaključio da tvari gorenjem povećavaju svoju masu. To je značilo da svaki element spoja teži manje nego spoj u cjelini.

Spalivši dijamant, dokazao je sličnost sastava dijamanta s alkoholom, eterom, voskom i nekim drugim organskim tvarima koje gore. Pri tome je uvijek nastajao "vezani zrak" – CO_2 , koji ima sposobnost zamućenja vapnene vode. Budući da je dokazao da spaljivanjem dijamanta nastaje CO_2 , zaključio je da je dijamant ugljik u kristalnom stanju (kristalizirani ugljik).

Između ostaloga dokazao je da se zrak sastoji od "životnoga zraka" – koji je on nazvao kisik i "zagušljivoga zraka" – nazvanoga dušik.

Konačni udarac teoriji flogistona Lavoisier je zadao ispitivanjem sastava vode. Do tada se smatralo da je voda element. U već dobro opremljenom laboratoriju, na temelju Zakona o održanju mase, dokazao je da se voda sastoji od "životnoga zraka" – kisika i "gorućega zraka" – vodika, jer je masa vodika i kisika prije reakcije bila jednaka masi nastale vode.

Lavoisier je načinio popis do tada poznatih elemenata. Nabrojio ih je samo 33. Danas znamo da su samo 24 bili pravi elementi, a ostali ili nisu ni postojali, ili ih je ubrajao u elemente samo zato jer ih kemičari još nisu znali rastaviti.

Njegov znanstveni i društveni rad bio je mnogostran. Navedimo još ponešto.

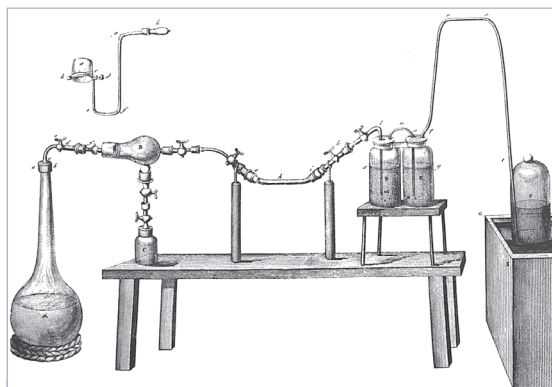


Rekonstrukcija Lavoisierova laboratorija u muzeju u Parizu

Usavršio je određivanje gustoće pomoću areometra. Tijekom izvođenja pokusa rabio je kalorimetre koje je konstruirao sa svojim suradnicima. Princip rada tih kalorimetara nije se ni do danas bitno promijenio. Napisao je niz djela: *O najboljem sustavu rasvjete Pariza* (1766.), *O prirodi vode* (1770.), *Pokusi s dijamantom* (1772.), *Elementarna kemija* (1779.).

S dvadeset pet godina postao je članom Akademije u Parizu. U svom radnom vijeku bio je i glavni inspektor za barut i salitru, zatim glavni direktor Akademije, a nakon toga tajnik vladine komisije za uvođenje novoga metričkoga sustava mjera.

Svu svoju energiju i novac dao je za doprinos znanosti. Da se materijalno osigura i da skupi dovoljno sredstava za istraživanja, postao je poreznik. Kako su svi poreznici u vrijeme Francuske revolucije kolektivno osuđeni na smrt, giljotiniran je 8. svibnja 1794. godine u Parizu, u svojoj 51. godini.



Aparatura koju je Lavoisier rabio za fermentaciju vina i uz pomoć koje je, godine 1789., otkrio Zakon o očuvanju mase

John Dalton – osnivač atomističke teorije



Rođen je 6. rujna 1766. godine u obitelji siromašnog tkalca u grofoviji Cumberland, u sjevernoj Engleskoj.

Nakon što je njegov učitelj umirovljen, 12-godišnji John postao je učiteljem. Zajedno sa svojim bratom otvorio je školu i u njoj predavao do svoje 27. godine, sve dok nije postavljen za predavača fizike i matematike na visokoj školi u Manchesteru. Aktivno se uključio u rad književnoga i filozofskoga društva u Manchesteru. Jedno od prvih njegovih predavanja u tom društvu bilo je posvećeno manjkavosti vida u vezi s bojama, od koje je i sam bolovao. Danas je taj nedostatak poznat pod imenom *daltonizam*.

Još za vrijeme učiteljavanja započeo je sustavno provoditi meteorološka ispitivanja. Naročito ga je zanimalo zašto atmosfera ima jednolik sastav kad je dušik lakši od kisika, pa bi atmosfera morala imati dva sloja.

Napisao je knjigu "Meteorološka promatranja i pokusi", u kojoj su navedeni prvi znanstveni rezultati o prirodi atmosfere i svojstvima plinskih smjesa.

