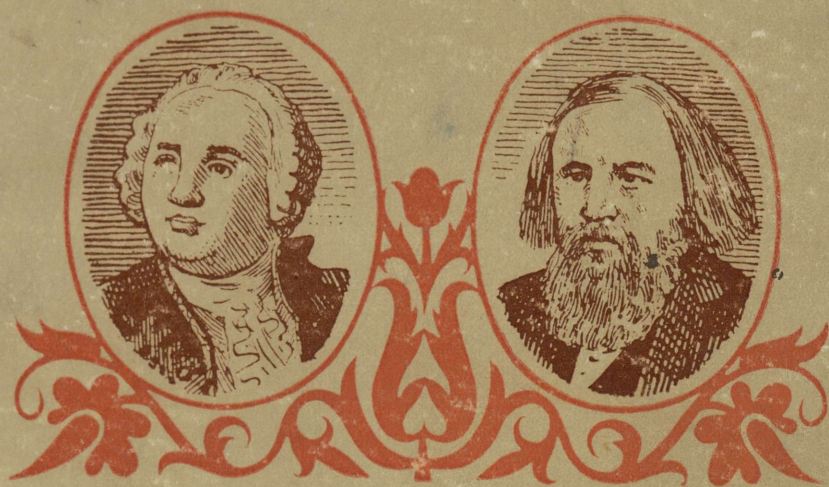


A-18895 II



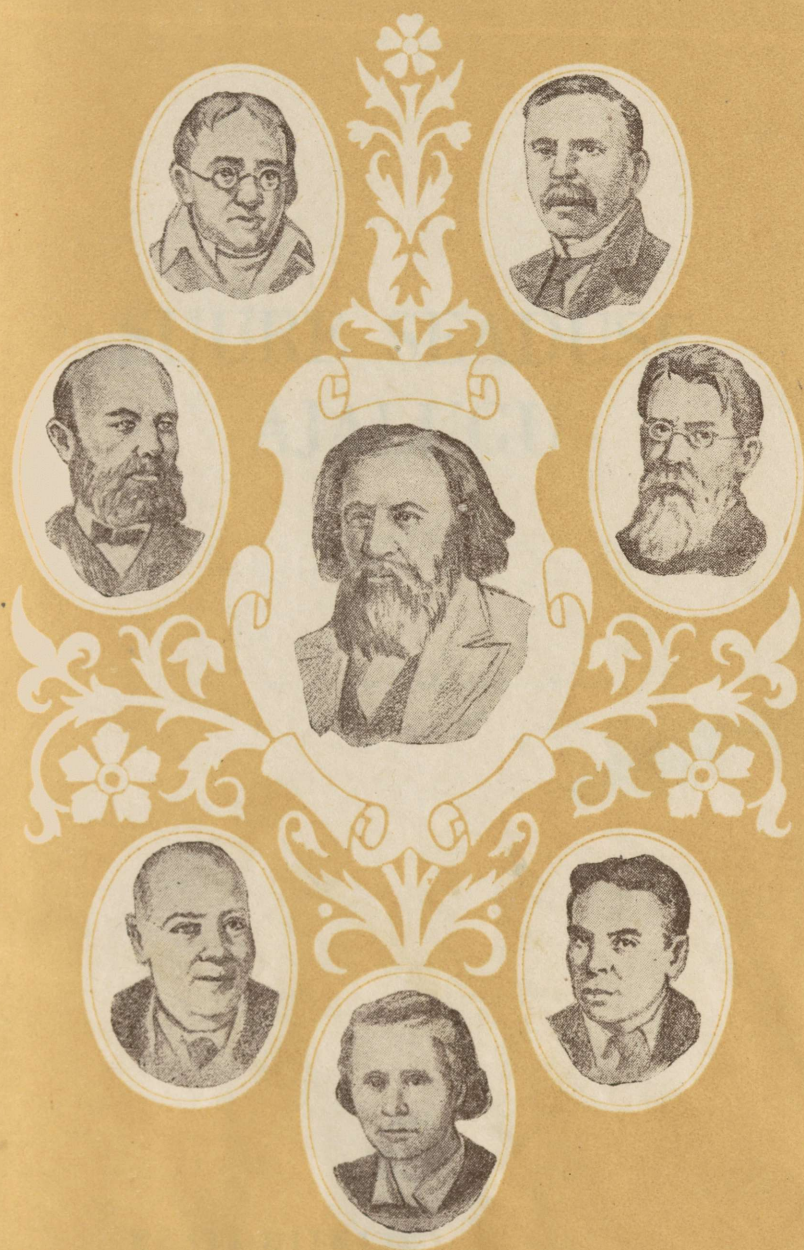
B. Stepanov

SUURE SEADUSE
AJALUGU





17275



17275

A-18895 II

B. STEPANOV

SUURE SEADUSE
AJALUGU



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1951

Originaali tiitel:

Б. Степанов. История великого закона.
Издательство ЦК ВЛКСМ „Молодая Гвардия“ 1949.

Tõlkinud H. Luik.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

17275

Esimene peatükk.

Teaduse sünn.

Arvud ja omadused.

Juba oma teadusliku elu esimestest sammudest alates koh- tus inimene määratu hulga mitmesuguste esemetega. Kümned puud, sajad rohttaimed ning tuhanded erineva kuju ja suuru- sega kivid kõitsid ta tähelepanu. Tööriistade valmistamine, toidu hankimine, rõivaste tegemine, elamu ehitamine — iga samm tegelikus töös viis ürginimese kokku tundmatute, imelike, mõistatuslike esemetega. Neis kokkupuuteis omandati esimesed teadmised ümbritsevast maailmast.

Väga vara oli ürginimesel vaja esemeid loendada. Karjasel tuli oma kari üle lugeda. Põllumees pidi loendama päevi, mis jäid vihmase aastaaja alguseni. Ei ole üllatav, et pärast kõige vanemat teadust — astronoomiat — sündis ja hakkas enne teisi teadusi arenema aritmeetika. Nii nagu me ei tea täpselt ütelda, mitu aastatuhandet on möödunud tema tekkimisest, ei tea me nimetada ka tema leiutaja nime. See on niisama võimatu, nagu on võimatu öelda kivikirve ilmumise täpset aega või nimetada tema meisterdajat.

Ülesanded, mis kerkisid inimese ette tegeliku töö protsessis, tõid enesega kaasa mitte ainult esemete loendamise, vaid ka mõõtmise vajaduse. Inimesed pidid õppima põldude, heinamaade ja elamute suurust määrama. Seepärast ilmusidki aritmeetika järel geomeetria ja algebra. Täites elu poolt seatud ülesandeid, matemaatika arenes ja täienes. Juba nelja aastatuhande eest oskasid inimesed määrata mis-tahes kujuga maatükkide pindala. Seejärel aga jõudis matemaatika ka kehade ruumalade arvuta- miseni.

Matemaatika on teadus arvudest, suurustest ja geomeetrilistest

kujunditest. Temale on ükskõik, mida arvutada — kas puude arvu maatükil või viljasaagi suurus. Matemaatik määrab kivi-
maja mõõted niisama kergesti kui palkmaja omad; matemaatika ei tunne huvi esemete kõikide omaduste vastu. Ja pole tarvis imestada, et vähesed esimestest matemaatikutest, kes määrasid kehade ruumalasad, pöörasid tähelepanu sellele lihtsale faktile, et paljude kehade ruumalad on võrdsed, kaal aga erinev.

Ent sedamööda kuidas inimese tegevuspiirkonda haarati üha enam looduslikke aineid, jõudis järjekord ka selleni, et hakati sügavamalt tungima kehade omadustesse.

Elamu ehitamisel ei saa piirduda ainult palkide ja kivide vajaliku hulga väljaarvutamisega; tuleb veel teada puu ja kivi omadusi: nende raskust, tugevust ning vastupidavust vee, soo-
juse ja külma toimele. Et ehitada jõele tamm, selleks ei piisa vette asetatavate materjalide ruumala määramisest, vaid tuleb peale selle veel teada, millises järjekorras neid laduda, millised ained on vees lahustumatud ja küllalt tugevad selleks, et vee-
voolu survele vastu pidada.

Urginimese praktiline tegevus kogus järk-järgult esimesi teadmisi kehade omadustest, valmistades vähehaaval ette pin-
nast füüsika, see on teaduse sünniks, mis tegeleb nende oma-
duste süstemaatilise tundmaõppimisega.

Kõrvutades saadud andmeid, leidis füüsika esmakordselt ühi-
seid omadusi näiliselt kaugetel, üksteisega mitte sarnanevail esemetel.

Seda oli juba palju. Varem paistis maailm üksteisele võõraste esemete korratu kuhjumisena. Nüüd õnnestus tähele panna tea-
tud korda nende seas. Aineid võis ühiste omaduste põhjal rüh-
madeks jagada. Uhed neist lahustuvad kergesti vees, teistele vesi ei mõju. Kolmandad ei karda tuld, kuna neljandad vastu-
pidi, põlevad kergesti ära. Viiendaile on omane suur raskus, kuuendad aga on nii kerged, et nende abil võib seista vee peal.

Füüsikale tuleb appi keemia.

Ainete omaduste tundmaõppimisel ei suutnud füüsika esialgu alati seletada, mis neid omadusi esile kutsub. Mispärast on ühed ained teistest raskemad? Miks ei ole kõik ained lahustuvad? Mis teeb ained põlevaks? Teadus oma lapseas polnud võime-

line niisugustele küsimustele vastama. Teadmata ainete mõningate omaduste põhjust, panid vana-aja teadlased korduvalt tähele nende omaduste muutumist. Teadlastel tekkis aegapidi arvamus, et omadused pole ainetega tugevasti seotud, et aga just omadused ongi kõige tähtsam, kõige olulisem, see põhialus, millest moodustuvad ained ise.

Kõige selgemini väljendas selliseid vaateid vana-aja suurim

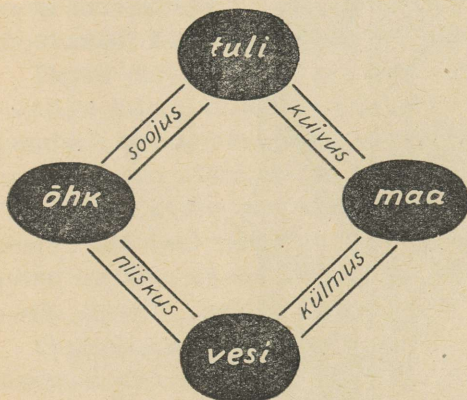


Aristoteles.

õpetlane, kreeklane Aristoteles, kes elas umbes kakskümmend kolm sajandit tagasi. Ta arvas, et meie meeleeelundid võimaldavad meil määrata aine algomadusi, nagu soojust ja külmust, kuivust ja niiskust. Paarikaupa ühinemisel hävitab soojus külmuse, kuivus aga surmab niiskuse. Aga soojus koos kuivusega annab tule, soojusest ja niiskusest tekib õhk, külmuse ja niiskuse ühinemisel saame vee, külmusest ja kuivusest aga moodustub maa. Tuli, õhk, vesi ja maa on põhilised, lihtsaimad ained, sest nad moodustusid põhiomadustest, algomadustest. Tuli, õhk, vesi ja maa annavad alguse kõigile aineile, nad on kõigi ainete koostiselemendid.

Aristotelese õpetus ainete algomadustest ja elementidest võitis kiiresti üldise tunnustuse: näis, et ta kergendab maailma mõistmist! Üksteisega mitte sarnanevate esemete määratu suure, loendamatu arvu asemele tõi ta esiplaanile ainult neli põhielementi ja väitis, et neist on ehitatud kõik maailmas leiduvad kehad.

Kuid olles omaks võtnud Aristotelese seisukoha ning alustanud ainete lihtsaimate, väliste, kergesti muutuvate omaduste



Aristotelese skeem. Aine algomaduste ühinemine paarikaupa tekitab elemendi: tule, maa, vee ja õhu.

— kuivuse, niiskuse ja teiste — tundmaõppimisest, hakkasid füüsikud neid omadusi lõpuks eksikombel pidama ainete endi koostiselementideks. Siit pole aga palju maad mõtteni, et lihtsalt väliste omaduste muutmise teel on võimalik muuta ainete loomust; et eemaldades ja lisades omadusi, võib muuta ühed ained teisteks.

muutumise kohta ilmekaid näiteid. Rooma õpetlane Plinius (kes hukkus 79. aastal p. m. a. vulkaan Vesuovi purske ajal) kirjutas sellest, kuidas Pireuse sadamas põlesid tulekahju ajal tinavalgetünnid ja kuidas tinavalge muutus kuumuse toimel punaseks menningiks. Palju niisuguseid muundumisi kasutas inimene vajalike esemete valmistamiseks.

Mullataoliste maakide kuumutamisel söega saadi kõlisevaid läikivaid metalle. Liiv ja teokarbid muudeti läbipaistvaks klaasiks, sulandades neid soodajärvedest hangitud soodaga. Vein muudeti äädikaks, lastes tal käärida.

Ning mida enam arenes inimühiskond, seda suuremaks kasvasid tema tarvidused, seda tugevamini andis end tunda vajadus valmistada töötlemisele alluvaist looduslikest toorainest üha uusi kasulikke asju.

Nägime juba, et füüsika ilmus siis, kui areneva inimühis-

Praktiline elu andis mitmesuguste ainete

konna nõuded sundisid teadust huvi tundma mitte ainult kehade suuruse ja arvu, vaid ka nende omaduste vastu. Kui aga füüsika oli jõudnud ainete muundumiste tundmaõppimiseni, kui elu oli sundinud neid muundumisi praktiliselt kasutama, siis ilmus ainete muundumist käsitleva teaduse — keemia idu.

Keemia lapseiga.

Pikka aega ei olnud see idu suuteline arenema tõeliseks teaduseks. Erinevalt oma vanemast õest füüsikast, mis tekkis vana-aja orjandusliku ühiskonna tõusuaajastul, ^{ajajärgul}, mil kõrgeltarenenud orjanduslikud riigid ehitasid suuri linnu ja grandioosseid hooneid, ehitasid tammisid ning veejuhtmeid ega saanud läbi ilma matemaatikata, mehaanikata ja füüsikata, sündis keemia orjusele tugineva ühiskondliku korra loojangul. See oli langusajastu, majandusliku seisaku ajajärk. Toredaid, rahvarikkaid linnu ja suuri, laialtarenenud kaubandusega riike asendasid väikesed, eraldiseisvad mõisad ja vürstiriigid. Olles omavahel nõrgalt seotud, elasid nad peaaegu täiesti nende saaduste arvel, mida toodeti neile kuuluvais valdustes. Kaubandus vaibus peaaegu täiesti. Säärastes tingimustes kasvasid tarvidused vähe, tootmine arenes aeglaselt ning seetõttu pöörduti äärmiselt harva teaduse poole abi saamiseks.

Teadus kolis vana-aja maailma raamatukogudest ja akadeemiaist keskaja kloostreisse. Looduse tundmaõppimine asendus „pühakirja“ tekstide tundmaõppimisega. Vaidlused aine ehitusest loovutasid koha lõppematuile arutlustele selle üle, kuipalju kuradeid mahub nõela teravikule, ning toidu üle, mida tarvita-
vad inglid.

Ka äsjasündinud keemia, mida praktilise elu vajadused ei toetanud, muutis oma loomust. Teda püüti kohandada kujutel-
dava imepärase rikastumise meelitavate üritustega. Just siin, nagu näis, osutus ainete muundamise teaduse idu kasulikuks.

See teadus õpetas, et kõik ained koosnevad samadest elementidest-omadustest, ning et muutes nende omaduste suhet, võib ühe aine muuta teiseks. Kas ei järeldu siit, et ka lihtsaid aineid, väärtusetuid, odavaid metalle, nagu seatina ja raud, saab muuta hinnaliseks kullaks?

Nii mandus ainete muundumiste tundmaõppimise laiahaarde-

line ülesanne, kohtamata tingimusi normaalseks arenguks, kitsaks ülesandeks — saada lihtsatest metallidest kulda. Muutus keemia eesmärk. Muutus ka tema nimetus. Ule 1200 aasta, III kuni XVI sajandini, nimetati teda „alkeemiaks“.

Aristotelese õpetus vastas ülihästi alkeemikute soovidele. Neile näis, et ta annab nende unistustele teadusliku põhjenduse ja veel missuguse — vana-aja suurima õpetlase vaieldamatu autoriteediga pühitsetud põhjenduse! Aristotelese teosed tunnistas ju eksimatuiks isegi katoliku kirik, mis suhtus iga kirikuisade hulka mittekuuluva inimese loomingusse vaenulikult.

Õpetuses elementidest-omadustest, mille ühinemine tekitab kõik ained, nägid alkeemikud põhjendust oma lootusele muuta lihtsaid metalle väärismetallideks. Piisab ainult omaduste muutmisest! Kõigepealt värvus, siis kõvadus ja lõpuks erikaal.

Nad sulatasid, põletasid ja lahustasid kõike, mis nad kätte said. Omamata jõudu orienteeruda ainete hulgas, mis nad said, nägid alkeemikud neis seda, mida soovisid. Olles juhuslikult sulandanud neli osa punast vaske ühe osa inglistinaga ning saanud äkki uue, kollast värvi metalli, tänas alkeemik jumalat. Talle näis, et vase ja inglistina omadused segunesid, moodustades väärismetalli omadused, et seejuures vask ja inglistina kadusid, olles muutunud kullaks. Polnud tol ajal kerge kindlaks teha, et oli tekkinud lihtne sulam — pronks!

Ning kui lõpuks siiski veenduti eksimuses, ei jahutanud see alkeemikute indu. Ikka ja uuesti süvenesid nad Aristotelese teostesse.

Neli elementi-omadust ei ole kõik, mida vajatakse ainete moodustamiseks, õpetas ta. On vajalik veel viies substants — *quinta essencia*, mis ühendab teised elemendid.

Selles ongi saladus! Seesama puudub, et muuta lihtsaid metalle veetlevaks kullaks! Ning alkeemikud asusid „viienda substantsi“ otsinguile. Milliseid nimetusi küll ei antud sellele kvintessentsile! Tarkade kivi, filosofiline kivi, suur eliksiir, universaal, punane tinktuur, suur magisteerium, ferment ja punane kivi! On tarvis ta avastada, ning kulla saamise probleem oleks lahendatud, möödaminnes aga oleks lahendatud ka arsti-teaduse-probleem, sest sama eliksiir suutvat arstida haigusi, anda tagasi kaotatud noorust ja kinkida surematust. Kas ei tundunud meelitavana leida see imeaine?

Alkeemikud segasid, keetsid, destilleerisid, kuumutasid innukalt kõikvõimalikke aineid, oodates hingevärinal katse lõppu, mis pidi tooma neile loendamatud varandused.

Alkeemikute elemendid.

Kaks ainet etendasid eriti tähtsat osa alkeemikute töös. Elavhõbe, imepärane vedel metall, milles lahustasid peaaegu kõik teised metallid, tugeval kuumutamisel temast uuesti eraldudes — „sündides“. Ning väävel, põlev väävel, mis muutis sulamisel ükskõik millise metalli loomulikku värvi ja muutis isegi elavhõbeda punaseks kinnaveriks.

Ja nii tekkiski alkeemikuil mõte, et elavhõbe ja väävel ei ole lihtsad ained. Elavhõbe on kõigile metallidele iseloomuliku omaduse, metalsuse, kandjana samasugune kõigi metallide koostiselement kui Aristotelesegi elemendid. Väävel aga on paljudele ainetele iseloomuliku omaduse, põlevuse, kandja, seega veel üks ainete koostiselement.

Ning kui alkeemikud tahtsid ütelda, et mõni väärismetallidest paistab silma hea metalse läike poolest, rääkisid nad, et ta sisaldab väga puhast elavhõbedat. Lihtsa metalli kerge muudetavus põletamisel aga andis neile põhjust väita, et selles on väga palju väävlit.

Hiljem lisati neile uutele elementidele veel üks omadus — omadus lahustuda. Selle omaduse kandjaks peeti soola.

Kõneldes elavhõbedast, väävlist ja soolast kui kehade koostiselementidest, ei mõelnud alkeemikud nende all mitte kindlaid, kõigile tuntud aineid, mida veel tänapäevalgi tähistatakse nende nimetustega. Nad pidasid silmas ainult metalsust, põlevust ja lahustuvust, mille väljendajaks need elemendid neile olid, samuti kui tuli oli Aristotelesele soojuse- ja kuivuse-, vesi külmuse- ja niiskuse-, maa külmuse- ja kuivuse-, õhk aga niiskuse- ja soojusekandjaks.

Viirastuslik eesmärk.

Paljude sajandite kestel ei kahanenud alkeemiaga tegelevate inimeste juurdevool. Kuningad ja keisrid, hertsogid ja krahvid, mungad ja arstid, talupojad ja käsitöölised, hulgused ja seikle-

jad — kõik feodaalühiskonna klassid, rühmad, kihid ja vahekihid andsid „Suure Eliksiiri“ otsijaid. Lossides ja hüttides, klostrikongides ja lahtise taeva all ning uinuvais metsades põlesid alkeemikute kolded, soojendades nende imeliku ja tujuka vormiga aparate.

○ *Antimon*

○—○ *Arseen*

✝ *Äädikas*

∩ *Piiritus*

⌒ *Booraks*

♁ *Rauatagi*

◇ *Seep*

⚥ *Elavhõbe*

* *Salmiaak*

♁ *Sublimaas*

⊖ *Salpeeter*

⊖ *Leelis*

⊕ *Vitriool*

△ *Tuli*

▽ *Vesi*

Alkeemikute leppemärgid.

Aga möödusid aastad, aastakümned ja sajandid, vaheldusid alkeemikute sugupõlved, edu aga oli ikka veel sama kaugel.

Aeg-ajalt ilmus küll inimesi, kes tööpoolest kuulutasid end kullasaamise-saladuse omanikeks. Alkeemik Venzel Seiler valmistas Viinis kuningas Leopold I nähes inglistinast kulda. Vaimustatud kuningas käskis müntida sellest kullast 1775 tuka-tit pealkirjaga: „Tänu Venzel Seileri pulbri jõule, olen muudetud inglistinast kullaks“. Kuid hiljemtehtud analüüs näitas, et tukatid polnud kullast, vaid vasest.

Sellised juhused ei olnud harvad. Nende levimisele aitasid mõnikord kaasa needsamad kroonitud pead, eriti kui neil tekkis vajadus kiiresti täita oma riigikassat. Inglise kuningas Henry VI pidas oma õukonna juures kolme alkeemikut, kes valmistasid talle vasest „kulda“. Nende poolt valmistatud kullaga sarnanevad vasesulamid läksid rahapatta, münditud „kuldrahadest“ saadi aga lahti Prantsusmaale saatmise teel. Tegelikult võitis inglise kuningriik sellega väga vähe; Inglismaale toodi täpselt samasuguseid „kuld-

rahasid“, mis olid münditud prantsuse kuninga rahapajas...

Muuseas, kroonitud kuningate teenimine ei olnud eriti kindel amet. Vangipõli, piinad ja hukkamine ootasid niihästi neid, kelle kuld osutus ebaheitsaks, kui ka neid, keda kahtlustati selles, et nad ei soovi ihaldatud saladust monarhile avaldada. Juhtus, et õualkeemik, kel polnud õnne, rõivastati kullaga tikitud ülikonda ja poodi kullatud võllas.

Mõistagi leidus alkeemikute seas ka tõelisi õpetlasi, kes teenisid teadust ausalt. Isegi kuulutades end kullasaamise-saladuse omanikuks, alkeemikud mitte alati ei valetanud. Vahel õnnestus neil tõesti saada kullaterakesi: katseil seatinaga, antimoniga ja arseeniga. Kuid hiljem selgus alati, et nad olid töötanud ebapuhtate lähteainetega, milles leidus algusest peale lisandina kulda.

Ning vähehaaval, alguses aralt, hiljem julgemini, hakkas endale teed rajama mõte, et alkeemikute ebaõnnestumised pole juhuslikud. Nad peituvad juba nende teaduse aluses eneses, selle peamises teoorias. See teooria lahutas ainete omadused aineist endist, pidades aineid omadustest koosnevaiks. Selle teooria järgi ei olnud tuli mitte aine põlemise tagajärg, vaid vastupidi, aine põlevus oli selle tagajärjeks, et tema koostisse kuulus element tuli. Alkeemikute teooria libises mööda nähtuste pealispinda, pidades nähtuvat põhiliseks, tahtis sisemuse ümber teha välimuse muutmise teel.

Aja jooksul selgus see paljudele. Väljapääs oli selge: vajati uut teooriat. Vajaduse uue teooria järgi dikteeris elu ise. Majandusliku seisaku ajajärk lähenes aeglaselt, kuid kindlalt lõpule. Linnades arenes käsitööstus. Kasvas kaubandus. Suured maadeavastajad rajasid uusi teid maismaal ja ookeanidel. Vene reisija Nikitin tegi tuntud reisi „imedemaale“ — Indiasse. Vasco da Gama, Christoph Kolumbus ja teised meresõitjad avastasid uusi, senitundmatuid maid. Majanduse elavnemine andis tõuke teaduse arengule. Järg jõudis ka keemiani. Tema ees kerkisid konkreetseid, praktilised ülesanded. Ning alles siis selgus, kui väike on alkeemikute sajandite vältel kogutud teaduslik pagas.

Avastuste kalmistu.

Loomulikult avastasid üksikud alkeemikud, pidades jahti igavesti käest libisevale tarkade kivile, mõnigi kord uusi fakte. Kuid enamik neist jäi järeltulijaile tundmatuks. Alkeemikuile hindamatuid varandusi töötavate katsete eriline iseloom sundis neid töötama salaja. Nad kirjutasid saavutatud tulemused üles uduste allegooriate näol.

„Et valmistada tarkade eliksiiri, mida nimetatakse filosoofiliseks kiviks, võta, mu poeg, filosoofide merkuuriumi ja põleta, kuni ta muutub roheliseks lõviks. Pärast seda põleta tugevamini, ning ta muutub punaseks lõviks. Keeda punast lõvi liivavannis hapus viinamarjapiirituses, auruta saadust, ning merkuurium muutub kummivaigutaoliseks aineks, mida saab noaga lõigata. Pane see üleni saviga sissemääritud retorti ning destilleeri aeglaselt tulel. Sa saad maitsetu vedeliku, piirituse ja punased tilgad. Kinnaveri varjud katavad retordi oma tumeda vaibaga, ja sa leiad tema sisemuses tõelise draakoni, sest ta õgib oma saba. Võta see must draakon, hõõru kivil pulbriks ja puuduta teda hõõguva sõega. Ta hakkab põlema ning, omandades samal hetkel suurepärase sidrunivärvingu, tekitab uuesti rohelise lõvi. Tee nii, et ta õgiks uuesti ära oma saba ja destilleeri saadust. Lõpuks, mu poeg, puhasta hoolikalt, ning sa näed söövitava vedeliku ja inimvere ilmumist. See ongi eliksiir. . .“

Ainult kõige kogenumad lugejad võisid aimata, et merkuurium on siin seatina, roheline lõvi tinahapend, punane lõvi tinamenning, hapu viinamarjapiiritus — äädikhape, must draakon — seatinapulber söetaolise ainega, ning et jutt on ainult äädikhapu seatina saamisest ja töötlemisest, millest moodustuvad värvilised kõrbenud orgaanilised saadused, mis on võimelised taandama kulda tema soolade lahuseist („muutma sooli kullaks“).

Kuid juba täiesti võimatu on mõista niisuguse allegooria mõtet: „Võta poeg, piina teda, et teda ei hukutaks uhkus. Seejärel pane ta jälle asemele. Ning kui ta ärkab, võta ta uuesti, et panna paljana külma vette. Tõsta jälle asemele, ning kui ta ärkab, võta uuesti ja anna ta ristilöömiseks. Nii lüüakse päike risti, kuud pole näha; templi eesriie rebeneb, ning tuleb suur maavärisemine. Siis on aeg võtta tarvitusele suur tuli. Tõuseb vaim, mille suhtes paljud on lasknud end petta.“

Nagu nähtub, hoolitsesid alkeemikud kõige rohkem selle eest, et kõrvalised isikud ei saaks tungida nende teaduse saladustesse. Nad saavutasid oma eesmärgi täielikult: rõhuv enamik nende teoseist kujutab endast kalmistut, kuhu on igaveseks maetud paljude sajandite kestel tehtud tööde tulemused.

Lõpptulemusena, kui mitte arvestada üksikuid fakte ainete kohta, mida alkeemikuil ei õnnestunud „asjasse-pühendamata“ eest varjata ning mis seetõttu läksid keemiateaduse arhiivi,

jättis alkeemia pärandiks ainult suurepäraselt väljatöötatud meetodid ainete eraldamiseks ja puhastamiseks: destillatsiooni, sublimatsiooni ja kristallisatsiooni ning mõned muud meetodid. Seda oli aga liiga vähe, et tulla toime küsimustega, mida areneva ühiskonna vajadused teadusele üha sagedamini esitasid.

Teine peatükk.

Tuli ja keemia.

Arstiteadusliku keemia sajand.

Paremini kui keegi teine mõistis teaduse ees seisvaid uusi ülesandeid šveitslane Theophrastus Paracelsus. Olles hariduselt arst ning lapsepõlves tutvunud Šveitsi mägedes metallitööstusega, rännanud läbi kõik Euroopa maad, oskas ta hinnata ühiskonna tarvidusi. Linnade kui areneva tööstuse keskuste kasv tõi kaasa linnaelanike arvu suurenemise. Elanikkonna kuhjumine, ebatervishoidlikud tingimused ja arstiteaduse madal tase soodustasid laastavaid epideemiaid. Võitlus haiguste vastu sai teaduse edasilükkamatuks ülesandeks.

See kõik valmistas ette tingimusi pöörde tekkimiseks keemias. Alkeemikute probleemi — filosoofilise kivi otsingu vähese väärtusega metallide kullaks muutmise eesmärgil — kuulutas Paracelsus võimatuks ja sihituks. Keemia tõeliseks ülesandeks oli tema arvates ravimite valmistamine, arstiteaduse teenimine.

Oma arstiteaduslike loengute algust Baselis tähistas Paracelsus 5. juunil 1527. aastal vana-aja kuulsate arstide teoste piduliku põletamisega. Ta tegi teatavaks, et oma raamatuid ei koostanud ta antiikaja autoriteetidelt laenatud väljavõtetest, vaid kirjutas nad ise katse, selle suurima õpetaja kaasabil.

Erakordse teravusega tungis ta kallale vana teaduse pooldajatele. „Te kujutlete,“ hüüdis ta, „et teate kõike, samal ajal, kus te tegelikult midagi ei tea; te kirjutate välja arstirohtusid, kuid ei tunne nende valmistamist! Ainuüksi keemia võib lahendada füsioloogia, patoloogia ja terapeutika probleeme; ilma keemiata ekslete te pimeduses.“

Keemia ja arstiteaduse lähenemine kaotas kuristiku keemiateaduse ja inimühiskonna praktilise tegevuse vahel, mis ainu-

kesena on võimeline teadust viljastama, teda elavaks ja täisvereliseks muutma.

Arstirohtude valmistamine äratas arstide ja farmatseutide, oma-aja kõige haritumate inimeste huvi keemia vastu. Alkeemikute salajastest laboratooriumidest apteekidesse üle kolides kaotas keemia korraga oma salapärasuse. Juba töö iseloom arstirohtude valmistamisel ei lubanud salajas hoidmist, sest üht ja sedasama arstirohtu tuli kõigis apteekides valmistada ühteviisi. See aga tõi loomulikult kaasa laialdase kogemuste vahetamise ja uute avastuste kiirema avaldamise.

Soovides võimalikult teravamini rõhutada eemaldumist alkeemikute peamisest probleemist — katseist kulda valmistada, vältis Paracelsus hoolikalt isegi sõna „alkeemia“. Ta asendas selle sõnaga „iatrokeemia“, mis tähendab „arstiteaduslik keemia“ („iatrós“ on kreeka keeles arst). Samal ajal tähistas ta keemiat sageli sõnaga „spagiirika“ ehk „spagiiriline kunst“, tuletades selle väljendi kreeka sõnadest „spao“ — „lahutan“, ja „ageiro“ — „ühendan“. Ta tahtis sellega ütelda, et keemia ülesandeks on ainete lahutamine koostisosadeks ja nende ühendamine uuteks aineteks (tänapäeva teaduse keeles — analüüs ja süntees).

Oma tööd tegi Paracelsus alati arvukate õpilaste ja abiliste juuresolekul, kes ei omandanud mitte üksnes tema meisterlikkuse, vaid õppisid ka kriitiliselt suhtuma vana-aja autoriteetide arvamustesse. See eraldas neid selgepiirdeliselt alkeemikuid, kes võtsid Aristoteelse ja tema tõlgendajate sõnu ümberlõkkamatu tõena.

Kuid olles hüljanud alkeemia eesmärgid, ei suutnud Paracelsus ja tema järglased tühistada selle teaduse teoreetilisi aluseid. Lahendades täiesti erinevaid praktilisi ülesandeid, järgisid iatrokeemikud teooria valdkonnas endiselt alkeemikute õpetust elavhõbedast, väävlist ja soolast kui kõikide kehade koostiselementidest.

Teooria sünnib üksikute faktide üldistamise, nende sisemise seose avastamise protsessis. Üldistamiseks on vaja omada vastavat materjali. Kuid teadmised, mis iatrokeemia alkeemialt päris, olid liiga piiratud selleks, et saada uue teooria aluseks. Ning olles küll alkeemiaga oma suuna ja ülesannete tõttu vaenuljal, jäi iatrokeemia teoreetilises suhtes oma põhiolemuselt endiselt alkeemiaks. Kuid see oli alkeemia viimane peatükk.

Iatrokeemia ajalooline ülesanne seisnes materjali ettevalmis-

tamises, mille alusel võis sündida keemiateaduse uus teooria. Inimkonna praktilises tegevuses tekkivate tarviduste poolt tagant piitsutatuna mängis iatrokeemia oma osa edukalt lõpuni. Teadus ainetest rikastus tema saja-aastase olemasolu kestel suurema hulga faktidega kui tuhandeaastasel vana alkeemia perioodil. Need faktid valmistasid ette pinda keemia lõplikuks vabanemiseks talle kitsaks jäänud alkeemilistest mähkmetest.

Uue keemia elemendid.

1661. aastal ilmus trükist inglise õpetlase Robert Boyle'i raamat „Keemik-skeptik ehk arutus eksperimentidest, mida tavaliselt esitatakse nelja elemendi ja kolme keemilise alge liit-aineis olemasolu tõestusena“. Boyle astus siin ebatavalise teravusega välja alkeemikute ja nende antiiksete õpetajate teoreetiliste kujutluste vastu.

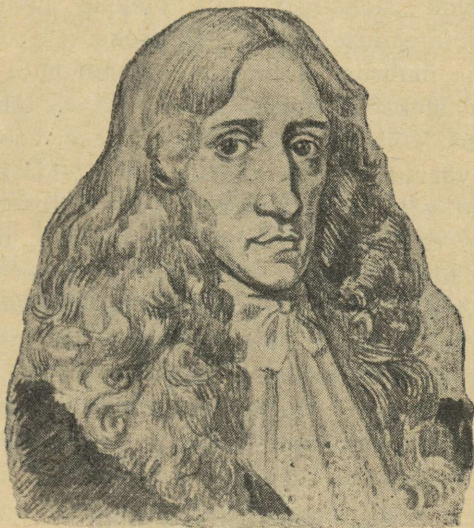
„Ma olen harjunud arvamusi vaatlema nagu münte,“ kirjutas ta. „Kui minu kätte satub münt, pööran ma temal leiduvale peal-kirjale palju vähem tähelepanu kui metallile, millest ta on tehtud. Mulle on täiesti ükskõik, kas ta on münditud palju aastaid või sajandeid tagasi, või lahkus ta rahapajast, alles eile... Kui ma leian, et see on valeraha, siis ei sunni mind teda vastu võtma ei monarhi kujutis ega allkiri, ei tema vanus, ega käte arv, kust ta läbi on käinud. Minu enda korraldatud ainsa katse eitaval tulemusel on minu jaoks palju suurem tähtsus kui kõigil neil petlikel asjaoludel, mida ma äsja mainisin, kuigi nad kõik tõendaksid, et see ei ole valeraha“.

Valerahade hulka paigutas Boyle esimeses järjekorras õpetuse elementidest-omadustest, see on Aristoteelse neljast ja alkeemikute kolmest elemendist.

Alkeemikute arvates on kuld sellepärast kuld, et tal on kollane värvus ja suur erikaal. Tegelikult on kõik vastupidi. Kuld on, just seetõttu värvuselt kollane, et ta on kuld, mitte aga tina, raud või mõni muu aine. Mitte omadused ei moodusta kehi, vaid kehadel on omadused. Ei ole ega võigi olla iseseisvaid omadusi ilma aineta, millel need omadused on. Seepärast ei saagi omadused olla elementideks, tähendab, kehade lihtsamateks koostisosadeks. Tõelised elemendid on ained ise neile ise-loomulike omadustega, ja nimelt just lihtained, mis ei koosne

enam teistest, veelgi lihtsamaist aineist. Kuld, hõbe, inglistina on lihtained, elemendid. Just sellepärast ei olegi neilt võimalik ühtegi omadust ära võtta, ei värvust, erikaalu ega muud, niisamuti nagu pole võimalik neile ühtegi omadust lisada. Just selle tõttu ei õnnestunud ühelgi alkeemikul ainet teiseks muuta.

Liitainetega on hoopis teisiti. Neid saab lagundada elementi-



Robert Boyle.

deks, millest nad koosnevad. Punane värv kinnaver on liitaine. Ta koosneb elavhõbedast ja väävlist. Nendeks aineteks saabki teda lagundada. Kuid elavhõbedat ja väävli on võimatu lagundada veelgi lihtsamaiks aineiks. Nad ise ongi kõige lihtsamad ained, nad on elemendid.

Mõttetu on ennustada olemasolevate elementide arvu. Ei või teada, kuipalju neid looduses leidub, kas kolm, neli, seitse või enam. „On väga usutav,“ kõneles Boyle, „et üks liitaine sisaldab kaht erinevat elementi, teine — kolme, kolmas — nelja jne On olemas palju aineid, milledest igaüks koosneb erinevast arvust elementidest ning üks ühend võib sisaldada hoopis muid elemente kui teine, samuti kui ühed sõnad koosnevad hoopis teistest tähtedest kui teised.“

Olemasolevate elementide arvu võib kindlaks määrata ainult katselise uurimise teel. Ja kui katse näitab, et mõnda ainet ei

õnnestu mitte mingites tingimustes lihtsamateks koostisosadeks lahutada, siis, tähendab, on tegemist elemendiga.

Hävitades kujutluse elementidest-omadustest, valmistas Boyle ette tingimused uue keemia ülesehitamiseks.

Formuleerides kujutluse elementidest-ainetest, rajas ta selle ehitise alusmüüri.

Jäid veel leida „sideained“, mis oleksid lubanud üksikud faktid liita keemiateaduse ühtseks ehitiseks.

Mis teeb siis ümbritseva maailma loendamatu hulga aineid omavahel sugulasteks? Igatahes mitte värvus, lõhn ega teised välised tunnused. Võib leida kümneid sarnase, veel rohkem aga täiesti erineva värvusega aineid. Pole raske leida aineid, mis on lähedased lõhna või maitse poolest. Kuid millise omaduse me ka võtame, kas erikaalu, kõvaduse, lenduvuse, mürgisuse või ükskõik millise muu omaduse, ialgi ei ole see eranditult kõigil aineil ühine. Ning keemiku silmis teeb kõik ained sugulaseks üksnes nende võime keemiliste reaktsioonide puhul muutuda. Seepärast võis keemiateaduse tsementeerivaks ideeks saada ainult vastus küsimusele ainete vastastikusel keemilisel toimel tekkivate muutuste olemusest.

Suur hävitaja ja looja.

Tähtsaimaks ning keemikuile kuni XVIII sajandi lõpuni ainsaks tegelikult kättesaadavaks toimevahendiks aineisse oli tuli.

Juba väga kauges minevikus tõmbas tuli endale inimeste tähelepanu. Ta põhjustas raskeid kannatusi, kui teda ettevaatamatult puudutati. See-eest pakkus ta aga kindlat kaitset röövloomade vastu, sest kõik metsloomad kardavad läheneda leegitsevale tulelõkkele. Tuli õgis ahnelt kõike, mis temasse heideti. Aga ta tegi mõrud puuviljad ja vintsked juured ning liha söödavaks. Omapead jäetuna tegi tuli kohutavat hävitustööd. Ta muutis puuehitised tuhaks, sulatas kõvad kivid ning muutis lõikavad metallid mullakarva tagiks. Kuid tuli oli ka see, kes need metallid maakidest välja sulatas, ja kes valgete lubjakivitükkide ning tuhmide soodakristallidega segatud kollase jõeliiva klaasiks muutis, läbipaistvaks nagu puhas allikavesi.

Ka enne tule avastamist tundsid inimesed looduse purustavaid jõudusid. Neile oli tuttav torm, mis kisub juurtega välja

saja-aastasi puid. Nad tundsid veevooge, mis möllasid pärast vihma, uhtudes puruks kaldaid ning kandes minema kalapüügiks ehitatud tammi.

Kuid tormi murtud puu jääb puuks. Jõevooluga laiali uhtud muld jääb mullaks. Tuul ja vesi teevad sedasama, mida ka inimene ise oma kätega võib teha.

Tuli mitte ainult ei hävita esemeid. Ta muudab aine loomust. Põlenud puu tuhk ei ole enam puu. Punane vask ei sarnane üldse musta pulbriga, milleks tuli ta muudab. Kuipalju inimene ka ei töötaks, ikkagi pole ta tule abita võimeline liiva läbipaistvaks klaasiks muutma.

Saades tule isandaks, muutis inimene ta hirmsast hävitavast jõust suureks loovaks jõuks. Tule taltsutatud ja kodustatud ürgjõud suurendas mõõtmatult inimese võimsust võitluses loodusega. Tuli võimaldas teostada paljusid kasulikke ainetemuutusi. Paaegu kõik keemikute töövõtted olid nii või teisiti seoses tule toimega. Põletamine, kuumutamine, keetmine, destilleerimine, sublimeerimine, väljaurutamine ja sulatamine kui keemiku tähtsaimad töömeetodid põhinesid tule kasutamisel. Seletada tema osa neis protsessides tähendas seostada kogu tol ajal tuntud keemiliste muutuste mitmekesisus ühtse seletusega.

„Peened materiad“.

Boyle'i ajal loebus teadus seisukohast, nagu oleksid omadused kehade koostisosad. Kui ained aga ei moodustu omaduste, nagu raskuse, põlevuse, maitse jne. ühinemisel, mis teeb neid siis raskeks ja põlevaks, mis annab neile kindla värvuse, maitse ja lõhna? Miks on raud raske metall ja mikس tal on magnetilised omadused, kui raskus ja magnetilisus ei kuulu raua koostisse?

Sellepärast, vastas XVII sajandi teadus, et raua kõige peenemaid poore täidavad erilised kõige peenemad materiad — raskusmaterie ja magnetiline materie. Nende eriliste ülipeente materiate leidumine rauas annabki rauale tema omadused. Täpselt samuti on mitmesugustel ainetel ka teised omadused selle tõttu, et neisse tungivad peened materiad, nende omaduste kandjad. Keha muutub soojaks temasse „soojust-teki-

tava mateeria" kogunemise tõttu, elastseks aga muutub ta „elastsusmateriasist“...

Püüe teada saada, mida need „materiad“ enestest kujutavad, oleks asjatu olnud. Seda ei teadnud keegi. Õpetlased rääkisid, et neid „materiasid“ polevat võimalik ei näha, ei kompida, ei kuulda ega mõnesse anumasse püüda. Nad tungivat läbi ükskõik millise seina, olles täiesti tabamatud...

Oma ajastu lapsena võttis Boyle idee „peentest materiasest“ täielikult omaks. Püüdes mõista keemiliste nähtuste olemust, tõi Boyle teadusse mõiste ühest sellisest „materiasist“, mille osa keemilistes protsessides on eriti suur. 1673. aastal kuumutas ta metalle õhukindlalt suletud anumasse. „Pärast kahetunnist kuumutamist,“ kirjutas Boyle, „avati retordi kokkusulatatud ots, kusjuures temasse tungis kahinal välisõhk. Meie vaatluse järgi lisandus sel operatsioonil kaalule 8 graani.“¹ Mis võis suurendada metalli kaalu? Klaasanumas asetses puhas metall, ilma igasuguste kõrvaliste lisanditeta, ning sellest hoolimata käis metalli muutumiselega alati kaasas kaalu suurenemine. Ning Boyle tuli järeldusele, et põletamisel tungib läbi klaasseinte anumasse eriti liikuv, ülipeenike „tulematerias“ ning suurendab metallile lisandudes tema kaalu. Nii näis, nagu oleks ühele tule toimega seotud probleemidest leitud lahendus.

Flogiston.

Õpetust tulemateriasist kui erilisest ainest kasutati kehade põlevuse ja põlematuse põhjuse seletamiseks.

Millest kõnelevad meile tavalised, igapäevased põlevate ainete vaatlused? Eelkõige sellest, et iga põlemisega käib kaasas põleva aine lagunemine, millegi tema koosseisu kuuluva kadumine. Kas ei näi, et leegis kaob suurem osa põlevast puust? Kas säilib miski nähtav või kombitav pärast õli ärapõlemist? Ning kas pole näitlik, et graniidikild, millest isegi kõige tugevamas tules miski ei kao, ei põle?

See kõik viis mõttele, et põleda võivad ainult liitained, mis tuel lagunevad koostisosadeks. Kuid mis ei või laguneda, sel puudub ka põlemisvõime.

¹ Graan — apteegimõõt, võrdub $\frac{1}{20}$ skruupliga = 0,062 grammi. (Toimet.)

Aga kas oleneb keha põlevus võrdselt kõigist koostisosadest, milleks keha põledes laguneb? Ilmselt mitte. Näiteks pole tuhal kindlasti seda omadust. See-eest on peale ainete põlematute koostisosade olemas eriline põlevusomaduse-kandja, peen „põlevusmaterია“, mille leidumine kehas annab neile omaduse süttida ja põleda.

Uus peen materია sai nimetuse flogiston („phlogizon“ kreeka keeles tähendab „põlev“). Flogistoni peeti elemendiks, mis kuulub kõikide põlevate ainete koostisse, põlemisprotsessi aga vaadeldi kui nende kehade lagunemisprotsessi flogistoniks, mis lendub, ning muldseks jäägiks — tuhaks või tagiks. Mida rohkem on kehas flogistoni, oletasid selle teooria pooldajad, seda kergemini ta süttib ja seda paremini põleb. Süsi, rasvad ja õlid põlevadki nii hästi just selle tõttu, et nad koosnevad peaaegu tervikuna flogistonist. Lihtsais metallides leidub samuti flogistoni, selles on nende muutumise põhjus põletamisel. Tõsi küll, nendes on tunduvalt vähem flogistoni kui söes või õlides, sest metallide põletamise tulemusena jääb järele palju rohkem tagi, kui söe põlemisel tuhka. Väärismetallides ei leidu aga peaaegu üldse flogistoni, sest nad muutuvad põletamisel väga vähe.

Kui Boyle tegi kindlaks, et element on lihtaine, mida ei saa lahutada mingiteks koostisosadeks, siis ei olnud ta veel võimeline selgitama, missugused teadaolevad ained on elemendid ja millised on keerukad ühendid. Näiteks maagist vase sulatamise protsessi vaadeldes ei suutnud Boyle otsustada, mis siin toimub: kas lihtaine lagunemine koostisosadeks või, vastupidi, lihtainete ühinemine lihtaineks. Samal ajal oli aga vastus sellele küsimusele väga tähtis. Sellest oleneb, kas paigutada vask elementide või lihtainete hulka.

Omamoodi ületas flogistoniteooria raskuse, millega kohtus Boyle. Põletamisel vask muutub, ta on teatud määral põlev; tähendab, tema koostisse kuulub flogiston, mis lendubki põletamisel, jättes järele musta tagi. Järelikult, kinnitasid flogistikud, on vask lihtaine, vasetagi aga on element, sest ta pole edasisel põletamisel võimeline lagunema.

Praegu teame hästi, et tegelikult on lugu just vastupidi: vask on element ning tagi on lihtaine. Kuid selleks, et teadus sai jõuda keemiliste protsesside õige seletamiseni, kulub rohkem kui sada aastat. Flogistoniteooria näis aga oma arvukaile

pooldajaile vaieldamatuna, sest ta andis kõigile XVII—XVIII sajandi keemikute küsimustele kooskõlastatud vastused, mis üksteisele vastu ei rääkinud.

Kui metallid on tagide ja flogistoni ühendid, seega liitained, siis saab mõistetavaks, miks tagi või maagi kuumutamine niisuguste ainetega, nagu süsi, taastab metalli. Süsi on ju väga rikas temast kergesti eralduva flogistoni poolest. Kuumutamisel söelt tagile või maagile üle kandudes ühineb flogiston viimasega ning muudab aine metalliks. Nii lihtsalt ja näiliselt loomulikult seletas flogistoniteooria metallide maakidest väljasulatamise protsessi olemust.

Nõnda oli see „pahupidi pööratud teooria“ teadusele teataval kindlal ajaloolisel arenemisastmel abiks, püüdes keemilisi protsesse mõtestada ühtsest vaatepunktist. Ta isegi aitas tähtsaid avastusi teha.

Vene akadeemiku avastus.

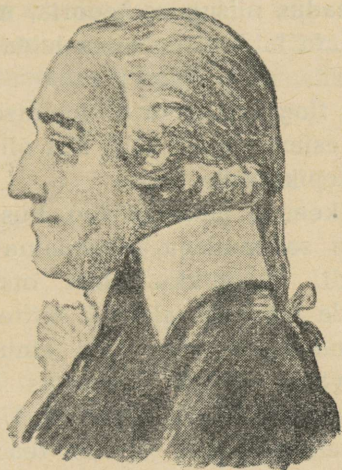
1785. aastal töötas keiserliku peaaapteegi laboratooriumis Peterburis üks XVIII sajandi väljapaistvaid õpetlasi, akadeemik Tovi Jegorovitš Lovits. Tal oli ülesandeks leida puhastusmeetod viinakivihappe jaoks, mida tuli suurel hulgal valmistada arstiteaduslikuks otstarbeks. Hape pidi saama täiesti puhtaks, kuid tema lahuste destilleerimisel märgati peaaegu alati nende tumenemist, isegi siis, kui oli destilleeritud kõigi ettevaatusabinõudega, aeglasel tulel. „See tumenemine on mulle eriti ebameeldiv,“ kirjutas Lovits, „ning ma ei soovi midagi nii väga kui leida vahendit selle ebameeldiva nähtuse vältimiseks...“

„Viinakivihape,“ arutles Lovits, „on võimeline põlema ning sisaldab järelikult flogistoni. Kuid flogiston eraldub kehast jäägitult ainult keha täielikul ärapõlemisel. Kergel kuumutamisel aga, näiteks happe lahuse destilleerimisel, eraldub ainult flogistoni ülejääk, mis on puhta happega nõrgemini seotud.“

„Ma tulin järeldusele,“ kirjutas Lovits, „et meie vedeliku pruun värvus tuleb põlevast ainest (flogistonist), mis on tekkinud selle happe kergesti koostisosadeks lagunemise tagajärjel... ning on puhta happega ainult nõrgalt seotud.“

Lovitsil tekkis mõte, et kui lisada happe lahusele mingit ainet, mis on võimeline flogistoni ahnelt absorbeerima, siis imeb see endasse kogu lahuses leiduva flogistoni ja puhastab sel vii-

sil lahuse. Flogistoni poolest üheks rikkamaks aineks peeti puusütt. Lovits teadis, et kui kuumutada sütt hermeetiliselt suletud nõus õhu juurdepääsuta, siis ta ei põle ära (see tähendab: ei anna ära oma flogistoni) kõrgeimalgi temperatuuril. „Nähtavasti“, mõtles õpetlane, „on süsi väga ahne flogistoni suhtes. Aga kui see nii on,“ otsustas ta, „siis võiks süsi olla suuteline



Tovi Jegorovitš Lovits.

enesega siduma veelgi suuremaid hulki põlevainet (flogistoni), millega tal tuleks kokku puutuda.”

Jäi ainult kontrollida oletust katse abil. Lovits lisis viinakivihappe pruunile lahusele värsket puusütt ja kuumutas kogu segu. Tema silmade ees toimus lahuse selginemine: süsi absorbeeris tõesti kogu soga. Eraldades söe puhtast lahusest, lõpetas Lovits destilleerimise ja sai ilusad puhtad viinakivihappekristallid.