Nastavio je proučavati prirodu boje neba te loma i refleksije svjetlosti. Ipak mu je bilo najvažnije izučavanje atmosfere i svih složenih atmosferskih problema kao što su: padanje kiše, nastajanje rose, pojava vodene pare i drugo.

Te spoznaje dovele su do otkrića *Zakona o parcijalnim tlakovima (Daltonov zakon)*.

Početkom 19. stoljeća Dalton je pristupio rješavanju problema građe tvari. Zanimala ga je priroda najmanjih čestica koje izgrađuju jednostavne i složene tvari. Najsitnije čestice nazvao je *atomima*. Vjerovao je da su atomi nedjeljivi i neuništivi, kao i da su svi atomi jednoga elementa jednaki, a da se atomi različitih tvari međusobno razlikuju po težini. Dalton je prvi sačinio tablicu atomskih težina (danas relativnih atomskih masa) uzevši vodik za jedinicu.

Otkrio je *Zakon višekratnih omjera masa*.

U knjizi "Novi sustav kemijske filozofije" prvi put je obrazložio atomističku teoriju, kao i razrađen sustav kemijske simbolike. Atome je prikazao kružicama s još nekim dodatnim oznakama.

Prema riječima njegova biografa bio je samouk, pa je i želja da sazna ono što su drugi otkrili bila slabija od uvjerenosti u pravilnost vlastitoga otkrića. Dalton je bio teoretičar, pa mu ne treba zamjeriti nepreciznosti mjerenja u njegovim radovima jer je na osnovi njih ipak iznio pronicave i plodotvorne misli koje su odredile razvoj kemije u idućih 100 godina.

Na zidu male kuće u seocu Eaglesfieldu stoji mramorna ploča i na njoj samo nekoliko riječi:

"John Dalton, osnivač atomističke teorije, rodio se ovdje 6. rujna 1766., a umro u Manchesteru 27. srpnja 1844." U središtu Manchestera nalazi se Daltonov spomenik. U njegovu čast održavaju se kongresi i sastanci i izdaju biografije na raznim svjetskim jezicima.

No najveći spomenik Daltonu je njegova atomistička teorija – temelj suvremene kemije.

vodik		1
dušik		5
ugljik		5
kisik		7
fosfor		9
sumpor		13
magnezij		20
kalcij		23
natrij		28
kalij		42
stroncij		46
barij		68
željezo		38
cink		56
bakar		56
olovo		95
srebro		100
platina		100
zlatu		140
živa		167

Dmitrij Ivanovič Mendeljejev – ustanovio je sustav kemijskog svijeta



Spomenik Mendeljejevu nalazi se u krugu Petrogradskoga sveučilišta

Dmitrij Ivanovič Mendeljejev bio je genijalni ruski kemičar, vrstan fizičar i tehnolog čiji su radovi neprocjenjivo pridonijeli razvoju ne samo kemije, već i općenito razvoju suvremene znanosti.

Rođen je u Tobolskom, u Sibiru, 8. veljače 1834. godine kao četrnaesto dijete u obitelji rano, zbog sljepoće, umirovljenoga gimnazijskoga nastavnika i majke koja svoje intelektualno bogatstvo prenosi na sina. Vezan uz knjigu, Dmitrij se u gimnaziji zanima za povijest, zemljopis i rusku literaturu.

U Petrograd odlazi 1849. godine i upisuje kemiju na Pedagoškoj akademiji. Tijekom studija proučavao je građu i analizirao sastav minerala. To su bili njegovi prvi kemijski pokusi. Zanimao se za floru i faunu okoline Petrograda, a kad je završio akademiju, dobio je kao najbolji student zlatno odličje i diplomirao s dvama diplomskim radovima: iz kemije i iz biologije.

Neko vrijeme radio je kao nastavnik na gimnaziji u Odesi, no kako su za vrijeme Krimskoga rata škole bile zatvorene, vratio se u Petrograd gdje je u izrazito kratkom vremenu magistrirao.

Kao znanstvenom radniku omogućen mu je odlazak iz Rusije te neko vrijeme boravi u Parizu koji je bio stjecište znamenitih kemičara.

Opskrbljen priborom neophodnim za eksperimentalni rad, s novim spoznajama znanstveno se usavršava u Heidelbergu. U to vrijeme tamo boravi veliki ruski skladatelj i kemičar Borodin.

Prisustvovao je međunarodnom kongresu o kemiji u Parizu (1860.), koji je postao znakovit po tome što je na njemu prihvaćena atomsko-molekularna teorija.