Praegu paistab meile, et kogu nende arutluste käik on veider ning kohmakas, ja et flogistoniteooria ei peegelda keemilisi nähtusi; sellest hoolimata tegi Lovits sellest teooriast lähtudes väga tähtsa avastuse. On selge, et sellised juhud tugevdasid veelgi veendumust flogistoniteooria õigsuses. Tõepoolest — ta andis võimaluse arutada, kõrvutada teadaolevaid fakte, ennustada uusi, innustas uurijaid uute teede otsinguil teaduses. Selles seisnes tema positiivne tähtsus oma aja jaoks.

Lovitsi poolt palju aastaid hiljem avastatud poorsete, puusöega sarnanevate kehade omadus absorbeerida mitmesuguseid aineid sai gaasikaitsetehnika aluseks.

Flogistonikeemia sajand.

Flogistoniteooria etendas keemia arengus suurt osa. Esmakordselt sai see teadus niisuguse teooria, mis lubas ennustada uusi, veel avastamata fakte ning aitas leida teid nende avastamiseks.

Oma arengus flogistoniteooria loomiseni jõudes, tõusis keemia hiigeltrepi esimesele astmele. Siit oli hea tagasi vaadata läbikäidud sajanditepikkusele teele.

Seljataha jäi alkeemia määratu soo, kus „filosoofilise kivi“ otsijad ebakindlate sammudega, pimedaina ekslesid üle viieteistkümne sajandi. Enamikku neist otsijaist ei juhtinud mitte püüd avastada looduse saladusi, mitte soov anda leitud saladused inimkonna teenistusse, vaid ainult isikliku rikastumise iha. Ainult vähestel neist õnnestus laukalisest ahnuse-rabast välja tuua uute avastuste terakesi. Ulejäänud aga takerdusid lootusetult sellesse sohu, jätmata teadusele oma nimesid või oma avastusi.

Kuid üksikute alkeemikute poolt sohu tallatud vaevaltmärgatav rada ei kadunud. Ta ühines arstiteadusliku keemia poolt julgesti rajatud teega. Ule saja aasta rajati seda teed, muudeti teda üha sirgemaks ja laiemaks. Uha kaugemale tõmbus tagasi alkeemiline soo, ning kui keemia tee lähenes flogistoniteooria loomisele, siis ei võtnud tema ehitamisest osa mitte enam üksikud, vaid kümned ja sajad tõelised õpetlased.

See teooria ei olnud mitte lihtne samm edasi, — see oli hüpe, millega keemia ületas piiri, mis eraldas tema alkeemilist lapsepõlve küpse teaduse perioodist.

Seletades protsesse, mis olid seotud tule ja soojuse toimega ainesse, — see aga oli peaaegu kõik, mida tolleaegsed keemikud teadsid, — ühtsest vaatepunktist, vabastas flogistoniteooria teaduse lõplikult alkeemiliste traditsioonide ja eelarvamuste koormast. Just sellepärast ütles Friedrich Engels, et „keemia vabanes alkeemiast flogistoniteooria abil“.

Tervelt sada aastat valitses keemias flogistoniteooria. Tema abil rikastus teadus uute avastustega. Algul näis, nagu kinni-

taksid need avastused flogistoniõpetust. Aga vastavalt uurimistehnika täiustumisele ja tema rakendamiskiirkonna avardamisele hakkas ilmuma fakte, mis rääkisid flogistoniteooria vastu. Ent ainult vähesed pöörasid sellele tähelepanu, ning vähesed paranduste ja muudatustega pidas flogistoniteooria vastu XVIII sajandi lõpuni.

Ning ainult üks õpetlane sai ammu enne flogistoniõpetuse kõikide võimaluste ammendamist aru uue hüppe möödapääsematusest teaduse arengus ning tõusis kõiki teisi paljude aastakümnete võrra ennetades julgesti teadusliku progressi järgmisele astmele.

Saladuslike „mateeriate“ vastu.

Magister Arnoldi väitekirj.

12. oktoobril 1754. aastal pidi Erlangeni ülikoolis toimuma dissertatsioon: magister Johann Christopher Arnold kaitses väitekirja, taotledes füüsikadotsendi teaduslikku kraadi.

Erlangeni ülikooli dotsendikohta peeti kadestusväärseks, ning magister Arnold valmistus väitekirja kaitsmiseks hoolikalt. Ta tahtis tulevase kolleegi igal juhul hämmastada suure õpetatusega, näidata teaduse asjaste saavutiste tundmist, hiilata oskusega orienteeruda kõige kuulsamate teadlaste töodes.

Mida valida väitekirja teemaks?

Arnold lähenes raamatariilile ning võttis kätte kaaluka köite. „Keiserliku Sankt-Peterburi Akadeemia Uued Kommentaarid“, esimene köide. Nagu kõik tolleaegsed teaduslikud tööd, oli raamat trükitud ladina keeles. Arnold leidis kiiresti üles kahesaja kuuenda lehekülje. „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“, Peterburi Teaduste Akadeemia liikme, keemia-professor Mihhailo Lomonossovi väitekirj. Töö, mis lõi laineid õpetlaste keskel. Või veel! — vene akadeemik heitis selles täiesti kõrvale üldtunnustatud, teaduses kindlaks kujunenud vaated, naeris halastamatult välja kõik väited, mis toodi nende kaitseks, ning esitas hoo pis uue, originaalse teooria, mis sai kogu füüsika põhilise ümberehituse aluseks.

„Meie ajal omistatakse soojuse põhjust erilisele materiale, mida enamuse nimetab soojusttekitavaks,“ luges Arnold Lomonossovi väitekirja kahekümne kaheksandas paragrahvis. „...Soojuse kasvu tõusu või kahanemise tõeliseks põhjuseks peetakse tema erinevate hulkade lihtsat lisandumist või eraldumist. See arvamus on paljudes peades ajanud nii võimsaid võsu-

sid ning niivõrd kindlalt juurdunud, et teoseis füüsikast võib lugeda ülalmainitud soojust-tekitava mateeria tungimisest ainete pooridesse, nagu tõmbaks teda ligi mingi armujook; ning vastupidi — tema tormilisest väljumisest pooridest, nagu oleks teda vallanud hirm. Seepärast peame me oma kohustuseks allutada seda hüpoteesi uurimisele.“

Arnold luges tähelepanelikult läbi veel mõne paragrahvi. Pole midagi ütelda, kena „uurimise“ sooritas Lomonossov! Pärast sellist uurimust ei jäänud kõigi poolt tunnustatud teooriast kivi kivi peale. Õpetlase vääramatu loogika ja suure kirjaniku tõelise huumoriga purustas Lomonossov kõik alused, millele toetus saladusliku „soojust-tekitava mateeria“ teooria. „Me väidame,“ kirjutab ta lõpuks, „et ainete soojust ei saa omistada mingi peene, eriti selle jaoks määratud mateeria tihennemisele...“

Selgesti ja veenvalt põhjendas Lomonossov ka oma vaateid soojuse olemusele. Magister luges läbi tema väitekirja ülejäänud leheküljed. Ullatavalt lihtsalt ja selgesti seletab vene õpetlane kõiki soojusnähtusi — paisumist ja tihenemist, sulamist ja tahkumist, aurustumist ja teisi. On arusaadav, miks nii tuntud õpetlane kui Peterburi Teaduste Akadeemia liige Leonhard Euler kirjutab Lomonossovi väitekirja kohta vaimustatult, et ta „pole mitte ainult hea, vaid isegi ülihea“, et Lomonossov kirjutab küsimustest, „mis on väga vajalikud, mida seni ei teadnud ega suutnud seletada teravmeelseimadki inimesed“, ning et „tuleb soovida, et ka teised Akadeemiad oleksid võimelised tegema selliseid avastusi, nagu tegi Lomonossov“.

Johann Arnold lehitses läbi paki mitmelt maalt saadetud teaduslikke ajakirju. Jah, Lomonossovi töö ei jätnud mitte ainult Eulerisse tugeva mulje. Sellise hulga vastukajasid kutsusid esile ainult kõige väljapaistvamad avastused. Muidugi ei nõustunud mitte kõik arvustajad Lomonossoviga. Mõned neist leidsid tema „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“ olevat ebaõiged. Aga see, et peaaegu kõik ajakirjad pidasid vajalikuks avaldada oma arvamust vene akadeemiku väitekirja kohta, rääkis juba isegi teadlase ülemaailmsest kuulsusest, keda olid sunnitud arvestama niihästi sõbrad kui vaenlased.

Paremast teemast väitekirja jaoks ei võinud Arnold unistadagi. Osata orienteeruda sellises töös nagu kogu maailma füüsikute tähelepanu enesele tõmmanud suure teadlase Lomonossovi

teos, see tähendab jätta Erlangeni ülikooli professoreisse kindlasti soodsat muljet. Arnoldil jäi ainult otsustada, kas ühineda Lomonossovi vaadetega, või vastupidi, teha nad maha.

See oli raske küsimus. Ühelt poolt oli Lomonossovi teooria erakordselt veenev, ning tema arvustus „soojusttekitava mateeria“ kohta hävitav. Teiselt poolt ei olnud Arnold kuulnud, et ükski Erlangeni ülikooli professoreist oleks end kuulutanud Lomonossovi teooria pooldajaks. Kuidas võib siis astuda vaidlusse professoritega? Ei, Arnold ei või seda teha: ihaldatud dotsendikraad on siis kadunud! Peale selle oli juba nii mõndagi teada osast, mida Lomonossov Peterburi Akadeemias etendas: sõnumid tema võitlusest välismaalaste, eriti sakslaste võimutsemise vastu imbusid ka üle piiri.

Kaaludes kõiki „poolt“- ja „vastu“-väiteid, otsustas magister Arnold esineda Lomonossovi väidete ümberlukkamisega...

Teadus murrangul.

Akadeemik Mihhailo Vassiljevits Lomonossov — kuulus teadlane, kelle teose magister Arnold oli valinud oma väitekirja teemaks — oli alles kolmteist aastat enne seda, 8. juunil 1741. aastal tundmatu üliõpilasena pärast viieaastast eemalolekut Venemaale tagasi pöördunud. Peterburi Teaduste Akadeemia poolt enese täiendamiseks teaduste alal välismaale komandeerituna saavutas ta oma eesmärgi. Kogenud professorite loengud, suurimate õpetlaste teaduslike tööde lugemine, kaevanduste, šahtide, metalli- ja keemiatehaste külastamine koos väsimatu teadmishimuga ning hiiglasliku töövõimega tegid temast igaükselt haritud inimese. Lomonossov pöördus kodumaale tagasi rikastunud teaduse uusimate saavutuste põhjaliku tundmisega, tulvil jõudu ja soovi töötada, nagu ta ise kirjutas „isamaa kasuks, teaduste kasvuks ja Akadeemia auks“.

Lomonossov sai hästi aru, et „teaduse abita pole riigil võimalik saavutada ei kindlat kaitset sõja-ajal ega ehet rahuajal“, ning lähenedes eelseisvale teaduslikule tegevusele erakordse tõsidusega. Välismaalt sai ta palju kasulikku, ainult üht ei toonud ta kodumaale kaasa — orjameelsust välismaiste „autoriteetide“ ees, pimedat kummardamist välismaise ees. Ulimal määral kriitiliselt hindas Lomonossov tema poolt välis-

maal omandatud teaduslikku pagasit. Ta ei jäänud mitte kõigea selles võrdselt rahule.

Suurimat rahuldust leidis Lomonossov tutvuses matemaatika ja mehaanikaga. XVIII sajandi alguseks olid mõlemad teadused jõudnud teatava täiuseni. Töökodasid ja manufaktuure varustati üha enam erialasemate tööpinkide ja masinatega. Nende ehitamine nõudis sügavat tahkete ainete mehaanika tundmist, ning vesiveskite laialdane kasutamine jõuallikatena sundis asuma vedelikkude mehaanika läbitöötamisele. Lomonossovi ajaks olid paljud mehaanikaseadused väljendatud täpsete matemaatiliste valemite abil, ning Mihhailo Vassiljevitsš ei väsinud kunagi vaimustust tundmast selle teaduse laitmatusest ja harmoonilisusest.

See-eest jätsid aga teised füüsikaharud palju soovida. Nad jäid praktilise elu vajadustest silmnähtavalt maha. Hoogsalt kasvav tööstus sundis otsima uusi vahendeid üha keerulisemate tööpinkide käivitamiseks. Üksikud leidurid murdsid juba pead esimeste algeliste aurumasinate täiustamise kallal. Teadus aga oli ainete omaduste enamiku teoreetilises põhjendamises veel peaaegu täiesti abitu.

Nii nagu saja aasta eestki, sisaldasid teaduslikud tööd ka nüüd rohkesti märkusi saladuslikest, tabamatuist, kompimatuist „mateeriaist“: raskusmaterias, elastsusmaterias, soojusttekitavast, magnetilisest, elektrilisest ja valgusematerias... Õpetlased kutsusid neid „mateeriaid“ endiselt abiks, kui tuli seletada kehade tähtsaimate omaduste põhjuseid.

Need seletused ei veennud Lomonossovit. Miks arvutavad maamõõtjad maatükkide ja isegi tervete maade pindalasi, ilma et nad vajaksid mingeid saladuslike mateeriaid? Miks määravad astronoomid kindlaks tähtede, planeetide ja komeetide ilmumise tähtaegu ilma igasuguste saladuslike jõudude kaasabitaga? Miks teevad mehaanikud vesiratta mõõdete ja vesiveski tammi kõrguse arvestusi ilma midagi saladuslikku ja arusaamatut appi kutsumata? Aga miks füüsikud ilma sellela läbi ei saa? Ei ole ju tegelikult mingit erinevust selle vahel, kas öelda otsestelt: „Ma ei tea, mis on soojus“, või öelda: „Ma tean, et soojus on soojusttekitav mateeria, aga mis on soojusttekitav mateeria, seda ma ei tea“.

Lomonossov teadis, et „kõike läbivate mateeriate“ teooriad olid loodud omal ajal suurimate õpetlaste poolt ega seletanud

neile tuntud fakte mitte halvasti. Need teooriad olid vajalikuks etapiks teaduse arengul. Ent olles näidanud tee uutele avastustele, ei saanud nad aja möödumisel avastatavate faktide seletamisega enam hakkama ning muutusid teadusliku progressi piduriks.

Veelgi vähem rahuldas Lomonosovit keemia. „Peen mateeria“ — flogiston — oli siin ainuvalitsejaks. Mingisugusest matemaatika kasutamisest keemias ei olnud juttugi, isegi mõte sellest oleks tundunud Lomonosovi kaasaegsetele metsikuna.

Samal ajal aga ootas kasvav tööstus — metallurgia, püssirohu-, värvi-, seebitööstus ja teised tööstusharud — just füüsikalt ja keemialt „abi“, nagu rääkis Lomonosov. Elu nõudis võimukalt füüsika ja keemia kiirendatud arengut, nende muutumist samasugusteks täppisteadusteks nagu mehaanika. Selleks aga tuli füüsika- ja keemiateaduse teoreetilisi aluseid põhjalikult revideerida ning kuulutada otsustavalt sõda vananenud vaateile.

Oli vaja geniaalset mõistust, mis oluks võimeline ümber kujundama füüsika ja keemia alusmüüri, puhastama neid teadusi kõigist keskaja ladestusist ning tegema nad niisama täiuslikeks ja täpseiks, nagu matemaatika ja mehaanika.

Õpetlane, kes selle grandioosse ajaloolise ülesande täitis, oli vene rahva suur poeg Mihhailo Vassiljevitš Lomonossov.

Kehade siseehitus.

„Me peame liigseks kutsuda õhu elastsuse põhjuste otsingul appi seda omapärast rändavat vedelikku, mida väga paljud peente mateeriate poolest rikka sajandi tava kohaselt harilikult kasutavad looduslike nähtuste seletamiseks. Meid rahuldab õhu enese peenus ja liikuvus ning me otsime elastsuse põhjust tema mateerias eneses“.

Nii kirjutas Lomonossov väitekirjas „Katse luua õhu elastsusjõu teooriat“, ning neid sõnu võib kasutada kõikide tema tööde suhtes. Sest kõikjal astus ta otsustavalt välja saladuslike „peente mateeriate“ vastu ning seadis enesele sihiks „leida kehade pinnal ilmnevate nähtavate omaduste põhjuseid nende siseehitusest“, see tähendab, seletada kõik kehade omadused nende endi seismise loomusega. Selle kehade seismise loomuse mõistmise poole Lomonossov eelkõige püüdiski.

Geniaalse läbinägelikkusega otsis ta eelnevate sajandite pärandina säilinud arvukate õpetuste seast välja selle teooria alge, mis leidis temas teise isa, kõige sügavama, selgema ja järjekindlama väljendaja.

Kakskümmend neli sajandit tagasi.

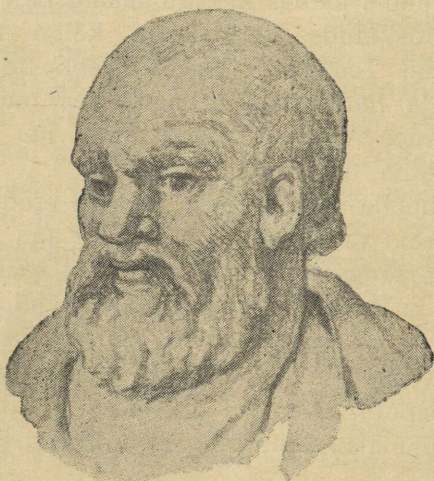
See teooria sündis umbes kakskümmend neli sajandit tagasi vaatluste ja mõtiskelude tulemusena kõige igapäevasemate loodusnähtuste üle. Tema autoriks oli kreeka filosoof Demokritos, üks oma aja haritumaid inimesi, kes püüdis väsimatult tungida aine ehituse varjatud saladustesse. Iga samm, iga tegu viis ta mõtteile aine loomusest.

Ta sammus mööda rohelist aasa ja nägi eredaid lilli, mahla- kaid lehti, vintskeid varsi, nendega kõrvuti aga kuivanud, pool- kõdunenud taimejäänuseid. Tema jalge eest tõusid lendu rohus peitunud linnud ja lipsasid läbi kartlikud stepiloomakesed. Aga siitsamast leidis ta ka samasuguste lindude ja loomakeste — mõne röövlooma ohvrite — pehkinud jäänuseid. Kõikjal leidis filosoofi tähelepanelik silm elu ja surma, sündi ja hääbumist, tekkimist ja lagunemist. Ning hulgana kerkisid ta peas piinavad küsimused.

Mis on tekkimine, areng, kasv? Ning mis toimub lagunemise, hääbumise, surma puhul? Kust tulevad ained, millest koosnevad taimed, loomad, huumus, muld ning kõik muu maailmas? Ja kuhu nad jäävad, kui nad mädanevad, lagunevad, seeduvad looma kõhus? Kas nad tekivad eimillestki ja kaovad jäljetult? Või muutuvad ühed ained teisteks: taimed ja loomad huumuseks, huumus — mullaks, muld aga — uuteks taimedeks ja loomadeks? Kuidas lepitada kõikide esemete ja nähtuste suurimat muutuvust, mida märkame kõikjal, igal sammul, suurima pidevusega, millega loodus kõik nähtused ja esemed uuesti loob?

Möödudes järsust mäejalast, vaatles Demokritos huviga allpool asetsevaid, ülemiste kivimikihtide hirmuäratava raskuse all kokkusurutud kivirahne. Ning jälle puuris mõte aine loomusest tema aju. Miks on see rahn kokkusurutav? Kas me silmad petavad meid, öeldes, et ta on ühtlane? Kas leiduvad näiliselt ühtlastes kehaes vabad, tühjad vahed, mis võimaldavad neid kokku suruda?

Demokritos seisatas merekaldal ja vaatles kaua läbipaistvas merevees vallatlevate kalakeste parve. Nähes, millise kergusega kalakesed läbivad veemassi, tuli ta jälle tagasi mõtte juurde aine ühtlasest ja katkendlikust ehitusest. Kuidas saaks kala vees liikuda, kui vesi oleks tõesti ühtlane? Demokritos heitis pilgu oma jalgadele, mis olid keha raskuse mõjul vajunud kaldaäärsesse liiva. Võib-olla pole vesi ühtlane, vaid koosneb, nagu



Demokritos.

liivgi, arvutust hulgast üksikuist osakestest, mis on nii väikesed, et neid on võimatu näha? Siis on kerge kujutleda, kuidas kalakesed vees liikudes tõukavad laiali neid osakesi, mis nihkuvad nende ees laiali nagu liivaterad, mis nihkuvad laiali jalgade raskuse all.

Demokritos tundis huulil temani lennanud mereveepiiskade kibesoolast maitset ning esitas endale jälle küsimusi. Mis juhtub soolaga, kui ta vees lahustub? Sool ei kao, ta on vees ning jääb tervikuna järele, kui vesi päikese käes ära kuivab. Me võime tunda vees lahustatud soola maitset. Kuid hoolimata kõigist püüdeist ei näe me tema osakesi. Mis toimub kõvade kuubliste soolakristallidega, kui nad vette sattuvad? Mis toimub soolaga, kui vesi ära kuivab, ning mis sünnib veega kuivamisel?

Demokritose rahutu, uuriv mõistus ei leidnud rahu ka lõunas-

tamise ajal. Lõigates lahti liha, mõtles ta: mis saab siis, kui jätkata lihatüki lõikamist üha väiksemateks ja väiksemateks osadeks? Kas saab tükki jagada lõpmatuseni või on aine jagatavusel mingi piir? Kas me jõuame lõpuks osadeni, mis on nii väikesed ja lihtsad, et neid enam mingil kombel väiksemaiks ja lihtsamaiks ei saa jagada?

Kõige igapäevasemad ja tavalisemad nähtused osutasid tähelepanelikul vaatlemisel keerulisteks ja kutsusid esile üha uusi küsimusi.

On võimatu kujutleda, et neile ei leidu lihtsat vastust, ja seejuures ainult üht vastust. Sest kas võib uskuda, et looduses on iga üksiku asja ja iga üksiku nähtuse jaoks olemas eri seadused?

Demokritos heitis sellise võimaluse otsustavalt kõrvale. Looduses kehtib kõikjal range kord. Kõik loodusnähtused on hästi kooskõlastatud ja sõltuvad vastastikku üksteisest. Kas see ei kõnele selgesti looduseaduste ühtsusest?

Keev vesi ei muundu juhuslikult auruks ning jahutatud aur veeks. Ilmselt on aurul ja veel midagi ühist.

Ei ole juhuslik, et sool vees lahustudes muutub veest eraldamatuks. Nähtavasti on soolal ja veel midagi ühist.

Ei ole juhuslik, et taimed kasvavad paremini seal, kus muld sisaldab rohkem huumust. Ilmselt on ka huumusel ja taimedel midagi ühist.

Ei ole juhuslik, et välisjõud võivad kokku suruda kõiki aineid, mida need enesest ka ei kujutaks. Ilmselt on kõigil aineil midagi ühist.

Mis on siis see ühine?

Mida enam näiteid Demokritos uuris, seda selgemaks sai talle, et kõigile esemeile ühine ja erinev ei peitu nende esemete välistes omadustes, vaid nende eneste sisemuses.

Kõik loodusnähtuste vaatlused viisid ta muutmatult järeldusele, et ainete omadusi on võimatu mõista, kui pidada aineid ühtlasteks.

„Kõik, mis maailmas oleleb,“ väitis Demokritos, „koosneb arvutust hulgast kujult erinevaist väikseimaist osakesist, mida lahutab üksteisest tühjus.

Need osakesed on nii kaduv-väikesed, et nad meie silmale on täiesti nähtamatud. Seepärast paistavadki kehad meile üht-

lastena, nagu paistab ühtlane olevat ka liivakuhi, kui vaadata seda kaugelt, kust üksikuid liivaterakesi on võimatu näha.

Need osakesed olelevad igavesti, nad ei teki ega hävi kunagi.

Need osakesed liiguvad pidevalt, kord omavahel liitudes, kord uuesti eri suundades laiali lennates.

Need tibatillukesed osakesed ei koosne enam väiksematest ega lihtsamatest osakestest, seepärast on täiesti võimatu neid veel edasi jagada.

Demokritos nimetas need oletatavad osakesed „aatomeiks“, mis tähendab kreeka keeles „tükeldamatud“, „jagamatud“.

Aatomitest koosnevuses nägi Demokritos seda ühist, mis seob ainete ja loodusnähtuste kogu mitmekesisuse harmooniliseks tervikuks.

Ainete tekkimine, hävimine ja muutumine ei olnud nüüd Demokritosele enam mõistatuseks. Ta kujutles selgesti, kuidas mulla-aatomid rändavad taimesse ning taim kujundab neist oma lehed, varred, õied; kuidas taimedest toituvad loomad, kujundades taimi süües nende aatomitest oma lihased, naha, luud; kuidas needsamad aatomid antakse omakorda üle kiskjatele, kui neil õnnestub kinni püüda ja ära süüa taimesööja. Kui aga hukkunud taimed ja loomad kõdunemisel uuesti lagunevad neid moodustanud aatomeiks, siis lähevad need aatomid tagasi mulda ja saavad rohttaimede ja lillede uutele sugupõlvetele toiduks. Aatomite ühinemisel tekib aine, nende eraldumine viib ainete lagunemiseni, hävinguni. Igaveste aatomite igavene liikumine — ühinemine, eraldumine, ümbergrupeerumine — on samal ajal nii kõikide ainete ja loodusnähtuste püsimatuse kui ka püsivuse, muutuvuse ja korduvuse põhjuseks.

Demokritosele ei paistnud nüüd vee muutumine auruks, auru muutumine veeks ja vee muutumine jääks enam imelikuna. Ta kujutles enesele selgesti hulka korraldust liikuvaid auruaatomeid, mis on lahutatud üksteisest suurte tühjade vaheruumidega. Need vahed on nii suured, et iga keha aurupilvi vabalt läbib. Demokritos kujutles, kuidas auruaatomid jahtumisel üksteisele lähenevad: tühjad vahed nende vahel muutuvad väiksemaks ning aur muutub vedelikuks. Vedelik osutab teiste kehade suhtes juba tunduvat vastupanu, ehkki vahed tema aatomite vahel on veel nii suured, et ujuv kala, paadimehe aer või ujuja keha viimased vabalt laiali nihutab. Ent kui vedeliku aatomid

lähenevad üksteisele veelgi enam, päris tihedalt, ning vedelik tahkub, muutub kõvaks kehaks, siis on juba raske sundida tema aatomeid ruumi tegema. Seepärast ongi tahkete kehade kokkurusutavus isegi väga suurte jõudude mõjul väike.

Pannes toidusse soola, kujutles Demokritos, kuidas soolaosakesed üksteisest eralduvad ning segunevad veeosakestega, kadudes nende sekka ning muutudes silmale nähtamatuiks, ja kuidas nad kogunevad uuesti kokku, liitudes jälle nähtavaiks soolakristallideks, kui veeatomid aurudes neist eemalduvad.

Demokritosel ei tekkinud enam lahendamatuid küsimusi, kui ta aeda minnes tundis õitsvate taimede lõhna juba paljude samude kauguselt. Ta teadis, et lõhnava nektari nähtamatud aatomid, aurudes puhkenud pungadelt, aetuna kergest tuulest, lendavad läbi tühjade vaheuumide õhuaatomite vahel kuni tema ninani.

Kogu loodusnähtuste suur mitmekesisus, kõik kehade omadused ja muutused said kergestimõistetavaiks, kui Demokritos nende suhtes oma õpetust rakendas.

Demokritos väljendas oma õpetuse olemuse lühidalt kuulsas lauses: „Tavaliselt kõneleme me magusast ja mõrudast, soojast ja külmast, värvusest ja lõhnast, tegelikult on aga olemas aatomid ja tühi ruum“.

Suur oletus.

Nii tekkis peaaegu kaks ja pool tuhat aastat tagasi, nüüdisaegse teaduse koidikul, ümbritseva maailma kõige tavalisemate, kõige lihtsamate faktide vaatlusest oletus aatomeist.

See ei võinud jääda tekkimata, sest ilma selleta on võimatu mõista kõiki neid igapäevaseid, lihtsaid fakte.

Kuid see oli ainult oletus. Demokritos jõudis selleni palja mõtisklemise teel, läbi mõeldes ja kõrvutades üksteisega oma vaatlusi looduse üle.

Uhegi katse abil ei püüdnud ta tõestada oma järeldusi. See ei tulnud talle meeldegi. Katsetada — see tähendas kätega töötada. Seda peeti aga muistses Kreekas millekski alamaks, kuulsale inimesele ebasüüdsaks. Kõik mustad, rasked tööd olid orjade teha. Filosoofe rahuldas täielikult see materjal, mille loodus neile ise kätte andis.

Nii jäigi Demokritose oletus paljude sajandite jooksul ainult

oletuseks, muutumata tõeliseks teaduslikuks teooriaks. Olles praktiliselt, katse teel tõestamata, oli ta ainult loodusnähtuste lihtsa seletuse, tõlgitsemise vahendiks, kuid ei võinud saada teadusliku ettenägemise, katse teel looduse tundmaõppimise, veel vähem aga ta ümberkujundamise aluseks, tööriistaks.

Oma eelkäijate vaateid ümber hinnates, vananenud, mitteõigeid teooriaid otsustavalt kõrvale heites kogus Mihhailo Vasiljevitš Lomonossov geeniuuse taiplikkusega tõeteri, mis olid hajutatud mineviku teadlaste töödes. Suur oletus aatomeist veetles teda võimalusega seletada lihtsalt ja loomulikult selliseid nähtusi, mis enne seda näisid inimestele üleloomulikena, saladuslike jumalike jõudude kaasabil toimuvaina. Lomonossov teadis, et just sel põhjusel mõistis kõikvõimas kirik õpetuse aatomeist hukka, ning 4. septembril 1626. aastal keelas Pariisi parlament selle isegi surmanuhtluse ähvardusega. Kirik ei võinud leppida, et see õpetus seletas kõik loodusnähtused ära ilma jumalike jõudude abita, nähtamatult väikeste osakeste — aatomite — lihtsa ühinemise ja eraldumisega.

Ent elu kulges edasi, ning kui algav tööstuse areng nihutas loodusteaduse surnud punktilt, siis tõmbas atomistlik teooria õpetlaste tähelepanu uuesti enesele: temata oli looduse tõeline tundmaõppimine mõeldamatu.

Lomonossovi ajaks, XVIII sajandil, oli õpetus aatomeist saanud isegi omalaadseks „moeks“. Paljud teadlased löid oma „isiklikke“ aatomiteooriaid. Nad kirjeldasid neid väiksemaid osakesi usinasti, omistades neile oma maitse kohaselt kõige mitmekesisemaid omadusi. Ühed pidasid neid keerisetaolisteks rõngasteks, teised — absoluutselt kõvadeks kuulikesteks. Ühtedel olid nad materiaalsed osakesed, teistel — kehatud, mateeriata substantsid. Neid kujutleti kas täiesti siledatena, üksteisest ainult mõõteilt erinevatena, või mõõteilt ühesugustena, kuid üksteisega ühinemiseks teravikega, konksudega ja õõnsustega varustatuina.

Autorite fantaasia leidis laia tegevusvälja ja jättis sageli varju selle väärtusliku, mis nende hüpoteesides leidis. Aga mis oli kõige halvem — kõik need hüpoteesid kohandusid suurepäraselt vanade vaadetega. Kui enne räägiti lihtsalt, et soojus on tingitud erilisest „soojusttekitavast materiasst“, valgus —

„valgusemateriasest“, elekter — „elektrilisest materiasest“, siis täiendati seda nüüd veel kirjeldusega, kuidas nende materiate kujutletavad aatomid peavad välja nägema.

Õpetus aatomeist oli alguses ainult moerõivaks, millega ehiti vanu vaateid; ta ei olnud veel tõusnud uute vaadete loomiseni. Lomonossov oli esimene teadlane, kes seda julges. Tema kätes sai õpetus aatomeist esmakordselt teadusliku uurimise tööriistaks.

Molekulide mehaanika.

Aastail 1742—1743 kirjutas Lomonossov teose, milles ta esitas oma vaated aine siseehituse kohta.

Kõigis oma teaduslikes töodes kasutas ta rangelt loogilist meetodit, mis oli tarvitusele võetud matemaatikas ja teistes täpisteadustes. Ta alustas reaalsete faktide vaatluste kirjeldamisest ning jõudis neid vaatlusi üldistades aksioomideni — ilmsete tõdedeni, mis ei vajanud tõestamist. Aksioomidele toetudes formuleeris ja tõestas ta teoreeme ning uuris läbi kõik nendest tulenevad järeldused. Neid järeldusi aga kontrollis ta seejärel katse teel. Niiviisi ei lasknud Lomonossov fantaasial end alusetute väljamõeldiste valdkonda kaasa kiskuda; faktid, millest ta arutlusi alustas, ning katsed, millega ta neid lõpetas, sidusid teda tugevasti reaalse tegelikkusega.

Nii tuletas Lomonossov teooria ainete ehitusest. Mis sünnib metallidega, kui nad happeis lahustuvad? Kuhu jäävad lendavad ained aurumisel? Mis toimub põlevate ainetega kuumas leegis? Kas nad kaovad jäljetult? „Ei,“ vastas Lomonossov, „nad jagunevad ainult nii väikesteks osakesteks, et neid on võimatu näha.“ Kas võib kahelda selles, et elusolestel, keda me näeme ainult mikroskoobis, leiduvad mingisugused kehaosad, õõned ja mahlad? Muidugi mitte; nad elavad ju, ning järelikult on neil kehaosi, õõsi ja mahlu. Ent kas on võimalik näha neid üksikuid kehaosi ja õõsi, kui kogu mikroskoopiline olend on kõige pisemast koist 27 miljonit korda väiksem?

On veel üks fakt, mis tõestab nende osakeste „hämmastavat väiksust“, millest kehad koosnevad. „Kuupliin¹ (pariisi jalg) kulda“, kirjutas Lomonossov, „kaalub umbes 3 graani, aga ühe

¹ 11,4 kuupmillimeetrit.

graani venitavad meistrid üliõhukeseks, 36 ruuttolli suuruseks lehekeseks... Kolm graani¹ ehk üks kuupliin kulda, mis on venitatud selliseks lehekeseks, võrdub ligikaudu 108 ruuttolliga ehk 15 552 ruutliiniga... Selle lehekese paksus võrdub $\frac{1}{15552}$ liiniga; siit nähtub, et ühes kuubikliinis² kullas on 3 761 479 867 608 kuubilist kullaosakest, mille külg võrdub lehekese paksusega... mis on üksteisest füüsiliselt lahutamatud." Siit aksioom: „ained koosnevad... üllatavalt väikestest ja füüsiliselt lahutatavatest osakestest“.

Osakeste „hämmastavast väiksusest“ hoolimata on neil ikkagi ulatus, ruumala ja inertsijõud — nad on täiesti materiaalsed.

Üksteise järel tõestas Lomonossov teoreeme selle kohta, et ainete omadused — soojus, külmus, erikaal, värvus, elektrilised ja magnetilised jõud, ravitoime ning teised omadused — sõltuvad osakeste ulatusest, inertsijõust, kujust, liikumisest ja asetusest, on mehaanika, siis „tulenevad ka ainete omadused liikumisseadustest ning on nende abil seletatavad“.

Niiviisi jõudis Lomonossov järeldusele, et füüsiliste nähtuste enamiku seletamiseks saab kasutada mehaanikaseadusi, õppides nende abil tundma nende väikseimate osakeste käitumist, millest ained on ehitatud.

... Sada nelikümmend aastat hiljem kirjutas Friedrich Engels: „Avastusega, et soojus kujutab endast teatud molekulaarset liikumist, algas teaduses uus ajajärk“. Suur dialektik-materialist viitas ka sellele, mida ei võinud näha XVIII sajandi teadus, — sellele, et „mehaaniline liikumine ei ammenda liikumist üldse“. „Liikumine“, kirjutas Engels, „pole mitte ainult asukoha vahetamine; mehaanikast kõrgemais valdkondades on ta samuti ka kvaliteedi muutumine“.

Soojuse ja külmuse loomusest.

Olles relvastunud matemaatiliselt välja töötatud teooriaga aine ehitusest, alustas Lomonossov rünnakut „peentele mateeria-tele“. Just siis saigi kannatada „soojustekitav mateeria“, mille

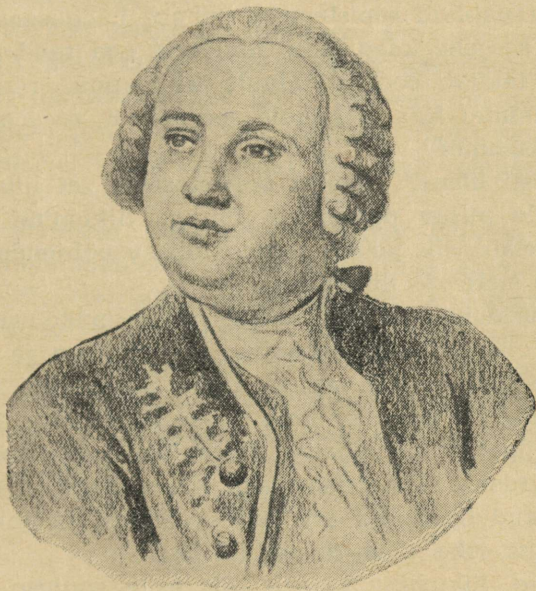
¹ 0,196 grammi.

² 1 liin = $\frac{1}{10}$ tolli = 2,54 mm.

kallale Lomonossov tungis 1744. aastal väitekirjas „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“, mis sai Arnoldi teose teemaks.

Milliste lollusteni soojusttekitava materia teooria küll ei vii!

„Tillukesest sädemest süttib püssirohi kõige suurema pakasega, mil soojusttekitavat materiat näiliselt ei tohiks olla. Kust ta siis tuleb? Kas ta tõesti ilmub hetkeks eriti selleks, et läita püssirohi, soojendamata ja süütamata sealjuures ühtegi püssi-



Mihhailo Vassiljevitiš Lomonossov.

rohtu ümbritsevaist aineist? On täiesti ilmne, et see „räägib vastu eelkõige katsele, seejärel aga tervele mõistusele“.

„Paljud loomad ei söö kunagi sooja toitu, on aga siiski nii soojad, et soojendavad isegi nende juurde asetatud esemeid.“ Soojusttekitava materia eestvõitlejad ja kaitsjad, seletage, mil viisil ta loomadesse tungib? Või muutub ta seejuures külmaks? Kuid „jahutatud soojus on samasugune rumalus kui tume valgus, märg kuivus, pehme kõvadus või nelinurkne ümarus...“

„Ent see ei ole veel kõik. Leidub ju teadlasi, kes peavad ka külmutust eriliseks aineks. Tema, see aine, peituvat soolades, sest lahus jahtub sageli soolade lahustamisel. Kuid samad soolad lahustuvad sageli soojenedes, kui võtta teised lahustajad.

Või seltsib „külmamateriaga“ neis soolades üheaegselt ka „soojusttekitav materia“?

Samal ajal aga kõnelevad faktid väga selgesti soojuse tõelisest põhjustest.

Kui meil käed külmetavad, siis ei kutsu me appi „soojusttekitavat materiat“. Me lihtsalt hõõrume käsi, ning nad soojenevad.

Kõige külmemaist ränikividest võib tugeva löögiga sädeleid lüüa. Sagedastest ja tugevatest vasaralöökidest kuumevad aga rauatükid sepistamisel punase hõõguseni.

Miks ei soojene käed, puu, ränikivid ega raud paigal püses? Miks tekitab soojust ainult käte, puu, ränikivide või vasara liikumine? Kas ei kõnele see sellest, et soojuse põhjuseks on liikumine?

„On täiesti ilmne,“ lõpetas Lomonossov, „et liikumises peitub soojusele piisav põhjendus. Et aga liikumine ei saa toimuda materiaata, siis peitub soojuse piisav põhjendus tingimata mingisuguse materia liikumises.“

Sada kuuskümmend viis aastat hiljem pühendab Vladimir Iljitš Lenin oma kuulsas raamatus „Materialism ja empiriokriitism“, mis ilmus 1909. aastal, terve paragrahvi küsimusele: „Kas liikumine on mõeldav ilma materiaata?“ ning tõestab paljudel lehekülgedel XX sajandi filosoofidele-idealistidele sellise oletuse absurdsust. Tähendab, isegi XX sajandil ei saanud paljud kodanlikud õpetlased aru sellest, millest Lomonossovil oli selge kujutus juba 1744. aastal!

Missugune liikumine kutsub siis esile soojuse tekkimise? Me võime rauatükki vankris vedada terve sajandi, ilma et ta seejuures soojeneks ainsagi kraadi võrra. Seesama raud soojeneb aga tugevate vasaralöökide toimele kiiresti ning muutub isegi pehmeks. Tähendab, mitte igasugune liikumine ei tekita soojust. Rauatüki pihta lüües sepavasara nagu tõukab rauaosakesi, sunnib neid kiiremini liikuma. Ning just see osakeste sisemine liikumine ongi soojus. Kui nüüd rauda puudutada, siis tõukavad tema kiiresti liikuvad osakesed omakorda nahaosakesi, ning me tunneme kõrvetust.

Tõsi küll, me ei näe osakeste liikumist. Kuid ka puude lehed ja oksad paistavad tugeva tuule ajal suurest kaugusest vaadates olevat liikumatud. „Võnkumine jääb siin silmapaari vahele kauguse tõttu... soojades kehaosakeste väiksuse tõttu,“ kirjutas Lomonossov.

Mida enam me ainet soojendame, seda kiiremini ta osakesed liiguvad ning seda tugevamini tõukuvad nad üksteise küljest eemale. Vahemaa nende vahel üha suureneb — aine paisub. Lõpuks kasvavad vahemaad nii suureks, et aine ei suuda enam säilitada oma kuju; aine sulab, muutub vedelaks. Kui jätkata veelgi soojendamist, siis muutub osakeste kiirus ja põrgete tugevus nii suureks, et nad lendavad laiali igasse ilma-kaarde: vedelik aurub.

Mida kiiremini osakesed liiguvad, seda soojem on aine. Osakeste liikumise kiirus võib lõputult kasvada. Seepärast ei ole kõrgetel temperatuuridel piiri. See-eest on aga madalatel temperatuuridel piir: keha võib jahtuda ainult senikaua, kuni tema osakesed ei lakka liikumast. See ongi temperatuuri absoluutne null.

Nii ei seletanud Lomonossov, heites kõrvale saladusliku „soojusttekitava materia“, juhindudes oma atomistlikest vaateist aine ehitusele, mitte ainult lihtsalt ja loomulikult kõik tema ajal tuntud soojusnähtused, vaid teostas ka selle, milles peitub uute teooriate loomise mõte, — ennustas teaduse poolt veel avastamata nähtusi: temperatuuri absoluutset nulli ja lõpmata kõrge temperatuuri võimalikkust. Hiljem mõlemad ennustused täitusid.

Arnoldi loo lõpp.

Oma väitekirja „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“ luges Lomonossov ette 1745. aasta jaanuaris Peterburi Teaduste Akadeemia konverentsi kahel istungil. Varsti pärast seda ilmus väitekirja ladina keeles Teaduste Akadeemia ajakirjas, mis saadeti kõigile välismaistele akadeemiatele, ülikoolidele ja teaduslikele ühingutele. Lomonossovi suurepärase töö jättis sügava mulje ning kutsus välismaa ajakirjades esile arvukaid vastukajaid.

Oli selge, et teaduses oli toimunud hoopis ebatavaline sündmus. Vene akadeemiku maailmakuulsus kasvas kiiresti. Kui Preisi Teaduste Akadeemia kuulutas välja rahvusvahelise võistluse parimale tööle salpeetri tekkimise kohta, pöördus Leonhard Euler spetsiaalselt Peterburi Akadeemia presidendi poole: „Ma kahtlen selles, et keegi peale hr. Lomonossovi võiks

kirjutada sellest paremini, seepärast palungi veenda teda selle töö juurde asuma."

Lomonossoville enesele kirjutas Euler: „Kuidas ma imestasin Teie teravmeelsuse, taiplikkuse ja sügavuse üle üliraskete keemiliste küsimuste seletamisel... Teie teoseist nägin ma suurima heameelega, et te loobute keemiliste toimete seletamisel keemikute poolt kasutamist leidvast tavast ning ühendate suurima kunstiga praktikas põhilise füüsika sügavaima tundmise. Seepärast ei kahtle ma selles, et Te teete selle kunsti ebakindlad ja kahtlased alused täiesti usaldusväärseks...“

Ning just sel ajal sai Lomonossov teada, et Erlangeni ülikoolis oli toimunud dispuut tema teooria üle. Ta luges seda saksa ajalehes „Erapooletu Hamburgi korrespondent“ avaldatud mahukast referaadist. Referaadi autor teatas, et „hr. Arnold lükkab Lomonossovi teooria täiesti ümber, võttes oma tõestuste sekka ka mõned hr. Lomonossovi laused, tehes neist aga äsja väljamõeldud teooria suhtes vastupidised järeldused...“

Lomonossov õppis tähelepanelikult tundma kõiki vastuväiteid, mis Arnold tema teooriale esitas, ning oli tema kuritahtlikkusest hingepõhjani solvunud. Tema vaadete olemust nii halvasti mõista võis ainult nürimeelne võhik; teaduslikku teooriat oli võimeline nii vääriti tõlgendama ainult alatu ja häbitu vaenlane.

Ning magister Arnold veendus varsti selles, et mitte alati ei kingita põhjendamatuid ja teenimatuid kallaletunge kogu maailmale tuntud teadlasele. Mitmel maal hakkasid ausad teaduseinimesed võitlema tema kuritahtlike võtete vastu. Ning eelkõige astus teaduse au eest välja Mihhailo Vassiljevitsš Lomonossov ise. Ta kirjutas ladinakeelse õienduse ning saatis selle 28. novembril 1745. aastal akadeemik Eulerile Berliini, kus viimane ajutiselt elas. Lomonossov kirjutas lisatud kirjas, et autor „tungis minu väsimatu töö kallale mitte niivõrd armastusest teaduse vastu, kuivõrd kuritahtlikkusest, ning, seda mõistmata, tegi selle julmalt maha. Saadan Teie targaks läbivaatamiseks tema kurjuse ja nürimeelsuse kõige käegakatsutavama tõestuse... See kõik sunnib mind mitte ilma põhjusteta kahtlustama, et siin peitub rohus madu, ning et teenimatu ja solvav laim levib mõne minu leppimatu vaenlase salakavaluse tõttu...“

Lomonossoville vastuseks saadetud kirjas (mille see avaldas Peterburi prantsuskeelses ajakirjas „Kirjanduslik kameeleon“)

kirjutas Euler: „Saksa ajalehemeeste kuritahtlikkus ja stiil on mulle väga hästi tuttav ning see ei riiva mind vähimalgi määral; ma naeran nähes, kuidas nad suurepäraseid teoseid taga kiusavad ja maha püüavad kisendada . . . jään alati arvamusele, et selliseid artikleid tuleb põlata. Igaüks teab, et seni ilmunud traktaadid soojuse põhjustest ei ole veel selle uurimisobjekti suhtes täit selgust toonud, ning need, kes tegelevad tema uurimisega, väärivad suurimat kiitust. Teid ei saa jätta tänamata selle eest, et te hajutasite seda küsimust seni katnud udu. Ma andsin Teie memuaarid edasi professor Formeile, kes lubas mulle Teie vastuväited prantsuse ajakirjas ära tuua“.

Formei, Preisi Teaduste Akadeemia alaline sekretär, avaldas Lomonossovi artikli Amsterdamis prantsuse keeles ilmunud teadusliku ajakirja kuueteistkümnendas köites ning saatis artikli äratõmbe Lomonossovile. Professor Formei kirjutas Lomonossovile 27. mail 1755. aastal: „Et ma soovin täita oma kohustuse kõiges, mis minust sõltub, tegin ma seda, ning saadan Teile selle lehe koos minu ajakirjaga, kus nimetatud väitekirj avaldati. Olin selleks kohustatud, et kaitsta Teie õiglast üri-
tust selliste ebaõiglaste laimajate eest.“

Leonhard Euler aga kirjutas sama aasta juulikuus omalt poolt Peterburi Teaduste Akadeemiale: „Hoopis iseasi on Lomonossovi teos soojuse põhjusest: kõik, mida sellest rääkisid teised, on rumal ja põhjendamatu, ning on seepärast usutavast seletusest väga kaugel; vaenlaste vastuväited tõendavad ühelt poolt, et nad ei ole tema mõttest aru saanud, teiselt poolt paljastavad aga nende jämedat võhiklust . . .“

Nii andsid maailma teaduse parimad esindajad ühendatud jõupingutustega väärika vastuse tühistele inimestele, kes julgesid kogu maailmale tuntud teadlase Mihhailo Vassiljevits Lomonossovi suurimatele avastustele kallale tungida.

Aatomiõpetus vallutab füüsika.

Lomonossovi soojuseteooria ilmumine oli suursündmuseks teaduse ajaloos. Ule kahe tuhande aasta oli teaduses oletus aatomeist kui mitte just võõrkehaks, siis mingisuguseks inertseks teooriaks, mida kasutati abivahendina ühtede või teiste loodusnähtuste seletamiseks ainult soovi korral. Oma soojuseteooria väljatöötamisel võttis Lomonossov esimesena tarvitusele

õpetuse aatomeist teadusliku uurimistöö vältimatu ja asendamatu tööriistana.

Geniaalne vene õpetlane selgitas näitlikult kogu maailmale, kuidas aatomiõpetuse alusel tuleb ületada keskaegseid traditsioone, mis teaduse arengut pidurdavad, ning luua eesrindlikke, looduse tundmaõppimise uutele ülesannetele vastavaid teooriaid.

Aatomiteooria kasutamise hiilgav edu soojusnähtuste seletamisel innustas Lomonossovit. 1748. aastal lõi ta aatomiteooria abil gaasideteooria, õigemini õhuteooria, sest õhk oli ainus tol ajal tuntud gaas.

Tuli leida seletus õhu tähtsaimale omadusele — tema elastsusele, väga suurele kokkusurutavusele rõhumisel ja paisumisele rõhu vähendamisel. Lomonossovi kaasaegsed andsid tavalise vastuse: õhuosakeste vahel asetseb peen „elastsusmatereria“, mis tõukabki neid igasse suunda laiali.

Saladuslik „elastsusmatereria“ rahuldab teadmishimulist vene õpetlast niisama vähe kui „soojust-tekstav matereria“, millest ta oli teaduse alles hiljuti vabastanud.

Lomonossov lähtus ka siin kontrollitud faktidest.

Juba kaheksakümmend aastat enne teda oli eespool mainitud Robert Boyle ning seejärel prantslane Mariotte avastanud, et õhu rõhk tõuseb täpselt niimitu korda, kuimitu korda kahaneb tema ruumala.

Ent õhurõhk suureneb ka ruumala muutmata, kui soojendada teda suletud anumad.

Kaks erinevat toimingut toovad kaasa sama tulemuse. Nähtavasti on neil midagi ühist.

Kokkusurumine vähendab tühje vahesid õhuosakeste vahel. Soojendamine suurendab osakeste kiirust. Nähtavasti on elastsusesaladus, rõhusaladus, seoses õhuosakeste liikumisega, sest ainult see liikumine on mõlemail nähtusil ühine. Tähendab, just õhuosakeste liikumises tuleb otsida elastsuse saladuse lahendust. Ning Lomonossov cskas joonistada pildi õhuosakeste käitumisest.

Õhk on korratult liikuvate osakeste korratu kogum. Vahe-tades asukohta ruumis, pörkavad üksikud osakesed sekundi kaduv-väikeste murdosade vältel teistega kokku, tunglevad neist eemale, lendavad kolmandatele otsa, tunglevad uuesti eemale, ning püüavad sagedate vastastikuste pörgetega üksteisest eemale tõugatavana igas suunas laiali lennata, pommi-

tades seejuures pidevalt anuma seinu. Püüd laiali lennata ongi elastsusjõud, õhuosakeste anuma seinte vastu põrkamise tulemus aga rõhk. Muidugi ei ole ühe kaduv-väikese osakese põrge märgatav. Ent kui paljud miljardid miljardeid osakesi põrkavad igas sekundis vastu seinu miljoneid kordi, siis tekitavad need põrked kogusummas sellise rõhu, mis võib purustada — ning mõnikord purustabki — tugevaimadki anumad.

Kokkusurumine vähendab osakestevahelist kaugust. Neil on nüüd vähem ruumi, ning nad põrkavad üksteisega sagedamini kokku ja lendavad sagedamini vastu anuma seinu. Rõhk suureneb.

Soojendamise suurendab osakeste kiirust. Nad läbivad nüüd vahemaad kiiremini, põrkavad seetõttu sagedamini kokku, ning põrkavad sagedamini vastu anuma seinu. Jällegi kasvab rõhk.

Selles pildis pole „elastsusmateriale“ kohta. Gaaside omadused, nagu soojusnähtusedki, on leidnud seletuse ilma saladuslike jõudude kaasabitä.