Vratio se u Petrograd 1861., a dvije godine kasnije pozvan je kao predavač na Tehnološki institut u okviru Petrogradskoga sveučilišta. Održavati temeljna predavanja iz kemije na prvom sveučilištu u zemlji bila je velika čast za tridesetogodišnjega profesora. Njegova su predavanja imala veliki uspjeh. Osim studenata slušali su ga i znanstvenici s drugih fakulteta: pravnici, povjesničari, medicinari. Kako u to doba nije bilo udžbenika iz kemije, Mendeljejev je odlučio po stenogramima svojih predavanja napisati udžbenik "Osnove kemije".

Tada je Mendeljejeva kemijska znanost podsjećala na neprohodnu šumu bez puta. Naime, u to doba kemičari su poznavali 63 kemijska elementa. Svaki od tih elemenata stvarao je s drugima desetke, stotine, pa i tisuće različitih spojeva, u plinovitom, tekućem ili čvrstom stanju. Kemičari su mogli danima opisivati svojstva tvari, a ipak ne reći sve. Određenu povezanost nije tada vidio ni Mendeljejev.

Spremajući svoja sveučilišna predavanja, Mendeljejev je uporno tražio prirodni poredak kojem bi se podčinjavali svi elementi. Bio je uvjeren da mora postojati neka "skrivena" zavisnost među svim elementima. Kad bi ta zavisnost bila poznata, svi bi se elementi mogli poredati u strogo određeni red.

Rješenje je pronašao u atomskoj težini (danas relativnoj atomskoj masi). Svaki kemijski element ima svoju strogo određenu, pokusima ustanovljenu, atomsku težinu. Ona je za određeni element uvijek ista, bio on topao ili hladan, crven ili žut. Atomska težina se nikad ne mijenja ni pod kakvim uvjetima. Međutim, iako su atomske težine elemenata rasle, svojstva elemenata su se nakon određenoga broja elemenata ponavljala. Tako se ustanovilo da u tom, na prvi pogled kaotičnom svijetu tvari, vlada izvanredan sklad. Ispod vanjske

raznolikosti koja je izgledala slučajna i besmislena, Mendeljejev je otkrio unutarnje jedinstvo – željenu zakonitost. Nazvao ju je *zakonom periodičnosti*.

Otkriću zakona periodičnosti elemenata pridonio je i kongres u Karlsruheu. Najviše je na, tada već priznato, Mendeljejeva utjecalo predavanje talijanskoga kemičara Cannizzara o određivanju atomske mase elemenata i francuskoga kemičara Dumasa koji je iznio ideju o dvama tipovima srodnosti među elementima – horizontalnoj i vertikalnoj povezanosti elemenata.

Iako je Mendeljejev smatrao poziv profesora na Petrogradskom sveučilištu izuzetnom čašću, morao je zbog sukoba s ministrom prosvjete otići s toga položaja godine 1890. Prihvata posao znanstvenoga suradnika Glavnoga ureda za utege i mjere, gdje je radio do kraja svoga života.

Uvijek mu je bila važna točnost mjerenja, pa je izradio niz različitih pomagala i pribora kojima je mjerio fizikalne veličine kao što su gustoća, masa, napetost površine, duljina, vrijeme i drugo.

Svojim istraživanjima fizikalnih svojstava plinova i tekućina došao je do pojma *kritična temperatura*.

Mendeljejev je smatrao da središte zanimanja svake suvremene industrije treba tražiti u svjesnom korištenju kemijske pretvorbe.

Za vrijeme svoga plodonosnoga života, punoga uspona i padova, napisao je više od 300 knjiga i znanstvenih radova, ponajviše iz kemije, ali i iz područja umjetnosti, obrazovanja, ekonomije i meteorologije. Slavan i poznat u cijelome svijetu, izabran je za člana i počasnoga doktora na 71 akademiji, u znanstvenim društvima i na sveučilištima u Europi i Americi, ali zbog svoga demokratskoga svjetonazora nije postao članom akademije znanosti u svojoj domovini.

Dobio je mnoga odličja od kojih su neka po važnosti jednaka Nobelovoj nagradi.

Umro je 2. veljače 1907. godine u Petrogradu od upale pluća.

Typische Elemente			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
			Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
			—	? Yt = 88 ?	? Di = 138 ?	Er = 178 ?	—
			Ti = 48 ?	Zr = 90	Ce = 140 ?	? La = 180 ?	Tb = 231
			V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
			Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
			Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195 ?	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198 ?	—
			Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199 ?	—
			Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
			—	In = 113	—	Tl = 204	—
			—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
			As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
			Se = 78	Te = 125 ?	—	—	—
			Br = 80	J = 127	—	—	—
H = 1	Li = 7	Na = 23					
	Be = 9,4	Mg = 24					
	B = 11	Al = 27,3					
	C = 12	Si = 28					
	N = 14	P = 31					
	O = 16	S = 32					
	F = 19	Cl = 35,5					

Mendeljejev periodni sustav elemenata iz 1869.