Oma teooriat rakendades andis Lomonossov Boyle-Mariotte'i seaduse täpse matemaatilise järelduse. Juba seegi oli hiiglasuur saavutus: seda ei õnnestunud teha seaduse autoreil endil, inglasele Boyle'il ega prantslasel Mariotte'il. Ent Lomonossov tegi veel enam. Ta ennustas, et gaasi väga suurel kokkusurumisel on Boyle-Mariotte'i seadusest kõrvalekaldumine vältimatu. Kui gaas on vähe kokku surutud, siis on tühjad vahed osakeste vahel suured. Kui tõsta rõhk kahekordseks, siis lähenevad osakesed takistamatult üksteisele ning gaasi ruumala väheneb täpselt kaks korda. Kui aga gaas on väga tugevasti kokku surutud, siis on tühjad vahed osakeste vahel väga väikesed. Osakesed hakkavad üksteist segama, ning neid on raske üksteisele veelgi enam lähendada. Et gaasi ruumala väheneks neis tingimuses kaks korda, ei tule rõhku tõsta mitte enam kaks korda, vaid märksa rohkem.

Ning see Lomonossovi ennustus õigustas end täielikult.

Lomonossov esitas oma gaaside-teooria väitekirjas „Katse luua õhu elastsusjõu teooriat“ ning kandis selle ette Teaduste Akadeemia konverentsil 30. septembril 1748. aastal. Järgmise aasta 30. juunil luges ta akadeemikuile ette „Lisa“ sellele väitekirjale, ning peagi ilmusid mõlemad teosed ladina keeles samas Teaduste Akadeemia ajakirjas, kus oli esmakordselt päevavalgust näinud ka kuulus „Arutlus soojuse ja külmuse loomusest“.

Kõikide maade õpetlased võisid veenduda selles, et Lomonosovi edu aatomiõpetuse kasutamisel füüsika raskeimate probleemide lahendamiseks ei ole juhuslik nähtus.

Lomonossovi tööd tõestasid, et õpetus aatomeist on füüsika tõeline alusmüür, millele võib ehitada kõik selle teaduse tähtsamad seadused, kasutamata saladuslike mateeriate ja jõudude abi. Lomonossov ise andis selleks pidevalt ümberlukkamatuid tõendeid. Nii näiteks luges ta 26. novembril 1753. aastal Akadeemia pidulikul istungil ette „Kõne Elektri jõu tõttu õhus toimuvaist nähtusist“. Selles töös ei andnud ta mitte ainult esimese atmosfäärielektri-teooria teaduse ajaloos, vaid andis seletuse ka sellistele keerukaile ilmastikunähtustele, nagu ootamatud järsud külmenemised talvel pärast sulailmu ning äike keset selget suvepäeva. Lomonossov avastas esimesena nende nähtuste põhjuse. Maad ümbritsev õhk ei ole ühtlane aine. Temperatuurist sõltuvalt liiguvad tema osakesed kiiremini või aeglasemalt. Seetõttu on ta aga tihedam või hõredam, raskem või kergem. Talvel langevad külmemad ja järelikult raskemad õhumassid atmosfääri ülemistest kihtidest allapoole, — just nende langevate õhuvoolude tagajärjel saabubki mõnikord talvel pärast sulailmu ootamatult vali pakane.

Atmosfääri alumine osa Maa läheduses soojeneb suvel, muutub kergemaks ning tõuseb seetõttu kiiresti ülespoole. Need tõusvad õhuvoolud tekivad tavaliselt päeval kella kolme paiku, seega kohe pärast keskpäevast palavust. Just neil tundidel esinevadki kõige sagedamini äikesed, sest tõusvas õhuvoolus õhuküllastavate aurude osakesed „heitlevad ja hõõrduvad kiires vastastikusel liikumises, sünnitavad Elektri jõu, mis pilves levides vallutab selle terveni“. Sel viisil kogutud elektrilaengud ongi välkude ja põuavälkude põhjuseks.

Nii tõestas Lomonossov ka selles töös, mis avaldati viivitatult trükis ja saadeti välismaa Akadeemiatele ning üksikutele teadlastele (kelledest paljud saatsid oma hinnangu), veel kord aatomitest loodud kujutluse viljakuse füüsikas.

Lomonossovi tööd füüsika alal olid edasiseks sammuks aatomiõpetuse arengul: nad muutsid ta oletusest lõplikult rangelt põhjendatud teooriaks.

Ennustades selle teooria abil esmakordselt senitundmatuid nähtusi, tegi Lomonossov õpetuse aatomeist teadusliku uurimise tööriistaks.

Neljas peatükk.

Lomonossovi seadus.

Matemaatikaline keemia.

Peterburi Teaduste Akadeemia tegevliikmeks valiti Mihhailo Vassiljevitsš Lomonossov keemia kateedri esindajana, ja seda mitte juhuslikult. Keemia oli õpetlase tõeliseks teaduslikuks kireks, mis valdas ta varases nooruses ja ei kaotanud oma võimu ta üle tema elu lõpuni. Keemia ei kõitnud teda mitte oma väliste vormide täiuslikkusega, mitte oma sisu range viimistletusega — midagi sellest ei olnud keemias tol ajal. Vastupidi — siin oli kõik veel selgusetu, kõik hakkas alles kujunema, kõik oli liikumas ja tekkimisel. Kuid just see oligi Lomonossovi jaoks keemia peamiseks võluks. Viimisteldus ja lõpetatus vaimustas Lomonossovit, kuid ei äratanud temas eneses soovi antud valdkonnas töötamiseks. Vastupidi — ta asus julgesti teele teaduse seniuurimata, vananenud vaadete uduga kaetud valdkondadesse, rajades neis omi, lomonossovlikke radu, viies neid samasuguse täiuseni, mis teda vaimustas matemaatikas ja mehaanikas. Nii käitus ta füüsikas. Keemia kõitis teda selle samaga, ainult veelgi suuremal määral.

1741. aastal esitas Lomonossov Teaduste Akadeemiale teose, mis hämmastas kõiki nimetusega: „Matemaatikalise keemia elemendid“.

Matemaatiline keemia!

Keemia ja matemaatika!

Juba nende sõnade kõrvutamine näis Lomonossovi kaasaegsetele rumalusena. Keemiale vaadati parimal juhul kui poolteadusele. Enamikule õpetlastest jäi ta ikka veel käsitööks, „kunstiks“.

Lomonossov tegi sellistele vaadetele otsustavalt lõpu. Ta

oskas keemiale läheneda sellest küljest, kust enne teda keegi ei olnud sellele lähenenud.

Lomonossovile ei olnud keemia mitte käsitöö, mitte „kunst“, vaid tõeline teadus. „Keemias tuleb kõike öeldut tõestada“, nagu see on kombeks tõelises teaduses... Tema arvates „peab tõeline keemik olema teoreetik ja praktik“: ta peab oskama niihästi ainetega katseid sooritada kui ka saadud tulemusi seletada.

Lomonossov rajas veendunult keemiale tugeva alusmüüri. Keemia on teadus ainetes toimuvatest muutustest. Kõik muutused kutsuvad esile liikumine. Teadus liikumisest on mehaanika. „Seetõttu aga võib neid muutusi seletada mehaanikaseaduste abil“. Ent mehaanikat on võimatu mõista matemaatikat tundmata, seepärast „peab see, kes püüab... keemiat tundma õppida, hästi teadma ka matemaatikat“.

„Tõsi, paljud eitavad võimalust rajada keemiat mehaanika alustele ja teha ta täppisteaduseks,“ kirjutas Lomonossov, „kuid need on varjatud omaduste hämaruses äraeksinud inimesed ja mõned niisama-teoreetikud, kes kasutavad oma vaba aega halvasti, tühiste ja väärade teooriate väljamõtlemiseks, ning ujutavad kirjanduse nendega üle. Kui need, kes pimendavad oma päevi suitsu ja nõega ning kelle ajudes valitseb kaos järelemõtlemata katsete hulga tõttu, ei oleks tundnud vastumeelsust geomeetria pühade seaduste tundmaõppimise vastu, siis oleksid nad kahtlemata suutnud tungida sügavamale looduse salakambreisse... Tõepoolest, kui matemaatikud tuletavad väheste joonte suhetest väga palju tõdesid, miks ei võiks siis ka keemikud olemasolevate katsete tohutult suurest hulgast tuletada rohkem seaduspärasusi? Ma ei näe siin mingit teist põhjust peale matemaatika mittetundmise“.

Rajada keemia mehaanikale, töötada matemaatiliselt läbi kehade tundmaõppimisel saadud tulemused — see on ainuõige tee keemia muutmiseks käsitööst teaduseks. Arendades edaspidi mõtteid füüsika osast keemia tundmaõppimisel, koostas Lomonossov uue teaduse — füüsikalise keemia — programmi ja luges üliõpilastele tema kursust. See oli esimene füüsikalise keemia kursus teaduse ajaloos! Nagu füüsikaski, seletas Lomonossov keemilisi nähtusi nende osakeste omaduste ja muutustega, millistest osakestest ained koosnevad. Lomonossov sai suurepäraselt aru, et kui füüsikas on tähtis teada, kuidas osa-

kestest moodustuvad ained ning kuidas need osakesed mitmesuguste välistoimete — soojendamise, valgustamise jne. — puhul käituvad, siis pole keemias mitte vähem tähtis teada, kuidas need osakesed ise on ehitatud, ning mis nendega keemiliste muutumiste puhul toimub. Ta ütles ühes oma järgnevaist teoseist, et „füüsikud, eriti aga keemikud, on sunnitud pimeduses ekslema, kui nad ei tea... osakeste siseehitusest“. Lomonossov oli selles veendunud, et „kui see saladus kunagi ilmsiks saab, siis on keemia seejuures kindlasti esimeseks teejuhiks; ta avab esimesena selle looduse pühapaiga eesriide“.

Toetudes õpetusele aatomeist, püüdis Lomonossov kujutleda pilti, mida see „eesriie“ varjab.

Kunagi mõtles Demokritos, et igale ainele vastab oma eriline aatomite liik või sort, ning et looduses on järelikult niisamapalju aatomisorte, kuipalju on erinevaid aineidki. Lomonossovi ajaks oli teadus selle kujutluse ümber lükanud.

Et ehitada tuhat maja, pole hoopiski vaja omada sama palju liike ehitusmaterjale. Uhesuguste telliskivide, talade ja palkide piisavast hulgast võib püstitada kuipalju tahes erineva suuruse ja kujuga maju.

Kõikide looduses esinevate ainete moodustamiseks pole hoopiski vaja, et aatomisorte oleks niisama palju kui aineid. Lõpmatult suur on ainult aatomite koguarv, nende eri sorte, liike pole aga palju. Kui tibatillukestest aatomitest moodustuvad kehad, siis ühinevad aatomid algul üksikuiks kändaiks või kobaraiks, nagu tähed sõnadeks, ning alles neist kändaist, mis on ise nähtamatult väikesed, moodustuvad kehad. Need aatomikändad või -kobarad ongi need väikseimad osakesed, mille liikumisega Lomonossov seletas kehade soojuslikke ja muid füüsikalisi omadusi.

Neid osakesi — aatomite esmaseid kobaraid või kändaid hakati nimetama molekulideks, mis tähendab — keha väikseim osa, „massike“, „kehake“ („moles“ tähendab ladina keeles mass).

Lomonossov eristas mõistet aatom väga täpselt mõistest molekul, mida ta tavaliselt tähistas sõnadega „osake“ või „korpusek“. Kui murda tükk punast värvi — kinnaveri — üha väiksemateks osadeks, võib lõpuks jõuda tema väikseima osani — molekulini.

Kinnaveri molekul — see on veel kinnaver. Tal on kõik

selle omadused. Samal ajal on see kinnaveri väikseim osa, mis võib üldse olemas olla. Teda võib jagada veelgi edasi. Kuid sellel, mille saame, ei ole enam kinnaveri omadusi. Me saame molekuli killud, tema koostisosad. Need väikseimad koostisosad, millest molekulid on moodustatud, on aatomid.

Füüsikalised muutused ei puuduta molekulide siseehitust. Keha soojenemisel liiguvad molekulid kiiremini, aurumisel kanduvad nad õhku, segunedes selle molekulidega. Kuid molekulide siseehitus jääb seejuures muutmatuks.

Keemilised muutused, vastupidi, puudutavad just molekulide siseehitust. Keemilistel muutumistel lagunevad molekulid aatomeiks, millest nad koosnevad, ning need aatomid kombineerudes uuesti, teisel viisil, moodustavad uute ainete molekule.

Kõik ühe ja sama aine molekulid sarnanevad üksteisega neid moodustavate aatomite arvult ja liigilt. Kinnaveri molekulid on üksteisest eristamatud, erinevad aga vee, suhkru, soola ja teiste ainete molekulidest.

Igale keemilisele elemendile vastab oma liik, oma sort aatomeid. Aatomite liike on niipalju, kuipalju on elemente. Kui molekulid on üles ehitatud ainult ühte liiki aatomeist, siis moodustub neist lihtaine. Vastupidi, liitainete molekulid on moodustunud eri liiki aatomeist. Raud, vask, kuld, hõbe ja väävel on lihtained. Täpseimgi analüüs ei too rauas midagi päevavalgele peale raua. See-eest leiab keemik rauarahas — maagis, millest rauda sulatatakse — peale raua veel väävli. Ent kuidas me rähka ka ei peenendaks ning kuidas ka ei püüaks tema väiksemaid osakesi üksteisest eristada, — me ei avasta nende seas ei rauda ega väävli. Kõik osakesed on üksteisest täiesti eristamatud, sest rähk ei ole mitte raua ja väävli mehaaniline segu. Raua- ja väävliatomeid leidub igas väikseimas rähhaosakeses — tema molekulis, ning rähk lakkab olemast, kui ta molekulid lagunevad, ning raua- ja väävliatomid, millest nad koosnevad, üksteisest eralduvad.

Keemia ülesandeks on jälgida ainete muutusi, sõltuvalt nende molekulide koostise muutumisest. Nimetades liitaineid „segaaineiks“, kirjutas Lomonossov, et „keemia on teadus muutustest, mis toimuvad segaaines, kuivõrd ta on segaaine“. Ta väitis, et „see, kes tunneb segaainet,“ (see tähendab, tunneb tema molekulide koostist) „võib seletada kõiki tema võimalikke muutusi“.

Suur avastus.

Rakendades keemias rangelt aatomiteooriat, süvenedes tema abil otse nähtuste olemusse, jõudis Lomonossov loomulikult ühe suurima loodusseaduse — aine ja energia jäävuse seaduse — avastamiseni.

Tõukeks selle geniaalse avastuse poole sai Lomonossovi töö sellesama väitekirjaga „Arutus soojuse ja külmuse põhjustest“, mis tõi talle maailmakuulsuse ning tegi õnnetule Johann Arnoldile nii palju tüli. Analüüsides selles väitekirjas hoolikalt kõiki „soojust-tekitava mateeria“ teooria pooldajate väiteid, puudutas Lomonossov Boyle'i tuntud tööd metallide kaalu suurendamise kohta kuumutamisel, mis oli flogistoniteooria loomise lähtepunktiks. Boyle'i seletus, kes arvas, et metalli kaal suureneb „tulemateeria“ arvel, mis on niivõrd „peen“, et tungib vabalt läbi klaasi ja ühineb metalliga, rääkis Lomonossovi vaateile vastu.

„Väga tuntud Robert Boyle,“ kirjutab Lomonossov oma väitekirja kolmekümne esimeses paragrahvis, „tõestas katse teel, et ained võtavad põletamisel kaalu juurde... Ent siiski näitavad peaaegu kõik tema katsed kaalu suurendamise kohta tule toimel ainult seda, et... põletamise ajal kuumutatava aine kohalt üle voolava õhu osakesed omavad kaalu“.

Õhuosakesed omavad kaalu.

Mitte saladuslik „tulemateeria“ ei saa arusaamatul viisil võitu kinnijoodetud klaasretordi seintest ja ei ühine metalliga, vaid temaga ühinevad kõige tavalisemad õhuosakesed!

Mitte tabamatu „tulemateeria“ sissetung, vaid õhuosakeste liitumine suurendab metallide kaalu kuumutamisel!

Neid tähelepanuväärseid mõtteid, mida teaduses seni veel keegi pole väljendanud, arendas Lomonossov edasi ka pärast seda, kui ta oli lõpetanud teose soojuse loomusest. Ta nägi neis võtit, mis avas tee „peente mateeriate“ väljatõrjumiseks ka keemia valdkonnast.

1745. aastal tegi Lomonossov avastuse, mis veenis teda veelgi enam valitud tee õigsuses. Ta esitas Teaduste Akadeemia konverentsile „Väitekirja keemiliste lahustite üldisest toimest“, mille neljakümne viiendas paragrahvis oli kirjutatud: „Kui mõni keha kiirendab teise liikumist, siis annab ta temale üle osa oma liikumisest, kuid teeb seda ainult siis, kui kaotab ise

täpselt samasuguse osa. Seepärast kaotavad veeosakesed soolaosakeste pöörlevat liikumist kiirendades osa oma pöörlevast liikumisest. Et aga viimane on soojuse põhjuseks, siis pole sugugi üllatav, et vesi soola lahustamisel jahtub“.

Neis vähestes sõnades väljendas Lomonossov suure avastuse, mille teostamisega ta ennetas lääne-euroopa teadust saja aasta võrra. Sest „Väitekirja keemiliste lahustite üldisest toimest“ neljakümne viies paragrahv ei kujuta enesest põhiliselt midagi muud kui energia jäävuse ja muundumise seaduse formuleeringut.

Lomonossovi poolt avastatud seadus väidab, et energia (mille üheks liigiks on mehaaniline liikumine) ei teki iseenesest ega kao jäljetult. Kui üks liikuv keha paneb teise liikuma, siis kaotab ta ise sealjuures oma liikumisest täpselt niipalju, kui palju ta andis edasi teisele kehale. Kuid vähe sellest, ühte liiki energia võib muunduda teist liiki energiaks, näiteks mehaaniline liikumine soojuseks. Seepärast jahtuvadki kehad, kui aeglustub osade liikumine, millest nad koosnevad.

Lomonossovi ladinakeelne väitekirja avaldati Teaduste Akadeemia ajakirjas ning sai niiviisi kogu maailma teadlaste ühisvaraks. Lomonossov jätkas intensiivselt tööd mõtete kallal liikumise hävimatusest. Ta teadis muidugi, et juba vana-aja õpetlased olid väljendanud mõnikord neid mõtteid. Ent need olid üldised teesid, filosoofilised printsiibid, ning keegi ei teadnud, kuidas neid looduse tundmaõppimisel rakendada.

Avastades energia eri liikide vastastikuse muutuvuse tegi Lomonossov abstraktse filosoofilise printsiibi teadusliku tunnetamise tööriistaks. Tõsi küll, Lomonossov ei tarvitanud sõna „energia“ ega puudutanud küsimust kvantitatiivseist suhteist energia eri liikide vahel. 1745. aastal ei teatud veel, kuidas energiat saab muuta, mis aga puutub nüüdisaegsesse energia mõistesse, siis ei toodud see teadusesse mitte ainult üle saja aasta pärast Lomonossovit, vaid isegi pärast Mayeri, Joule'i ja Helmholtzi (keda seniajani taheti pidada energia jäävuse ja muutuvuse seaduse autoreiks) peamisi töid. Ülaltoodud „Väitekirja keemiliste lahustite üldisest toimest“ neljakümne viiendast paragrahvist järeldub, et Lomonossov ei saanud mitte ainult täiesti selgesti aru energia jäävuse üldise filosoofilise printsiibi füüsikalisest mõttest, vaid rakendas teda oskuslikult ka konkreetsete teaduslike küsimuste lahendamisel. See viis ta

omakorda möödapääsematult avastuseni, et mitte ainult energia, vaid ka aine ei teki ega kao teadlaste katsete käigus, looduslikes nähtustes ega inimühiskonna tegeliku töö protsessis jäljetult.

Nii jõudis Mihhailo Vassiljevitš Lomonossov suure looduseaduse avastamiseni, mis tegi ta nime surematuks.

„Kõik looduses sündivad muutused,“ kirjutas ta 5. juulil 1748. aastal Leonhard Eulerile, „on olemuselt sellised, et kuupalju ühelt kehalt ära võetakse, niipalju ühineb teise kehaga. Kui sel kombel materia kuskil kahaneb, siis kasvab ta teises kohas; kuupalju tunde keegi ärkvelolekuks kasutab, niipalju võtab ta ära unelt. See üldine looduseadus kehtib ka liikumisseaduste eneste kohta: keha, mis paneb oma jõuga teise keha liikuma, kaotab oma liikumisest niipalju, kuupalju ta annab üle teisele, kes temalt liikumise saab“.

„Selle teooria abil,“ lõpetas Lomonossov, „on arvamus põletatud aineisse püsima jäänud tulest täielikult kõrvaldatud. Pole mingit kahtlust selles, et põletatava aine kohal pidevalt voolava õhu osakesed ühinevad temaga ja suurendavad tema kaalu“.

Lomonossovi kiri oli tervelt kolmeteistkümne-leheküljeline. See oli tegelikult tõeline teaduslik artikkel, ning Lomonossov saatis ta kahel põhjusel mitte Teaduste Akadeemiale või teaduslikule ajakirjale, vaid oma sõbrale akadeemik Eulerile. Esiteks oli kahe õpetlase vaheline kirjavahetus Lomonossovi ajal üks teadusliku suhtlemise tähtsamaist moodustest. Teaduslikke ajakirju anti sel ajal vähe välja ja nad ilmusid aeglaselt. Seejärel ruttasid mitmesuguste maade teadlased oma avastustest teatama tavaliselt erakirjade kaudu sõpradele ja tuttavatele. Neid kirju loeti sageli teaduslike ühingute koosolekutel, ning niiviisi said uued avastused ja teooriad ruttu ühisvaraks.

Teiseks jõudis Lomonossov 1748. aastal aine jäävuse seaduse avastamiseni puhtteoreetilisel teel. Ta sai hästi aru, et sellist põhjapanevat seadust peab täpsete katsete abil kõige hoolikamalt kontrollima, enne kui viia ta täiesti ametlikul teel avalikkuse ette. Lomonossov oli kõrgeimal määral aus ja enese vastu nõudlik, ta armastas ja austas teadust liialt palju selleks, et julgeda esitada tema enese arvates puudulikult viimistletud teooriaid. „Ehkki võiksin avaldada kogu korpuskulaarse filosoofia süsteemi,“ kirjutas ta Eulerile 5. juulil 1748. aastal samas

kirjas, „kardan ma siiski: kui avaldan palju uusi vaateid, mis oma enamuses on suurmeeste poolt omaks võetuile vastandlikud, siis võib näida, et annan teadusmaailmale varaküpse mõistuse valmimata vilja.“

Just sel ajal mölgutas Lomonossov mõtteid Teaduste Akadeemia juurde kavatsetava keemialaboratooriumi organiseerimisest. Lootes oma teooriaid tulevases laboratooriumis katsetega tõestada, lükkas Lomonossov aine kaalu jäävuse seaduse lõpliku avaldamise edasi, piirdudes senikaua vaid teatega kirjas Eulerile.

Lomonossovi kiri (õigemini artikkel) jättis Eulerisse tugeva mulje. Kuulus matemaatik oskas hinnata Lomonossovi poolt avastatud seaduse erakordset tähtsust. Ta ei võinud jätta nõustumata sellega, et Lomonossovi vaated olid „suurmeeste poolt omaks võetuile vastandlikud“. Tegelikult tähistasid nad tõelist pööret teaduses.

Enne kaalu jäävuse seaduse avastamist pöörasid keemikud ainete muutumist tundma õppides tähelepanu ainult nende nähtavatele muutustele. Nad ei hakanud järele mõtlema näiteks selle üle, kuhu jääb tunduv osa puud põlemisel, kui suurest halust jääb järele üliväike tuhahunnik. Puu „põles ära“, kadus jäljetult, — mille üle siin veel mõtelda? Ent kui ained võivad keemiliste muutumiste protsessis kaduda jäljetult või, vastupidi, tekkida eimillestki, siis ei või nende protsesside tundmaõppimisest üldse juttugi olla. See-eest avaneb erakordselt avar eluruum igasugustele teooriatele, „kaalutud materiaist“. Muidugi, kui jätta kõik kaalumata, jätta keemiliste protsesside kvantitatiivne külg tundma õppimata, siis võib „kaalutuks“ nimetada ükskõik mida. Just selle tõttu jäi flogiston keemias valitsevale kohale ning see teadus arenes kui Lomonossovi seaduse avastamiseni aeglaselt.

Aine jäävuse seadusest järeldus, et iga muutumise puhul on kõikide lähteainete kogukaal täpselt võrdne kõikide lõppsaaduste kaaluga. Ning kui see nii ei ole, siis kõneleb see ainult sellest, et katse on sooritatud ebatäpselt, kuskil on midagi läinud kaduma, midagi on jäänud tähele panemata. Tuleb vea põhjus kõrvaldada, kinni püüda see, mis on kaotatud, — siis avanebki tõeline pilt uuritavast protsessist.

Lomonossovi seadus rajas keemia kindlale teaduslikule alusmüürile. Ta muutis keemia pooleldi kodutööstuslikust

„kunstist“ täppisteaduseks. Euler, kes oli sellest aru saanud, saatis Lomonossoville 24. augustil 1748. aastal Peterburi Teaduste Akadeemia presidendi krahv Razumovski kaudu vastuse tema 5. juulil 1748. aastal kirjutatud kirjale energia jäävuse seadusest. „Lubage, Armuline Isand, anda Teie Hiilgusele edasi,“ kirjutab Euler Razumovski poole pöördudes, „vastus härra Lomonossoville väga delikaatse küsimuse kohta füüsikas; ma ei tunne kedagi, kes oleks võimeline seda hella küsimust paremini arendama kui see geniaalne inimene, kes oma teadmistega teeb au niihästi Keiserlikule Akadeemiale kui ka kogu rahvusele.“

1748. aastal õnnestus Lomonossovil, pärast aastatepikkust visa võitlust Teaduste Akadeemia valitsusse tunginud ja viimase asju ajavate sakslastest ametnike vastu, organiseerida keemialaboratoorium — esimene teadusliku uurimistöö asutus meie maal. Selle laboratooriumi loomine tähistas tõeliselt uue etapi algust looduse tundmaõppimises. Siin võis Lomonossov teostada oma ammuse unistuse — asuda keemia mitmesuguste küsimuste katselisele uurimisele. Järjekord jõudis ka aine kaalu jäävuse seaduse praktilise kontrollimiseni.

Selle eesmärgiga kontrollis Lomonossov 1756. aastal katseid, mida oli teinud Robert Boyle, kui ta vaatles metallide kaalu kasvamist hõõgumisel. Nagu Boyle'gi, tegi Lomonossov „katseid kõvasti kinni joodetud klaasanumais, et järele uurida, kas kasvab metallide kaal puhtast kuumusest“. Kuid erinevalt Boyle'ist kaalus Lomonossov anumaid metallidega niihästi enne kui ka pärast hõõgutamist, neid avamata. „Nende katsete juures ilmnes,“ kirjutab Lomonossov, „et tubli Robert Boyle'i arvamus on vale, sest välisõhku läbi laskmata jääb põletatud metalli kaal samaks; järelikult ei tungi anumasse ega ühine metalliga mingit „tulemateeriat“.

Lomonossov tegi kindlaks, et metalliga ei ühine hõõgutamisel mitte saladuslik väljamõeldud „tulemateeria“, vaid osa anumast leiduvast õhust. See toimub rangelt kooskõlas Lomonossovi seadusega — aine kaalu jäävuse seadusega — kuipalju lisandus metallidele, niipalju vähenes õhku. Ning kui ära kaaluda anum avamatult, nagu seda tegi Lomonossov, „ilma välisõhku läbi laskmata“, siis jääb kaal muutmatuks, „ühesuguseks“. Anuma avamisel aga siseneb, nagu Boyle'i katseilgi, metalliga ühinenud õhu asemele välisõhk, mille arvel toimubki kaalu suurenemine.

Kõrvaldades inglise teadlase vea katse metoodikas, ei piirunud Lomonossov ainult uuritava nähtuse õige olemuse avastamisega, vaid tõestas rangelt tema poolt juba varem formuleeritud tähtsaima loodusseaduse.

Nii tõestas Lomonossov rangelt kvantitatiivselt aine kaalu jäävuse seaduse, erinevalt energia jäävuse ja muutuvuse seadusest, mille ta avaldas, rakendades seda ta oma uurimistöodes esmakordselt teaduse ajaloos.

Lomonossovi katset võib õigusega nimetada suureks. Ta tõmbas keemias kriipsu peale kõigile teooriaile, mis põhinesid ainult ainete nähtavate muutuste arvestamisel. Ta tõestas käegakatsutavalt, et looduse saladuste avastamisel ei või mitte alati uskuda silmi: nad petavad liiga sageli. Teaduslikus töös tuleb toetada kõigepealt täpseile mõõteaparaatidele, mis lubavad arvestada mitte ainult ainete väliseid, nähtavaid, vaid ka sügavamaid, sisemisi, palja silmaga nähtamatuid muutusi.

Lomonossov tõi keemiasse esimese mõõteaparaadi — kaalud. Ning see heitis ammutuntud faktidele kohe uut valgust. Kui mingi aine põleb ära, siis näib silmale, et midagi kaob tules. Kuid kaalud näitasid, et kui püüda kinni kõik, mis põlemisel tekib — niihästi tahked kui ka vedelad ja gaasilised ained, — siis selgub, et nende kogukaal pole põlenud aine kaalust väiksem, vaid on isegi suurem. See kaalu juurdekasv ei toimunud mitte millegi saladusliku ja tabamatu arvel, vaid tekkis ümbritseva õhu arvel, milles aine põles, ning võrdub täpselt õhu kadunud osa kaaluga.

Aine ei teki eimillestki ega kao jäljetult. Niipalju, kuipalju üks keha kaotab, lisandub teisele. Tähendab, keemia peab oma töös juhinduma kaalust ja mõõdust.

Selline oli Lomonossovi suure katse praktiline järeldus.

Üldiseks teadmiseks.

Olles täpsete katsete varal tõestanud aine kaalu jäävuse seaduse, tegi Lomonossov kõik, mis temast sõltus, et tutvustada tema poolt avastatud seadust kogu teadusemaailmale. Nüüd pidas ta võimalikuks avaldada oma seadust mitte enam kirja kujul Eulerile, vaid ametlikus ettekandes Teaduste Akadeemiale. 30. jaanuaril 1758. aastal esitas ta Teaduste Akadeemia konve-

rentsi istungil oma ladina keeles kirjutatud väitekirja „Mateeria hulga ja kaalu suhtest“. Selles teoses kasutas Lomonossov pea-aegu täielikult oma 5. juulil 1748. aastal Eulerile kirjutatud kirja, andes oma teoses aine ja energia jäävuse seadusele samasuguse formuleeringu, nagu sealgi.

Saanud aru oma avastuse erakordsest tähtsusest, ei piirdunud Lomonossov sellega. 6. septembril 1760. aastal luges ta Teaduste Akadeemia pidulikul avalikul koosolekul, kõikide akadeemikute ja paljude kutsutud kõrgelseisvate isikute, sealhulgas ka välismaiste diplomaatide juuresolekul ette „Arutluse ainete tahkest ja vedelast olekust“, kus ta aine kaalu ja energia jäävuse seaduse esitas vene keeles.

Lomonossov propageeris tema poolt avastatud seadust ka õppiva noorsoo hulgas, pidades oma õpilastele igal aastal loenguid füüsikast ja keemiast.

On täiesti selge, et kõik see soodustas Lomonossovi suure avastuse levikut kõigi maade teadlaste laiades ringides, kus tunti hästi Lomonossovi teaduslikke teeneid ning kuulati tähelepanelikult kõiki teateid tema uutest töödest. Lomonossovi valimine kahe välismaa Teaduste Akadeemia — Rootsi Akadeemia ja Bologna Akadeemia — auliikmeks annab veenva tõenduse suure vene teadlase püsivast maailmakuulsusest ning laialdasest populaarsusest, mille osaliseks tema geniaalsed tööd said välismaal.

Viies peatükk.

Flogistoniteooria lõpp.

Fikseeritav õhk.

Lomonossovi nõuete täitmine keemikute igapäevases töös — kaalude kasutamine, kõikide uuritud ainete täpne arvestamine „kaalu ja mõõdu järgi“ niihästi enne segamise, kuumutamise, lahustamise, destilleerimise ja teiste operatsioonide algust kui ka pärast nende sooritamist — pidi viima aine varjatud saladuste avastamiseni. See aga pidi kogemuse, praktika varal vältimatult näitama „peente mateeriate“ vana suguvõsa võsukese — flogistoniteooria — alusetust.

Keemiliste protsesside pealiskaudsetele, pinnapealsetele vaatlustele rajatuna oli see teooria Lomonossovi ajaks oma ajaloolise osa — nõõri osa, mis sidus keemia mitmesugust faktiilist materjali — juba ära etendanud, ning muutus teadusele aegamööda piduriks. Ning sedamööda kuidas kaalud üha enam tungisid keemialaboratoriumi, avastati üksteise järel fakte, mis rääkisid flogistoniteooria vastu.

1752. aastal asus noor inglise keemik Joseph Black uurima niinimetatud leelisaineid. Tol ajal oli see mõiste üsna udune. Leelised jagati „pehmeiks“ ja „söövitavaiks“ (ehk kaustilisteks), kusjuures sööbeleelisi saadi pehmetest leelistest sööbelubjaga (kustutamata lubjaga) töötlemisel. Pehmeid leelisi peeti lihtaineiks (elementarseiks aineiks). Nende hulka kuuluvaiks peeti potast — taimetuha leelisainet, soodat ja mõningaid teisi aineid. Pehmete leeliste iseloomustavaks omaduseks peeti nende võimet hapete toimel vahutades ja ägedasti kohisedes „keeda“.

Looduslikke lubjakive ja (põletamata) marmoreid peeti samuti pehmete leeliste hulka kuuluvaiks, sest nad kihisesid ja „keesid“ hapete toimel. See omadus kadus pärast põletamist, kusjuures lubi muutus pehmest sööbivaks. Flogistoniteooria

seletas „söövivate“ omaduste ilmumist väga lihtsalt: alludes põletamisel tule toimele, neelab lubi „tulemateeriat“, mis annabki temale „söövivuse“.

Teatud hulga sööbelubja lisamise puhul pehme leelise lahusel „segunevad temas leiduvad tuleosakesed selle soolaga ja muudavad ta sööbivamaks, mõjuvamaks“. Nii kirjutati ühes 1675. a. ilmunud keemiaõpikus.

Niiviisi seletati erinevust pehmete ja sööbeleeliste vahel „tulemateeria“ leidumisega või puudumisega leelisaines. Sellest teooriast lähtudes otsustas Black saada „tulemateeriat“ vabal kujul. Vaatlustest oli ammu teada, et sööbelubi kaotab kaua-aegsel õhu käes seismisel temas leiduva „tulemateeria“, ning Black kavatses selle mateeria eraldumismomendil kinni püüda. Ent kuidas seda teostada?

Juba 1630. a. viitas hollandi keemik van Helmont „õhutao-liste“ ainete põhilistele iseärasustele. Ta nimetas selliseid aineid gaasideks (kreekakeelsest sõnast „chaos“ — meie „kaos“) ning töötas välja esimesed võtted nende tundmaõppimiseks. Neid võtteid täiustati edaspidi tunduvalt. Nii hakati näiteks gaaside kogumiseks kasutama veega täidetud ja vette asetatud kaelaga ümberpööratud klaasanumaid.

Sellist aparati otsustas kasutada ka Black, kes soovis „tulemateeriat“ kinni püüda. Ta asetas kaalutud hulga põletatud lubja anumasse, ühendas selle toru abil veega täidetud gaasikogujaga ning jäi ootama. Möödus mõni päev. Lubi kaotas oma söövivuse. Kuid seda ei saanud mingi gaasitaolise aine eraldumine. Vastupidi, Black avastas, et aparadis leiduva õhu ruumala oli tunduvalt vähenenud. Ta kaalus ära lubja, mis oli välimuselt tunduvalt muutunud, ning tegi kindlaks, et tema kaal oli suurenenud. Siit järeldus esiteks, et sööbelubi absorbeeris osa õhust, ning teiseks, et erinevus sööbe- ja pehmete leeliste vahel ei sõltu üldse „tulemateeriast“.

Siis võttis Black arstiteaduses tarvitatava aine — magneesia, mida toodetakse mereveest. Pehme magneesia evib kõiki pehmete leeliste omadusi — ta „keeb“ hapetega ja muutub pärast põletamist sööbivaks. Black pööras tähelepanu huvitavale faktil: pehme magneesia kaal väheneb põletamisel tunduvalt, põletamise tulemusena tekkinud sööbemagneesia ei „kee“ hapete toimel, vaid annab nendega täpselt samasuguseid sooli

kui pehme magneesia. Kuid see tähendab, et pehmed leelised ei ole mitte elementaarsed ained, vaid liitained, sest nad lagunevad põletamisel sööbeleeliseks ja üheks teiseks aineks, millest sõltub pehmete leeliste keemine hapetega.

Black otsustas seda ainet uurida. Kas pole see mitte vesi? Ta asetaski pehme magneesia jahutatava kogujaga ühendatud klaasretorti, ning kuumutas seda. Magneesia kaal vähenes tunduvalt, vett aga kogunes kogujasse nii vähe, et oli selge: mitte vesi ei lendu pehme magneesia põletamisel. Siis tegi Black ainsa võimaliku järelduse: pehme magneesia põletamisel eraldub gaas, seesama gaas, mis eraldub ka hapete toimel magneesiasse ning kutsub esile kihina ja „keemise“.

Kasutades pidevalt kaalusid, õppis Black tundma ka teisi leelisaineid.

Kõigist pehmetest leelistest eraldus põletamisel üks ja sama gaas, kusjuures tema kaal võrdus alati pehme leelise ja temast tekkinud sööbeleelise kaalude vahega.

Black õppis seda gaasitaolist ainet tundma. Ta leidis, et see ei erine gaasist, mis eraldub hingamisel ja käärimisel. Et seda gaasi seovad — fikseerivad — sööbeleelised: sööbelubi ja teised ained, nimetas Black ta „fikseeritavaks õhuks“.

Tänapäeval süsihappegaasiks nimetatava „fikseeritava õhu“ avastamine omas suurt tähtsust: ta näitas esiteks, kui viljakas on kvantitatiivne meetod keemiliste muutuste tundmaõppimisel, teiseks viis ta tunduvalt edasi õpetust gaasidest. Selle katse abil näitas Black esmakordselt olulist vahet gaaside vahel, mida enne teda peeti üheks ja samaks atmosfääriõhuks, millega on ainult segatud mitmesugused lisandid.

Uue meetoodika poole.

Niiviisi — töötades, kaalud käes, nagu Lomonossovgi — näitas Black, et suure leelisainete klassi omadusi võib seletada ka ilma „tulemateeria“, ilma flogistoniteooria abita.

See oli suursaavutuseks keemias, ehkki Black ise ei mõistnud selle tähtsust ega jõudnud järeldusele, et flogistoniteooria tuleb täielikult kõrvale heita.

Selle teooria lõplik purustamine aga polnud enam mägede taga.

Harjumus töötada, kaalud käes, ei võinud jätta järelemõtlikumaid õpetlasi mõttele viimata vasturääkivustest, milleni viib flogistoniteooria. Ta näis olevat õige seni, kuni nähtusi vaadeldi ainult kvalitatiivsest küljest. Metallide seletamine metalli lagunemisena tagiks ja flogistoniks või metalli taandumise seletamine flogistoni ühinemisena tagiga ei sisalda kvalitatiivsest küljest mingeid vastuolusid. Ent tulemus on hoopis teine, kui õppida neid nähtusi tundma kvantitatiivselt. Kaaludes keemilisest protsessist osa võtvaid aineid niihästi enne protsessi algust kui pärast tema lõppu, nagu nõudis Lomonossov, tehti kindlaks, et tagi kaal on võetud metalli kaalust alati suurem. Ent flogistoniteooria järgi saadab metalli põlemist flogistoni lendumine.

Flogiston võetakse ainult ära, ent aine muutub raskemaks! Flogistoniteooria ei hõlmanud nähtuste kvantitatiivset külge. Aja jooksul selgus see üha suuremale keemikutehulgale.

Ent flogistikud ei alistunud otsekohe. Nad hakkasid väitma, et flogistonis kaal on negatiivne, see tähendab, ta kaalub vähem kui „eimiski“, ning seepärast teeb tema eemaldamine keha raskemaks kui ta oli enne.

Enne uue, endisest printsiipiaalselt erineva töömehoodika tarvituselevõtmist keemias oli aatomiõpetust võimatu keemia alusmüüriks tunnistada.

Keemikute vana, ainult tule toimel põhinev töömehoodika oli end täiesti ammendanud. Tule abil võib iga aine ära põletada. Kas aga see või teine teooria õieti seletab sealjuures toimuvat protsessi, on võimatu otsustada, rakendamata töös mõnda uut meetodit.

Sellise mehoodika poole avas tee suur Lomonossov. Ta tõestas aine jäävuse seaduse selle tõttu, et ta ei piirdunud metallide lihtsa hõõgutamisega, nagu seda tegi Robert Boyle. Lomonossov võttis teadlikult arvesse õhu osatähtsuse, ning rajas niiviisi aluse uue uurimismehoodi — gaasitaoliste kehade kinnipüüdmise ja mõõtmise — väljatõötamisele. Selle meethodi kasutamise seletus ka Blacki edu leelisainete tundmaõppimisel.

Ning terve XVIII sajandi teine pool, Lomonossovi töödest alates, möödus keemikuil uue meethodika — gaaside mõõtmise meethodika — poole liikumise tähe all.

Kolm uut õhku.

Uhena esimestest asus gaase ehk — nagu neid siis sagedamini nimetati — „kunstlikke õhke“ tundma õppima inglise teadlane Henry Cavendish.

1766. aastal õnnestus tal saada „kunstlikku õhku“ tsingi, raua või inglistina toimel lahjendatud sool- või väävelhappesse. Nagu Blacki „fikseeritud õhk“, nii ei osutunud ka Cavendishi „õhk“ tavalise atmosfääriõhu eri liigiks, vaid täiesti iseseisvaks aineks. „Fikseeritavast õhust“ erinevalt põles ta hästi, mistõttu saigi nimetuse „põlev õhk“. See oli meie praegune vesinik.

Viis aastat hiljem tehti järgmine tähtis avastus gaaside alal. Rootsi keemik Carl Scheele uuris 1771. aastal õhu koostist. Põletades suletud anumast hästipõlevaid aineid — fosforit, väävlit ja viinpiiritust, leidis ta, et sealjuures kaob üks viiendik õhust. Tähenab, õhk koosneb vähemalt kahest erinevast gaasist: üks neist võtab põlemisest osa, soodustab põlemist, — see on „tuliõhk“, teda on atmosfääris üks viiendik; ülejäänud neli osa ei toeta põlemist — see on „riknenud õhk“.

Nii avastati atmosfääriõhu peamised koostisosad: hapnik — nagu nüüd nimetatakse „tuliõhku“, — ja lämmastik — „riknenud õhu“ nüüdisaegne nimetus.

Hapnik avastati 1774. aastal teistkordselt inglise teadlase Joseph Priestley poolt. Õppides suure luubi abil tundma tugeva kuumuse mõju mitmesugustesse ainetesse, suunas Priestley kontsentreeritud päikesekiired punasele elavhõbedatagile. Oma üllatuseks leidis ta, et kuumenenud kohtadel eralduvad õhumullikesed ning ilmuvad elavhõbedatilgakesed. Olles selle „õhu“ kokku kogunud, uuris Priestley tema omadusi. „Mis mind rohkem hämmastas, kui jutustada suudan,“ kirjutas ta, „on see, küünal põles selles õhus üllatavalt heleda leegiga.“

Priestley oli veendunud flogistik. Põlemisprotsessi pidas ta põlevast aineist flogistoni eemaldumise protsessiks. Punasest elavhõbedatagist toodetud „õhk“ toetas põlemist palju paremini kui tavaline õhk. Nähtavasti on sellel uuel „õhul“ selline omadus selle tõttu, otsustas Priestley, et ta ise on täiesti flogistonita ning võtab flogistoni põlevailt aineilt ahnelt ära. See tõttu nimetas Priestley oma „õhku“ (praegust hapnikku) „flogistonita õhuks“.

1774. aasta oktoobris külastas Priestley Pariisi. Siin võeti ta

vastu prantsuse akadeemik Lavoisier', Prantsusmaa ühe suurima teadlase ja rikkaima inimese poolt, kelle maja oli kuulus luksuslike vastuvõtude poolest. Lõunasöögi ajal jutustas Priestley peremehele muuseas oma katseist punase elavhõbedatagi lagundamisega ning sealjuures eralduva „flogistonita õhu“ üllatavatest omadustest.

Jutustus jättis ülitugeva mulje maja peremehesse, kes nägi selles võtit ühe avastuse juurde gaaside alal, millele ta oli viimaste aastate töodes lähenenud. Ent ta püüdis varjata huvi, mida külalise sõnad temas olid äratanud. Tal olid selleks erilsed põhjused...

Kaks inimest.

Antoine Laurent Lavoisier, üks suurimaid prantsuse keemikuid, sündis Pariisis 26. augustil 1743. aastal, ajal, mil Lomonossov oli juba küps õpetlane ja Peterburi Teaduste Akadeemia adjunkt.

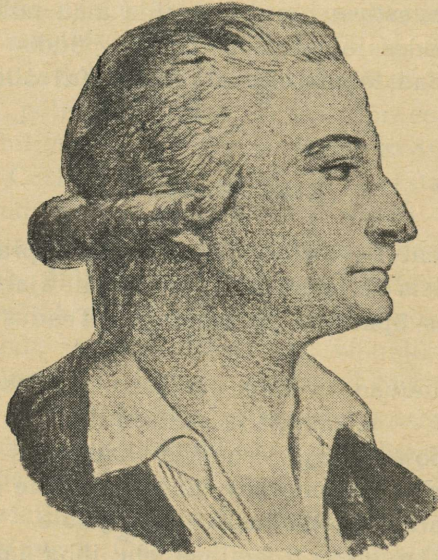
Kui järsult erinevad on kahe geniaalse teadlase — Lomonossovi ja Lavoisier' — isiksused ja saatused!

Randlase-talupoja poeg, Venemaa kaugeima põhja kolka-külakesest põlvnev Lomonossov murdis enesele suure vaevaga teed kultuuri, teadmiste, teadusliku töö poole. Varaka Pariisi prokuröri poega Lavoisier'd hellitas elu juba lapsepõlves kõikide mõnudega. Kõik oli tema käsutuses — niihästi rikka kodanlase jõukas elu kui ka lahtised ukсед igasse õppeasutusse ja võimalus teha karjääri igal riigiteenistuse alal.

Alles kahekümne-aastaseks saades võis Lomonossov esmakordselt pääseda kooli — vaimulikku akadeemiasse ühe Moskva kloostri juures —, ning sedagi ainult varjates oma põlvenemist talupoegade hulgast, sest oli olemas käsk „mõisnikele kuuluvad inimesed ning talupoegade lapsed heita välja samuti kui taipamatud ning halva iseloomuga lapsed, ning edaspidi neid mitte enam vastu võtta“. Vaimulikus akadeemias kohati eakat õpilast pilgetega: „Ennäe, milline kahekümne-aastane tolvan tuli ladina keelt õppimal“. Lavoisier lõpetas, tänu isa varandusele, kahekümnendaks eluaastaks Mazdrini kolledži ja seejärel õigus-teaduskonna, ning omandas advokaadikutse.

Lomonossov kannatas õppeaastail „ärarääkimata puudust: saades kolm kopikat päevas palka, oli võimatu osta rohkem toitu

kui poole kopika eest leiba ja poole kopika eest kvassi päevas, ülejäänud raha läks paberile, jalatsitele ja teiste vajaduste katmiseks. Sel kombel“, meenutas ta, „elasin ma viis aastat, loobumata teadusest“. Lavoisier, kellel polnud vaja töötada raha teenimiseks, hülgas juriidilise ala ning, mitte kiirustades, proovis oma jõudu kirjanduse, filosoofia, matemaatika ja meteoroloogia



Antoine Laurent Lavoisier.

alal, täiendas haridust, külastas Prantsusmaa suurimate teadlaste loenguid, õppides nende juhatusel tundma füüsikat, keemiat ja teisi loodusteadusi.

Et pääseda Peterburi Teaduste Akadeemiasse, tuli Lomonosovil murda seal kannakinnitanud andetute välismaalaste vastu, seejärel aga raisata kogu elu kestel palju aega, jõudu ja tervist nende vastu võitlemiseks. Lavoisier pääses Pariisi Akadeemiasse väga kergelt, pärast seda kui ta oli tõmmanud enesele akadeemikute tähelepanu osavõtuga võistlusest parimale linnatänavate valgustamise meetodile (ehkki tema töö ei saanud auhinda), edaspidi ta aga ei kulutanud jõudu võitluses oma õiguste eest, vaid vastupidi, saades Akadeemia viitse-presidendiks, takistas ise noorte teadlaste sissepääsu sinna, astudes välja akadeemikute arvu suurendamise projekti vastu.

Lomonossov rahuldus akadeemiku tagasihoidliku palgaga, mõtlemata rikkusele ja ei tegelnud raha pärast millegagi, mis oleks võinud teda teaduslikust ja haridusalasest tööst eemale kiskuda. Lavoisier armastas välist hiilgust, korraldas oma salongis toredaid vastuvõtte ja püüdis igal viisil suurendada oma varandust. Aasta pärast valimist Teaduste Akadeemiasse sai ta peariigirentnikuks, astudes „Rendikompaniisse“ — ühte vana Prantsusmaa süngeimasse asutusse. Koos teiste riigirentnikega ostis Lavoisier riigilt teatud summa eest õiguse nõuda elanikkonnalt makse ja lõive, seejärel aga sai selle summa mitmekordselt tagasi, pumbates töörahvalt välja viimse mahla. Püüdes suurendada riigirentnike tulusid, pani Lavoisier ette ehitada müür ümber Pariisi, mis maksis prantsuse riigile 33 miljonit franki ja mille ainsaks otstarbeks oli takistada tollimaksuga maksustamata toiduainete ja kaupade linna toomist. Riigirentniku muinasjutuliste tuludega rahuldumata, hakkas Lavoisier väävli- ja püssirohumonopoli ülemaks ja Rahvusliku Statistika-kassa administraatoriks. See kõik võimaldas tal saada üheks Prantsusmaa rikkamaks inimeseks, ning samal ajal rikkuse omandamise meetoditega ära teenida prantsuse rahva õigustatud vihkamise.

Oma teaduslikus tegevuses oli Lomonossov alati erakordselt aus. Astudes otsustavalt välja vanade, iganenud vaadete kaitsjate vastu, andis ta alati teenitud koha isegi teiste õpetlaste kõige väiksematele teenetele, püüdmata kunagi nende avastusi ja teooriaid enesele omistada. Rahuldumata oma suurte teaduslike teenetega, ei tundnud Lavoisier vastumeelsust teiste teadlaste kuulsuse omastamise vastu, omistades nende avastusi enesele. Nii kasutas ta, Priestley'lt tema poolt avastatud „flogistoni õhust“ teada saanud, seda avastust Priestley nime nimetamata, nii nagu oleks selle avastuse teinud tema ise, Lavoisier. Edaspidi ei häbenenud ta aga kirjutada otsekohele: „Selle gaasi, mis avastati peaaegu üheaegselt Priestley, Scheele ja minu poolt, kavatsen ma hapnikuks nimetada...“ See ilmne kuritahtlikkus kutsus esile hukkamõistu isegi mõnede kodanike teadusajaloolaste poolt. „Tõeliselt ei avastanud hapnikku Lavoisier!“ hüüab näiteks saksa teadlane professor E. F. Lippmann. „Ka teistel juhtudel,“ lisab ta, „on Lavoisier omistanud enesele teiste uurijate avastusi, muutes mõnikord isegi oma tööde daatumeid.“

Et Lomonossov teenis oma rahvast tõemeeli kogu oma elu kestel, kuulus talle tema kaasmaalaste eesrindliku osa austus ja armastus, ning surres võis ta kindla veendumusega öelda: „Tean, et isamaa poegadel on minust kahju.“ Lavoisier pühen- das täielikult teadusele ainult ühe päeva nädalas, tegeldes temaga teistel päevadel ainult hommiku- ja õhtutundidel. Kogu ülejäänud aja kulutas ta oma tegevusele riigirentnikuna ja teistele äriasjadele. Olles Pariisi elanikkonna poolt vihatud kui ekspluataator-riigiametnik, oli ta 1789. aasta Prantsuse revolutsiooni päevil rahvavaenlaste hulgas. Ajaloolisel tormijooksu päeval Bastille'le — kuningriikliku Prantsusmaa süngele tugi- sambale — saatis Lavoisier rahva poolt vihatud kindlus-vangla kaitsjaile koorma püssirohtu, selle püüdsid aga kinni ülestõusnud. Lavoisier ei järginud Prantsusmaa suurimate õpetlaste — tuntud keemiku Berthollet', matemaatik Monge'i ja teiste eeskujut, kes rakendasid oma teadmised revolutsiooni teenistusse ja andsid kogu oma jõu isamaa kaitsmiseks Euroopa feodaal-monarhistlike maade sõjavägede vastu. Olles Teaduste Akadeemia juhatuses, koondas Lavoisier enda ümber kõige reaktsioonilisemalt meeles- tatud teadlasi ning asus nende etteotsa võitluses revolutsiooni- liste masside vastu. Rasked roimad oma rahva vastu viisid selleni, et Lavoisier vahistati 28. novembril 1793. aastal koos teiste riigiametnikega ning anti revolutsioonilise tribunaali kohtu alla. Kui „vandenõust osavõtnuile, kes püüdsid Prantsus- maa vaenlaste edule prantsuse rahvalt väljapressimiste ja eba- seaduslike altkäemaksude võtmise teel kaasa aidata... kes omastasid riigikassale määratud tulud, röövivad rahvast ja rahvuslikku ühisvara despootide koalitsiooni vastu peetavaks sõjaks hädavajalike hiigelsummade omastamise ja nende summade viimatimainituile üleandmise sihiga“, langetati Lavoisier'le koos teiste kohtualustega surmaotsus, ning ta giljotineeri- riti 8. mail 1794. aastal.

Lavoisier' ja Lomonossovi tööd.

Olles saanud hiilgava, sügava ja mitmekülgse hariduse, pidi Lavoisier enesestmõistetavalt teadlik olema Lomonossovi tea- duslikest töödest. Avaldatud enamasti ladina keeles, saadeti nad Peterburi Teaduste Akadeemia poolt laiali kõikidele Euroopa

maade raamatukogudele, sealhulgas ka Prantsusmaale (Pariisi Teaduste Akadeemiaga kujunesid Peterburi Akadeemial juba ta tekkimisest alates sõbralikud suhted — nähtavasti mälestusena sellest, et meie Akadeemia loomise algataja Peeter I oli Pariisi Teaduste Akadeemia auliige). XVIII sajandi teaduslik kirjandus oli mahult niivõrd väike, teaduslikud ajakirjad aga niivõrd väikesearvulised, et viimaste aastakümnete kõikide trükiteostega tutvumine ei teinud suurt vaeva ning oli igale õpetlasele tingimata tarvilik. Selles vältimatus nimestikus seisid enesestmõistetavalt kõik Peterburi Teaduste Akadeemia väljaanded, kus Lomonossovi tööd olid ilmunud.

Lavoisier hakkas loodusteadustega tõsiselt tegelema alles mõni aasta pärast kuulsat vaidlust soojuse põhjusest, mis tekitas Euroopas elevust Lomonossovi väitekirja avaldamise ja magister Arnoldi ebaõnnestunud esinemise tagajärjel. Mälestus sellest vaidlusest püsis teaduslikes ringides kaua, ning Lavoisier ei võinud mööduda Lomonossovi soojusõpetusest, seda enam et vene akadeemiku lõppartikkel — vastus Arnoldile — oli ilmunud prantsuse ajakirjas.

Füüsikat tundma õppides ei võinud Lavoisier mööduda ka Lomonossovi töödest elektri kohta. Lomonossovi sõbra akadeemik Richmanni surm 1753. aastal välgulöögist kahe õpetlase poolt koos sooritatud katsete ajal atmosfäärielektriga, jättis sügava mulje kogu maailmale. Katsete tulemustest ja oma elektriteooriast — esimesest teaduse ajaloos — pidas Lomonossov 26. novembril 1753. aastal Akadeemia pidulikul istungil avaliku kõne. Nagu alati, nii avaldati ka see kõne — „Kõne Elektrijõu tõttu õhus toimuvaist nähtusist“ — viivitamata ning saadeti laiali kõigile piiritagustele teaduslikele asutistele, peale selle veel üksikutele teadlastele, kelledest paljud saatsid Peterburi oma hinnangu. On täiesti ebausutatav, et Lavoisier, kes tundis huvi meteoroloogia vastu ja sellega palju tegeles, ei oleks kas või ainult sellepärast lugenud tähelepanuväärset teost, milles Lomonossov, nagu me juba rääkisime, andis esmakordselt teadusliku seletuse sellistele ilmastikunähtustele, nagu ootamatud järsud külmenemised pärast sulailmu ja tugev äike keset selget suvepäeva.

Lavoisier'le ei võinud geoloogia ja mineraloogia tegelemisel tundmatuks jääda Lomonossovi raamatu „Metallurgia ehk maagiasjanduse esimesed alused“, mis ilmus trükis 1763. aastal,

samuti tema „Kõne metallide sünnist“ — kõne Teaduste Akadeemia avalikul koosolekul 6. septembril 1757. aastal, mis ilmus varsti ka trükis. Kogu maailmas leidis tol ajal geoloogia ja metallurgia alal ainult mõningaid üksikuid töid, ning iga uus trükis tõmbas enesele üldise tähelepanu.

1777. aastal kirjutas Lavoisier töö „Tulemateeria ühinemisest auruvate vedelikkudega“. Ta mainis selles akadeemik Richmanni artiklit „Vedeliku jahtumisest aurumisel“. Richmanni artikkel ilmus samas „Sankt-Peterburi Akadeemia Uute Kommentaaride“ köites, kus ilmusid Lomonossovi neli suurt teost, sealhulgas ka tema kuulsad väitekirjad „Keemiliste lahustite üldisest toimest“, „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“ ja „Katse luua õhu elastsusjõu teooriat“. On täiesti uskumatu, et Lavoisier oleks seda Peterburi teadusliku ajakirja köidet käes hoides möödunud Lomonossovi töödest, mis moodustasid tubli kolmandiku koguteosest.

Oma esimesele suurele tööle keemias — põlemisprotsessi uurimisele (ta hakkas seda uurima seoses osavõtuga võistlusest parimale linnadevalgustamise-viisile) — asus Lavoisier 1764. aastal. Lomonossov elas veel sel ajal, ning tema kuulsus kogu maailma teadlaste keskel oli jõudnud haripunkti. Alles aasta enne seda valiti ta Rootsi Teaduste Akadeemia auliikmeks, ning just 1764. aastal — Bologna Teaduste Akadeemia auliikmeks. Seoses Bologna Akadeemiasse valimisega ilmus itaalia teaduslikus ajakirjas „Firenze teated“ suur, üksikasjaline artikkel Lomonossovi teadusliku tegevuse kohta. On täiesti uskumatu, et Lavoisier ei teadnud seda artiklit või et ta, lugenud seda artiklit, ei tundnud huvi Lomonossovi vastu ega tutvunud tema töödega soojuse olemusest, gaaside olemusest, õhu liikumisest ja teistest küsimustest, mis olid otseselt seotud probleemiga, mille kallal ta ise töötas.

Lavoisier, üks oma aja haritumaid inimesi, keda loodus oli varustanud hiilgavate annetega, ei elanud ega töötanud mitte asustamatul saarel. Ta elas Euroopa südames, Prantsusmaa pealinnas Pariisis, mis XVIII sajandi keskel pidas elavaimat sidet teiste linnade ja maadega. Elades selles tolle aja ülemaailmses kultuurikeskuses, ei võinud nii suure ja laia tegevuspiirkonnaga teadlane kui Lavoisier mitte kursis olla teiste maade teadlaste tähtsaimate avastustega. Seda enam ei võinud talle tundmatuks

jääda need välismaa teadlaste tööd, mis puutusid tihedalt kokku tema enese teadusliku uurimistöödega.

Lomonossov oli XVIII sajandi suurimate teadlaste keskel see teadlane, kelle tööd puudutasid teiste omadest sagedamini vahe- tult neid valdkondi teaduses, mis huvitasid Lavoisier'd. Just selle tõttu pole mingit kahtlust faktis, et Lavoisier tundis hästi Mihhailo Vassiljevitsš Lomonossovi teaduslikke saavutusi. Ole- tada vastupidist tähendaks heita pälvimatut varju sellistele üld- tuntud faktidele nagu silmapaistva prantsuse tealase põhjalik haridus ja erakordne eruditsioon.

Lomonossovi kannul.

Ainult osa oma ajast pühendas Lavoisier teaduslikule tööle. Kuid sellegi aja kestel saavutas ta hiilgavaid tulemusi. Need sunnivad kahetsema, et see inimene polnud võimeline nõõrija- kodanlase madalaid instinkte maha suruma. Ta mitte ainult ei raisanud suurema osa oma elust teadusele tulutu isikliku kasu tagaajamiseks, vaid pälvis ka kaasmaalaste teenitud põlguse.

Me rääkisime juba, et Lavoisier'le ei võinud tundmatud olla sellised Lomonossovi teaduslikud tööd, nagu „Mõtisklused soojuse ja külmuse põhjusest“, „Mateeria hulga ja kaalu suhtest“ ja „Arutlus ainete tahkest ja vedelast olekust“. Nendest töödest sai ta teada esiteks seda, et Lomonossov polnud nõus sellega, kuidas inglane Boyle seletas metallide kaalu kasvu põletamisel (saladusliku „tulemateeria“ osakeste tungimisega neisse); teiseks seda, et Lomonossov ise seletas seda kasvu metallide ühinemisega õhuosakestega; ning lõpuks, kolmandaks, aine kaalu jäävuse seadusest, mille Lomonossov tuletas algul Boyle'i katseid analüüsides ning seejärel tõestas oma katsetega. Need vene teadlase tööd avaldasid nähtavasti sügavat muljet noorele Lavoisier'le, kes kirjutas 20. veebruaril 1772. aastal: „Ma sain teadlikuks vajadusest korrata kõigepealt katseid, mida saadab õhu neeldumine, ning suurendada nende arvu, et ma võiksin selle aine tekkelugu tundes jälgida tema toimet mitmesugustes ühendites... Neist katseist ma pidasingi vajali- kuks alustada.“

Ning siis kordas Lavoisier 1774. aastal, 18 aastat pärast Lomonossovit, tema eeskuju järgides, katseid metallide põleta- misega kinnijoodetud ja avatud anumais. Kaaludes anumaid

metallidega enne ja pärast põletamist, enne ja pärast avamist, nagu tegi Lomonossov, sai ta needsamad tulemused: osa õhust ühineb kuumutamisel metalliga, kusjuures kõikide ainete kogukaal enne ja pärast keemilist protsessi jääb muutmatuks.

Nii viisi kinnitasid Lavoisier' katsed veelkordselt Lomonossovi seadust aine kaalu jäävuse kohta. Prantsuse teadlane oli väga hästi teadlik selle seaduse määratu suurest, põhjanevast tähtsusest kõikide looduses toimuvate ja tehnikas kasutatavate keemiliste protsesside jaoks (seepärast tarvitas ta kõikides oma katsetes kaalusid, nagu Lomonosovgi). Kuid Lavoisier ei mõtelnudki seda seadust oma avastusena avaldada. See on ka arusaadav: Lavoisier teadis nagu teisedki teadlased, et kaalu jäävuse seadus oli juba avastatud ja avaldatud Lomonossovi poolt, ning esitada siis oma pretensioone oleks tähendanud end naeruväärseks teha.

See-eest aga, saades 1774. aastal tema salongi külastanud Priestleylt teada, et viimane oli avastanud „flogistonita õhu“, mis soodustab põlemist palju paremini kui tavaline õhk, ning meenutades, et katsetel metallide põletamisega ei ühine metalliga mitte kogu õhk, vaid ainult tema mingi kindel koostisosa, tegi Lavoisier järelduse, et see osa ongi „flogistonita õhk“. Olles nimetanud selle hapnikuks, ruttas ta oma järeldust avaldama, mainimata inglise teadlase osa... Sel juhul võis ta loota „edule“: Priestley avastus oli veel „värske“, ning kaugeltki mitte kõik teadlased ei olnud selles teadlikud; järelikult võis pretendeerida hapniku „kaasleiutaja“ osale...

On raske ütelda, milleks oli prantsuse teadlasel vaja omissada seda Priestley avastust enesele. Iseenesest oli ta mõõtmata võimsem sellest, mille sooritas Lavoisier, tehes kindlaks hapniku osa põlemisprotsessides. Kuid niisugune oli selle inimese loomus, kelles seltsisid geniaalne teadlane ja tüüpiline nõõrija-riigiametnik...

Määrates kindlaks hapniku osatähtsuse põlemisprotsessides, uuris Lavoisier, rangelt Lomonossovi kaalu jäävuse seadusest juhindudes, kõige üksikasjalisemalt paljusid nähtusi. Neis töedes ilmnes täielikult kuulsa prantsuse teadlase hämmastav meisterlikkus katsete alal. Samm-sammult õppis ta hoolsasti tundma kõiki hapniku osavõtul toimuvate keemiliste protsesside peensusi. Kuna aga hapniku osavõtul toimuvad protsessid moodus-

tasid rõhuva enamiku XVIII sajandil tuntud keemilistest nähtustest, siis seletas Lavoisier oma töödega peaaegu kogu keemia poolt kogutud faktilise materjali.

Et tõestada hapniku täielikku ühinemist metalliga, kui see põleb, muutudes tagiks, asetaski Lavoisier teatud hulga elavhõbedat pika, kõvera kaelaga klaasretorti, mille ots oli viidud õhku sisaldava kupli juurde, ning hakkas elavhõbedat kuumutama, ajades ta peaaegu keema. Juba teisel päeval ilmus elavhõbedapinnale punane tagikirme. Lakkamatu kuumutamise esimese viie ööpäeva jooksul suurenes kirme alguses küllaltki kiiresti, seejärel aga üha aeglasemalt ja aeglasemalt. Lavoisier lõpetas kuumutamise alles 12 ööpäeva pärast, veendudes, et punase elavhõbedatagi tekkimine oli lakanud. Ta tegi kindlaks, et õhu maht kupli all vähenes ligikaudu 7—8 kuuptolli võrra, ning et järelejäänud „lämmatavas õhus“ kustuvad põlevad ained silmapilkselt, loomad aga surevad.

Pärast seda eraldas Lavoisier hoolikalt tekkinud punase elavhõbedatagi, asetaski ta väikesse retordikesse, mis oli ühendatud kogujaga gaaside püüdmiseks, ning hakkas soojendama. Punase tagi maht hakkas vähenema, ning mõne minuti pärast muutus ta elavhõbedaks, kusjuures gaasikogujasse kogunes ligikaudu 7—8 kuuptolli gaasi, see tähendab, täpselt niisamapalju, kui palju oli kadunud kupli alt. See gaas soodustas põlemist palju paremini kui atmosfääriõhk. Ilmselt oli see hapnik — Priestley „flogistonita õhk“ või Scheele „tuliõhk“. Et seda kontrollida, segas Lavoisier „lämmatava õhu“ jäägi kupli all elavhõbedatagi kogunemisel saadud gaasiga. Tekkis tavaline õhk kõigi tema tuntud omadustega.

Et elavhõbe punases tagis on tõesti ühinenud, seda tõestas Lavoisier, kuumutades tagi mitte üksi, vaid söepulbriga segatuna. Hapniku asemel tekkis Black'i „fikseeritav õhk“ (süsihappegaas). Ent seesama „fikseeritav õhk“ tekkis ka söe põletamisel õhus või puhtas hapnikus. Tähendab, „fikseeritav õhk“ on süsiniku ja hapniku ühend, kusjuures antud juhul süsi võis oma hapniku võtta ainult elavhõbedalt.

Need katsed selgitasid küllaldasel määral põlemisprotsesside olemust.

Lavoisier' „kangelastegu“.

1777. aastal esitas Lavoisier Pariisi Teaduste Akadeemiale artikli „Uldisest põlemisest“.

„Ma luban enesele,“ kirjutas ta selles artiklis, „esitada Teaduste Akadeemiale uue põlemise teooria... mille abil seletuvad vägagi rahuldavalt kõik põlemis- ja põletamisnähtused, ning osalt isegi nähtused, mis saadavad loomade hingamist.“

Lavoisier' artikkel etendas keemiateaduse ajaloos tähtsat osa. Ent samal ajal ilmnes temas täiel määral prantsuse teadlase teoreetiliste kujutluste järjekindlusetus.

Lavoisier elas ja töötas mõnikümmend aastat pärast Lomonosovit. Keemia rikastus selleks ajaks avastustega, millest vene teadlane ei teadnud ega võinudki teada. Ent hoolimata sellest, et tema käsutuses oli laialdasem faktiline materjal, ei suutnud Lavoisier jõuda järelduseni, et on vaja täielikult kõrvale heita vana teaduse segased ja vassitud kujutlused tabamatuist (tõeliselt aga olematuist) „peentest mateeriatest“, milleni Lomonosov jõudis palju puudulikumate andmete põhjal. Ehkki Lavoisier kirjutas Lomonosovi poolt metallide põletamisega tehtud katsete kordamisele asudes: „Uurimisobjekti tähtsus oli mulle tõukeks selle töö algustamisel, mis, nagu ma arvan, peab füüsikas ja keemias tegema revolutsiooni,“ ei saanud ta tõeliselt aru, milles peitub võti keemia ümberkujundamiseks, mida ta (tema järgi aga ka kõik kodanlikud teadlased) nimetas „revolutsiooniks keemias“, oli kõigest flogistoniteooria reform. Sest ehkki Lavoisier oli põlemisprotsessi seletanud uutmoodi, jättis ta teadusesse siiski kujutluse „soojust-tekkitavast mateerias“, see tähendab, tegelikult samast flogistonist.

Artiklis „Uldisest põlemisest“ märkis Lavoisier vägagi meisterlikult flogistoniõpetuse (mida ta ühe selle rajaja nime järgi nimetas „Stahli õpetuseks“) ebajärjekindlust ja vastuolusid. „Mitmesugused nähtused metallide põletamisel ja põlemisel seletuvad Stahli hüpoteesi abil väga edukalt,“ kirjutas ta, „kuid temale järgnedes tuleb oletada, et metallides, väävlis ja kõikides ainetes, mida ta arvab põlevat, leidub tulemateeria ehk seotud flogistoni. Ent kui nõuda Stahli õpetuse pooldajailt, et nad tõestaksid tulemateeria olemasolu põlevas aines, siis langevad nad vältimatult nõiaringi ning on sunnitud väitma, et põlevad ained sisaldavad tulemateeriat, kuna nad põlevad, nad põlevad

aga selle tõttu, et sisaldavad tulemateeriat. Nii on lõppkokkuvõttes kerge näha, et põlemist seletatakse põlemise endaga."

Toetudes katseandmeile, andis Lavoisier põlemisprotsessidele uue seletuse. Ta tegi kindlaks, et põlemine on põleva aine ja hapniku ühinemisprotsess, kusjuures põlenud aine kaal suureneb täpselt neeldunud hapnikuhulga võrra. Järelikult ei kujuta põlemissaadused enesest mitte elementaarseid aineid, lihtaineid, vaid põlenud ainete ühendeid hapnikuga, nii on näiteks Blacki „fikseeritav õhk“ süsiniku ja hapniku ühinemissaadus, metallitagiid — metallide ja hapniku ühinemissaadused. Hingamisprotsess on täiesti sarnane tavalise põlemisprotsessiga, ainult et ta kulgeb aeglasemalt. Seejuures tekib ja eraldub samuti soojus, mis säilitab organismis ühtlast temperatuuri.

Kuid olles põlemis- ja hingamisprotsesside — hapniku osavõtul toimuvate protsesside — loomust õieti seletanud, jäi Lavoisier siinsamas, sellesamas artiklis, flogistoniteooria kunstlike seletuste ja vasturääkivuste juurde. „Igasuguse põlemise puhul,“ räägib ta artiklis „Üldisest põlemisest“, „toimub tulemateeria ehk valguse eraldumine,“ „igasugusel metalli põletamisel eraldub tulemateeria.“ — „Minult küsitakse kahtlematult,“ jätkas ta, „mida ma tulemateeria all mõtlen. Vastan, et tulemateeria ehk valgus on väga peen, väga elastne kaalutu vedelik, mis ümbritseb meie planeeti igast küljest, tungib enam-vähem kergesti ainesse, millest planeet koosneb, ning püüab, kui ta on vaba, saavutada neis kõigis tasakaalu.“

Milles on siis erinevus selle Lavoisier' õpetuse ja klassikalise flogistoniteooria vahel?

Selle teooria järgi sisaldavad põlevad ained flogistoni, mis põlemisel vabaneb; hapnikku esimeste flogistikute ajal ei tuntud, ning loomulikult ei arvestatud flogistoniteooria tema osaga põlemisprotsessides.

Lavoisier lähtus sellest, et põlenud ainete kaal on lähteainete omast suurem ning et kaalu suurenemine toimub liitunud õhuhapniku arvel. Seepärast jättis ta kõrvale flogistoni olemasolu põlevais kehas ning kandis selle osatähtsuse üle kõikidest põlemisprotsessidest osavõtvale hapnikule. Nii ei heitnud Lavoisier „tulemateeria“ mõistet mitte täiesti kõrvale, vaid reformeeris teda, kohastas ta uuele põlemisteooriale.

See kõik kõneleb sellest, et Lavoisier tegi, võrrelduna Lomonossoviga, kes suri temast 28 aastat varem, teoreetiliste

kujutluste valdkonnas sammu tagasi. See-eest oli Lavoisier eksperimentaalse uurimise valdkonnas Lomonossovi tööde ja meetodite otseseks järglaseks — ning see on kahtlemata tema teeneks.

Lavoisier poolt hangitud katselised andmed võimaldasid tal 1789. aasta märtsis avaldada kuulsa raamatu „Keemia algõpik“, mis on esitatud uuel kujul kooskõlas kaasaegsete avastustega. Alles siin — 41 aastat Lomonossovist hiljem — tõi Lavoisier esmakordselt ära aine kaalu jäävuse seaduse täpse formuleeringu. Seejuures ei omistanud Lavoisier seaduse avastamist enesele, — ta rääkis sellest kui hästituntud, juba ammu kindlaks tehtud seadusest. Rakendades seadust kogu raamatu ulatuses, ei paigutanud Lavoisier tema täielikku formuleeringut mitte algusse, mitte nähtavaimale kohale, vaid alles saja neljakümne esimesele leheküljele — peatükki viinaprüulimisest (käärimisprotsessidest). See tähtsusetu joon tõendab veelkordselt, et Lomonossovi kaalu jäävuse seadus polnud ei Lavoisier'ile ega ka ühelegi tema kaasaegsele uus, ning et seda kasutati juba ammugi teadusliku uuri-mistöö hariliku vahendina.

Ent omistamata enesele aine jäävuse seaduse avastamist, jättis Lavoisier samal ajal täitmata iga ausa õpetlase vältimatu kohustuse. Ta ei nimetanud oma raamatus selle seaduse tõeliselt avastanud inimese nime — Mihhailo Vassiljevitš Lomonossovi nime. Ent sel olid tõsised tagajärjed.

Lavoisier' uus keemiaõpik hõlmas kõiki olulisi avastusi selle teaduse valdkonnas. Tema ilmunisega kadus enamikul õpetlas-test vajadus õppida vahetult tundma varem ilmunud teaduslikke töid, eriti vanades ajakirjades avaldatud üksikuid artikleid. Seetõttu vähenes järk-järgult teadlaste arv, kes teadsid, et aine kaalu jäävuse seaduse autoriks on Lomonossov. Kuid et just see seadus oli uue keemiahoone nurgakiviks ning moodustas uute, järjekindlalt ellu viidud vaadete peamise tugisamba Lavoisier õpikus, kus Lomonossovi nime ei nimetatud, — siis tulid õpiku lugejad tahtmatult mõttele, et aine kaalu jäävuse seaduse autoriks on Lavoisier ise...

Ning nii tekib küsimus: mis peitub siis Lavoisier' väliselt peaaegu süütu kirjutamata seaduste rikkumise taga? Kas lihtne vaenu-, viisakusetusavaldus suure vene teadlase suhtes või väga kaval, hästi läbimõeldud arvestus?

Ajalugu ei anna sellele täpselt vastust. Aga kõik, mida me

Lavoisier' moraalse pale kohta teame, kallutab meid viimase oletuse poole.

Olgu see nii või teisiti, kuid Lavoisier' tegu, kes jättis oma raamatus aine kaalu jäävuse seaduse tõelise autori, Lomonossovi, nime mainimata, tõi kaasa täiesti kindlakujulised tagajärjed. Seda, mida Lavoisier ise otseselt ei sõandanud teha, tegid hiljem tema järglased. Nad kuulutasid ta aine kaalu jäävuse seaduse autoriks ja hakkasid seda põhjanevat loodusseadust ilma igasuguse aluseta nimetama „Lavoisier' seaduseks“. Nõnda Lomonossovilt varastanud, tõrjusid nad tema nime oma teaduslikest töödest, õpikuist ja ajaloolistest teostest täielikult kõrvale. Kogu maailmas tuntud vene teadlase suured teened, mis kutsusid omal ajal Lääne-Euroopa tähtsamais teaduskeskustes esile kirglikke diskussioone, vajusid unustusehõlma.

Järgides Läänes kindlakskujunenud „traditsiooni“, ei viidanud välismaised autorid Lomonossovi mõtteid, ideid, avastusi uue faktilise materjali alusel arendades iialgi Lomonossovile kui nende ideede ja avastuste autorile. Sakslane Robert Mayer ja inglane James Joule, kes lõid aastail 1842—1847 nüüdisaegse soojusteooria, jätsid mainimata, et Lomonossov avaldas teooria, mis seletab soojust molekulide liikumisega, juba 1745. aastal ning kaitses seda saksa magistri Arnoldi kallaletungide eest 1754. aastal. Sakslased August Krönig ja Rudolf Clausius, kes töötasid aastail 1856—1857 välja gaaside kineetilise teooria, ei viidanud sellele, et Lomonossov avaldas oma atomistlikest vaateist lähtudes sama teooria juba 1748. aastal. Hollandlane van der Waals, kes tuli 1873. aastal järeldusele gaasiosakeste ruumala suuruse tähtsuse kohta, vaikis sellest, et Lomonossov avaldas sellesama järelduse juba 1749. aastal. Ameeriklane Simpson, kes esitas 1929. aastal atmosfäärielektri-teooria, ei viidanud Lomonossovile, kes tegi sellest samast teoriast esmakordselt ettekande juba 1753. aastal. Nii talitasid veel paljud välismaa teadlased, kes said kuulsaks Lomonossovi geniaalseid ideid edasi arendades. Uha harvemini ja harvemini esines Lomonossovi nimi välismaa teaduslike raamatute ja ajakirjade veergudel. Kui teda mõnikord meenutatigi, siis peamiselt kui poeti, kui vene kirjakeele loojat...

Tuletades meelde seda unustuse-õhkkonda, mis palju aastaid ümbritses Läänes Lomonossovi nime, ei või me otseselt kinnitada, et van der Waals, Clausius ja teised välismaa teadlased

oleksid olnud tema töödest teadlikud ja poleks teda meelega maininud. Ent see ei vabasta neid vastutusest ajaloo ees, sest teadlased on kohustatud tundma Lomonossovi töid, mis olid avaldatud ja mille väljaanded olid välismaale laiali saadetud.

Pikkamööda hakati teadlase Lomonossovi nime unustama ka tema kodumaal. Oma rahvale võõrad tsaari-Venemaa valitsevad klassid ei pidanud rahva alamkihi geniaalse võsu kuulsust kaliks. Kasvatatud orjameelsuse vaimus kõige välismaise ees, õpetatud juba hällist peale vaatlema Läänt kui ainsat kõige uuega, algupärasega, tähtsaga varustajat, matsid tsaari-Venemaa aadelliku ja kodanliku haritlaskonna esindajad meeeldi maha mälestuse Arhangeliski külamehest, kes söandas ära põlata temale määratud tundmatu „lihtinimese“ saatuse ja näitas kogu maailmale vene geeniusse suurust.

Meie maa rahvad seavad uuesti jalule ajaloolise tõe kõigis teaduse valdkondades. Nõukogude inimesed, kes on vabad vähi- maistki šovinismivaldusist, ei kavatse vähendada välismaa teadlaste, kirjandus- ja kunstitegelaste teeneid. Me suhtume austusega isegi selliste välismaa teadlaste tõelistesse teaduslikesse teeneisse, nagu Lavoisier, kelle tegevus riigirentnikuna tekitab meis vastikustunnet. Ent iga püüe surnuks vaikida, seda enam aga röövida meie rahva kuulsate esindajate teaduslikke saavutusi saab meilt tugeva ja otsustava vastulöögi.

1949. aasta jaanuaris korraldas NSVL Teaduste Akadeemia Leningradis kodumaa teaduse ajaloolise pühendatud istungi.

See istung aitas suurel määral kaasa ajaloolise tõe, vene ja nõukogude teaduse poolt maailma kultuuri arengule osutatud määratu suurte teenete jaluleseadmiseks.

NSVL Teaduste Akadeemia president akadeemik S. I. Vavilov avaldas istungi avamise päeval „Pravdas“ artikli „Lomonossovi seadus“, kus ta nimetab kaasaegse loodusteaduse suuri- mat seadust — massi ja energia jäävuse ühtset seadust — õigu- sega geniaalse vene teadlase nimega.

Teine tuntud nõukogude teadlane, Stalini preemia laureaat, tehniliste teaduste doktor professor V. V. Danilovski kõneleb Lomonossovi suurest avastusest nii: „Kõigis maades omistati kuni viimase ajani aine jäävuse seaduse avastamist prantslasele Lavoisier'le, kes olevat jõudnud selle seaduse avastamiseni esi- mesena XVIII sajandi kahekümnendail aastail. Niisama põhjen- damatult arvati, et saksa teadlane Robert Mayer avastas

XIX sajandi neljakümnendail aastail esimesena energia jäävuse seaduse.“

„Tõeliselt aga“, jätkab professor Danilevski, „jõudis Lomonossov Lavoisier'st aastakümneid ja Mayerist terve sajandi ette, nähes mõõtnatult palju rohkem kui kumbki neist. Lavoisier sai aru ainult loodusteaduse põhiseaduse ühest küljest — aine jäävusest. Energia jäävusest viimane ei mõtelnudki. Mayer rääkis sada aastat pärast Lomonossovilt ainult energia jäävuse seadusest, sidumata seda küsimust aine jäävusega. Lomonossov aga nägi esimesena selle tänapäeva loodusteaduse ühtse põhiseaduse mõlemaid külgi. Aine ja energia jäävuse seadust tuleb alati ja kõikjal nimetada Lomonossovi seaduseks¹.“

Seepärast, tunnustades prantsuse teadlase Lavoisier', Lomonossovi poolt alustatud keemiateaduse ümberkujundamise ürituse geniaalse edasiarendaja teeneid, astume teravalt välja välismaa teadlaste püüete vastu omistada Lavoisier'le õigust aine kaalu jäävuse seaduse looja nime kandmiseks. See põhjanev loodusseadus kannab täie õigusega Lomonossovi nime, kes ta avastas ja täpsete katsete abil tõestas.

Tunnustades Mayeri ja Joule'i, Clausiuse ja Krönigi, van der Waalsi ja Simpsoni ning teiste välismaa teadlaste tõelisi saavutusi Lomonossovi geniaalsete ideede edasiarendamisel, nimetame me samal ajal õigustatud uhkustundega vene rahva suure poja Mihhailo Vassiljevitš Lomonossovi — tänapäeva teaduse põhituuma moodustavate ideede ja teooriate autori — nime².

¹ „Mihhail Vassiljevitš Lomonossov“, 1948. aastal Leningradis peetud avaliku loengu stenogramm. Üleliiduline poliitiliste ja teadusalaste teadmiste levitamise ühing, Leningradi osakond, 1948. aasta.

² Viimasel ajal ollakse nõukogude teadlaste tööde mõjul ka välismaal sunnitud Lomonossovi teaduslikke teeneid tunnustama. Nii kõneldakse Ameerikas 1946. aastal ilmunud „Keemiateatmiku“ 3. trüki 498-ndal leheküljel Lomonossovist kui „vene õpetlasest, kes on tuntud molekulaarse ehituse teooria, energia ja mateeria jäävuse teooria ning valguslainete-teooria kaudu“.

Kuues peatükk.

Teaduste alusmüür.

Uus meetoodika.

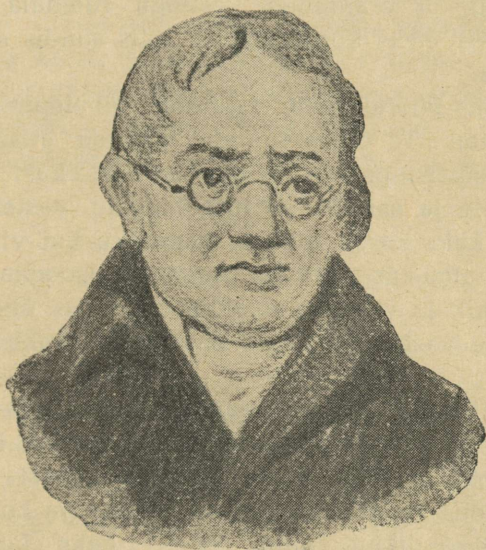
Lavoisier' teoreetiline järjekindlusetus, kes vanu vaateid lõplikult kõrvale heita ei sõandanud ning oma kuulsa õpiku elementide-loendis esile tõstis kaks kaalutut „materiat“ — soojust-tekitava ja valgusmateriat —, viis selleni, et suurimad keemikud Lavoisier' kaasaegsete hulgast, nagu Scheele, Priestley ja Cavendish, kaldusid uut põlemisteooriat tunnustama. Muidugi tundsid ja mõistsid nad seda suurepäraselt. Cavendish andis oma artiklis kaks seletust õhu ja vee koostisest tema poolt avastatud nähtustele: ühe vana flogistoniteooria keeles, teise — Lavoisier' hapnikuteooria keeles. „Õeldust järeldeb näiliselt,“ kirjutas ta, „et loodusnähtused võinud leida seletuse ka ilma flogistonita; tõeliselt jõutakse ühte ja samasse punkti niihästi õeldes, et aine ühineb flogistonita õhuga, kui ka õeldes, et flogiston temast eemaldub ja asendub veega... Ent kuna üldiselt tarvitusele võetud flogistoniprintsiip seletab nähtusi niisama hästi kui Lavoisier' teooria, siis jään ma esimese juurde.“

„Uus ajastu keemias algab atomistikaga...“ Neis Engelsi sõnades peitub võti selle rahuldamatuse mõistmiseks, mille Lavoisier' vaated kõige sügavamõttelisemates teadlastes esile kutsusid. Keemia uuendamiseni võis viia ainult see ainuõige tee, mille avas talle suur Lomonossov, — aatomiõpetuse järjekindla ja kõrvalekaldumatu juurutamise tee selle teaduse kõigisse harudesse.

Aeglaselt, kuid kõrvale kaldumata liikus teadus selles suunas edasi.

„Fikseeritav õhk“ (süsihappegaas), „põlev õhk“ (vesinik), „flogistonita õhk“ (hapnik), „flogistoniga õhk“ (lämmastik) ja

teised uue gaasi taoliste ainete klassi esindajad köitsid üha enam uurijate terast tähelepanu. Enne aine kaalu jäävuse seaduse avastamist keemikud kas ei märganud gaaside eraldumist, mis toimub mitmesuguste keemiliste protsesside puhul, või ei omistanud sellele mingit tähtsust. Lomonossovi reegel — töötada „möödu ja kaalu järgi“ — sundis neid avastama „tähtsusetuid“, nagu varem näis, osavõtjaid keemilistest muutumistest



John Dalton.

ning viis tähtsaimate gaaside loomuse kindlaksmääramiseni. Nende ainete omapära sundis teadlasi välja töötama uusi võtteid nende uurimiseks.

Kohaseimaks mõõtmisviisiks tööl gaasidega ei osutunud mitte kaalumise, vaid ruumalade mõõtmine. See meetod on lihtne, hõlpus, ja mis kõige tähtsam — väga näitlik. Kaalumiste tulemusi võib võrrelda ainult arvudena paberil, gaaside ruumalasad aga võib võrrelda vahetult aparaadis. Ning see näiliselt tähtsusetu asjaolu juhtis keemikuid varsti uutele avastustele.

Kui kaalude abil leiti, et gaas ammoniaak (mis vees lahustudes annab kõigile tuntud nuuskpiirituse) koosneb 17,6 protsendist vesinikust ja 82,4 protsendist lämmastikust, siis ei paistnud need arvud kellelegi tähelepanuväärseina. Kui aga 1774. aastal õnnestus ammoniaak vesinikuks ja lämmastikuks lahutada ning

selgus, et tekkinud vesiniku ruumala oli lämmastiku ruumalast kolm korda suurem, siis tõmbas see enesele õpetlaste tähelepanu.

Hapniku ja vesiniku protsentuaalse hulga kindlaksmääramine vees kaalumismeetodil ei üllatanud ega pannud järele mõtlema kedagi. Kui aga 1802. aastal mõõdeti ära vesiniku ja hapniku ruumala, mis eralduvad vee lahutamisel elektrivoolu abil, ning nähti, et eraldunud vesiniku ruumala on hapniku ruumalast täpselt kaks korda suurem, siis sundis see paljusidki järele mõtlema.

Teiste hulgas pööras neile faktidele tähelepanu ka inglise arst John Dalton. Ta õppis tundma paljude gaaside koostist. Vingugaas ja süsihappegaas koosnevad süsinikust ja hapnikust. Selgus, et ühele ja samale süsinikuhulgale vastab süsihappegaasis täpselt kaks korda rohkem hapnikku kui vingugaasis.

Etüleen (valgustusgaasi) ja metaani (soogaasi) koostisse kuuluvad süsinik ja vesinik. Analüüs näitas, et ühele ja samale süsinikuhulgale vastab metaanis kaks korda rohkem vesinikku kui etüleenis.

Nii neis kui ka teistes tundmaõpitud aineis muutub ühe elemendi hulk, mis vastab teise elemendi teatud hulgale, alati võrdsete tervete annuste võrra. Süsihappegaasis pole vingugaasiga võrreldes hapnikku sama süsinikuhulga kohta mitte üks ja kolm kaheksandikku, vaid täpselt kaks korda rohkem. Samasugused lihtsad suhted ilmnevad ka süsiniku ja vesiniku, lämmastiku ja hapniku, ning kõigi teiste gaaside ühendes.

Dalton nimetas selle tähelepanuväärse seaduspärasuse lihtsate kordsete suhete seaduseks.

Selline oli keemias uue meetodika — gaaside mõõtmise meetodika — rakendamise esimene tulemus. Ta selgitas välja selle, mis keemikuil seni oli jäänud silmapaari vahele — range seaduspärasuse, millega keemilised elemendid liitaineid (ühendeid) moodustades üksteisega ühinevad.

Olles avastanud selle seaduspärasuse, gaasitaoliste ainete tundmaõppimisel, leidsid keemikud seejärel, et talle alluvad niihästi tahked ained kui ka vedelikud. Nii näiteks on teada, et vask annab hapnikuga ühinedes (hapendudes) kaks hapendit: üks on värvuselt must, teine punane. Keemiline analüüs ütleb, et punane hapend koosneb 11,2 protsendist hapnikust ja 88,8 protsendist vasest ning must hapend sisaldab 79,9 protsenti

vaske, hapnikku aga 20,1 protsenti. Kas võib siin kohe märke mingit reeglipärasust? See on raske. Keemikud ei hakanud varem selliste küsimuste üle järele mõtlema. Siiski on neis pealtnäha juhuslikes arvudes olemas korrapärasus. Kuid ta on varjatud, ning tuleb tuua päevavalgele. Selleks tuleb välja arvutada, kuipalju vaske vastab selles ja teises ühendis hapniku kaaluühikule. Selgub, et mustas hapendis 3,96 osa, punases aga 7,92 osa. Ent viimane on esimesest täpselt kaks korda suurem. Järelikult vastab hapniku kaaluühikule punases hapendis kaks korda rohkem vaske kui mustas.

Nii selgusid lihtsad kordsed suhted aja jooksul kõigis keemilistes ühendites — gaasitaolistes, vedelates ja tahketes.

Uus keemiaseadus oli avastatud. Tema olemus jäi aga veel tundmatuks.

Poolusest pooluseni.

Veidi varem, XVIII sajandi lõpul, avastati teine huvitav seaduspärasus, mida samuti keegi ei suutnud seletada.

Prantsuse keemik Joseph Louis Proust tegeles paljude ainete keemilise koostise kindlaksmääramisega. Ta võttis kaks punase värvaine — kinnaveri — näidist — ühe Hispaaniast, teise Jaapanist — ja tegi kindlaks kummagi näidise keemilise analüüsi. Maakera eri vastaspooltel hangitud kinnaveri evis täiesti ühesugust keemilist koostist: 86,2 protsenti elavhõbedat ja 13,8 protsenti väävlit.

Peruust ja Siberist toodud kloorhõbeda proovide uurimisel ei leitud nende keemilises koostises absoluutselt mingit erinevust. Niihästi siberi kui ka peru kloorhõbe koosneb 75,3 protsendist hõbedast ja 24,7 protsendist kloorist.

Paljudest maadest tellitud keedusoola analüüs näitas, et keedusool sisaldab lõunas ja põhjas, idas ja läänes, meredes ja ookeanides, soolajärvedes ja maa-alustes kaevandustes alati 39,3 protsenti naatriumi ja 60,7 protsenti kloori.

Tohutu hulga kõige erinevama päritoluga — Vaiksest ja Atlandi ookeanist, külmadest põhjameredest ja soojadest lõunameredest, polaarjoone-taguse sulanud jääst ja Aafrika jõgedest, mis ialgi ei külmu, kõrgmäestiku järvedest ja sügavaist kaevandusist võetud veeproovide tundmaõppimine näitas, et vesi

kõikjal, maakera kõigis punktides koosneb 11,1 protsendist vesinikust ja 88,9 protsendist hapnikust.

„Ühend on eesõigustatud produkt, millele loodus on andnud püsiva koostise,“ tegi Proust järelduse. „Ühest poolusest teiseni on ühendeil samasugune koostis.“ Nii avastati koostise püsivuse seadus, mis ütleb, et keemilisel ühendil on püsiv koostis, mis ei sõltu ei selle ühendi tekkimisajast, -kohast ega -viisist.

Mõtiskledes põhjuse üle, mille toimel elemendid lihtsais suhetes ühinevad, meenus Daltonile Prousti seadus. Ta nägi mõlemate seaduste lähedast sugulust. Üks neist ütleb, et mitme elemendi kindlal ühendil on alati ja kõikjal muutumatu koostis. Teine aga lisab, et kui kahest elemendist tekib mitu erinevate omadustega ühendit, siis erineb nende koostis kindlate, kordsete arvuliste suuruste võrra.

Nende seaduste seletamiseks tuli Daltonil 1808. aastal teha seda, mida juba 65 aasta eest nõudis Lomonossov: võtta keemias tarvitusele aatomiõpetus.

Keemiateaduse põhiseadus.

Aatomiteooria lahendas kõik mõistatused, mis uued faktid keemikutele esitasid.

Kui iga vee molekul — tema väikseim osake — on ehitatud kahest vesinikuaatomist ja ühest hapnikuaatomist, siis kust seda vett ka ei võetaks — merest, ookeanist, mägi jõekesest või arteesiakaevust, millisel viisil teda ka ei saadaks, tal on alati üks ja sama koostis, kuna ühend teistsuguse vesiniku- ja hapnikuaatomite arvuga ei saa kuidagi olla vesi.

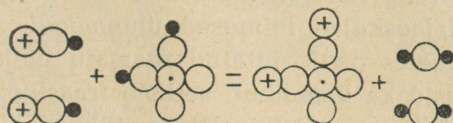
Kui iga süsihappegaasi molekul koosneb ühest süsinikuaatomist ja kahest hapnikuaatomist, siis kuidas me seda süsihappegaasi ka ei saaks — kas puu, grafiidi, kiviõie või teemandi põletamisel, õlle käärimisel või loomade hingamisel, tal on alati üks ja seesama koostis, kuna teistsuguse arvu süsiniku- ja hapnikuaatomite ühend ei ole enam süsihappegaas, vaid mingi muu aine.

Kui iga kloorhõbeda molekul koosneb ühest hõbeda-aatomist ja ühest klooriaatomist, siis on sel ainel muutumatu keemiline

koostis, — on ta siis saadud Siberist pakasel talvel või Peruust põuasel suvel.

Aine koostise püsivuse põhjus seisnebki selles, et teatud aine iga molekul on alati ehitatud üht ja sama sorti aatomite ühest ja samast arvust, sõltumatult selle aine valmistamise ajast, kohast ja viisist.

Keemiliste ainete koostisosade kordsete suhete põhjuseks on see, et molekulid võivad moodustuda ainult tervetest aatomitest,



Aatomite arv lähteainete molekulides võrdub aatomite arvuga reaktsiooni saaduses.

mitte mingil juhul aga nende pooltest, veeranditest või muudest osadest. Just sellepärast ongi süsihappegaasis — tema molekul on ehitatud ühest süsiniku- ja kahest hapnikuaatomist — hapnikku täpselt kaks korda rohkem kui vingugaasis, mille molekulides on ainult üks süsiniku- ja üks hapnikuaatom.

Ainete keemilisel muutumisel tekib erinevus ainult aatomite jaotuses molekulide vahel, aatomite koguarv lähteainete ja lõppsaaduste molekulides aga jääb muutumatuks. Selles peitubki Lomonossovi aine kaalu jäävuse seaduse tuum.

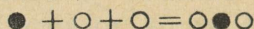
Nii kinnitasid teadlaste uute sugupõlvade tööd Lomonossovi mõtet sellest, et aatomiõpetus on keemia tõeliseks alusmüüriks, millele võib rajada kõik selle teaduse seadused.

Aatomiteooria seletas ainete iga keemilist muutumist lomonossovlikult lihtsalt ja loomulikult, appi võtmata saladuslikke „kaalutuid materiaid“, aatomite arvu ja liigi muutusega, mis kuulusid nende molekulide koostisse. Ning ta ei piirdunud ainult seletamisega. Ta lubas esmakordselt keemia ajaloos keemilisi protsesse matemaatiliselt välja arvutada. Kui punase elavhõbedahapendi (elavhõbedatagi) molekul koosneb ühest elavhõbeda-aatomist ja ühest hapnikuaatomist, kusjuures hapnikuaatom on 12,5 korda kergem kui elavhõbeda-aatom, siis pole raske välja arvutada, et näiteks 100 grammi elavhõbeda saamiseks tuleb võtta 108 grammi tagi.

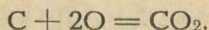
See võimalus keemiliste protsesside tulemusi eelnevalt välja arvutada andis keemikuile määratu suuri eeliseid. Viimaks ometi täitus Lomonossovi unistus ning keemia muutus matemaatiliseks teaduseks.

Aatomiõpetus hõlbustas keemiliste uurimuste tulemuste kirja-panekut erakordselt. Matemaatik ei hakka iialgi kirjutama selliseid fraase, nagu: „Kui jagame arvu kakssada arvuga kuusteist, siis saame arvu kaksteist ja pool“. Ta kirjutab lihtsalt: $200 : 16 = 12,5$, ning seda lühikest ülestähendust mõistavad kõikide maade kirjaoskajad inimesed ühtemoodi, sõltumatult sellest, millises keeles on kirjutatud raamatu ülejäänud tekst.

Nüüd loobusid ka keemikud selliste fraaside sagedasest tarvitamisest: „Süsiniku põlemisel, see tähendab, ühe süsiniku aatomi ühinemisel kahe hapnikuaatomiga, tekib süsihappegaas“. Selle asemel pani Dalton ette tähistada iga elemendi aatom erilise märgiga ning — kokku leppinud lugeda musta ringi süsinikuks, valget aga hapnikuks, kirjutas ta sellesama fraasi üles nii:



Need joonistatud kujundid olid aga ebamugavad ning neist loobuti varsti. 1813. aastal pani rootsi keemik Jens Berzelius ette kasutada ringide ja teiste kujundite asemel iga elemendi aatomite tähistamiseks tema ladinakeelse nimetuse esitähete või esitähete ja üht viimastest tähtedest. Süsinikku (Carboneum) hakati tähistama „C“-ga, hapnikku (Oxygenium) — „O“-ga, ning seesama süsiniku põlemisprotsessi üleskirjutis näeb nüüd välja nii:



Selle üleskirjutise loeb sama eduga läbi niihästi hiina keemik vene ajakirjas kui ka vene keemik india ajakirjas või india keemik itaalia ajakirjas!

Keemikute uus keel oli enam kui lihtne leppemärgistik.

Ringikesed, ristikesed ja muud keerukad vigurid, millega alkeemikud neile tuntud aineid tähistasid, ei kõnelnud midagi nende ainete loomusest, nende omadusist. Muidugi, kujutada vertikaalse püstjoonega läbistatud ringike nõuab vähem aega kui kirjutada sõna „salpeeter“, ning alusega ülespoole pööratud

kolmnurk on lihtsam kui sõna „vesi“. Kuid see ei ammenda kõike, mida annavad alkeemilised sümbolid.

Kirjutades sõna „salpeeter“ asemel tema valemi KNO_3 , paneb tänapäeva keemik sellesse suure summa teadmisi selle aine loomusest. Ta ütleb selle valemiga, et salpeeter koosneb kolmest elemendist: kaaliumist (K), lämmastikust (N) ja hapnikust (O), kusjuures igas salpeetrimolekulis on üks lämmastikuaatom ja üks kaaliumiaatom ning kolm hapnikuaatomit. Suur hapnikuhulk kõneleb salpeetri võimest olla hapnikuallikaks — omadus, mida paljude sajandite kestel kasutatakse musta püssi-rohu valmistamisel.

Alkeemikute valemid on kohmakad ja ebamugavad nagu muistsed hieroglüüfid. Uue keemia valemid on paindlikud, väljendusrikkad ja mugavad nagu nüüdisaegsed tähestikud. Esiimesi ja teisi eraldab üksteisest terve ajastu teaduse ajaloos, — pingelise võitluse ajastu kvantitatiivse meetodi ja aatomiõpetuse võidu eest keemias.

Selle õpetuse areng tõi kaasa nii sügavale aine ehituse saladusse tungimise, millest oli varem aimu võib-olla ainult Lomonossovil, kes väitis, et tuleb aeg, mil teadus „avab selle looduse sisemise salakambri eesriide“.

<i>Hapnik</i>	<i>Oxygenium</i>	O
<i>Vesinik</i>	<i>Hydrogenium</i>	H
<i>Lämmastik</i>	<i>Nitrogenium</i>	N
<i>Süsinik</i>	<i>Carboneum</i>	C
<i>Väävel</i>	<i>Sulphur</i>	S
<i>Arseen</i>	<i>Arsenicum</i>	As
<i>Raud</i>	<i>Ferrum</i>	Fe
<i>Vask</i>	<i>Cuprum</i>	Cu
<i>Sealina</i>	<i>Plumbum</i>	Pb
<i>Tina</i>	<i>Stannum</i>	Sn
<i>Antimon</i>	<i>Stibium</i>	Sb
<i>Elavhõbe</i>	<i>Hydrargirum</i>	Hg
<i>Kuld</i>	<i>Aurum</i>	Au
<i>Hõbe</i>	<i>Argentum</i>	Ag

Nüüdisaegsed keemilised valemid tule-
tatakse elementide ladinakeelsetest
nimetustest.

Pimesi ekslemine.

Looklev ja konarlik on teaduse tee. Hiigelhüpe, mille keemia tegi aine kaalu jäävuse seaduse avastamise tagajärjel Lomo-

nossovi poolt, näis garanteerivat teadusele sujuva ja katkematu edasiliikumise. Ent tegelikult juhtus teisiti.

Lomonossovi seadust rakendades tegid keemikud kindlaks, et kõik arvutud ained koosnevad lihtsaimaist koostisosadest — elementidest, mida ei saa lagundada veelgi lihtsamateks osadeks tavaliste keemiliste vahenditega. Igale keemilisele elemendile vastab oma eriline liik ehk sort aatomeid. Raud, seatina ja väävel erinevad niihästi üksteisest kui ka kullast, vasest, vesinikust ja ülejäänud elementidest just selle poolest, et nende aatomid ei ole ühesugused. Ent mille poolest erinevad üksteisest aatomid? Püüdes sellele küsimusele vastata, tabas keemikuid algul täielik ebaõnn.

XIX sajandi alguses peeti aatomeid, nagu kahe tuhande aasta eestki, pidevaiks, jagamatuiks osakesteks. Tähtsaimaks erinevuseks nende vahel oli kaalu erinevus, mida tol ajal tunti ja mis allus täpsele mõõtmisele. XIX sajandi alguse keemia eesjoonistused selgesti tema lähimad ülesanded: selgitada, milliseid aatomiteliike looduses leidub ning määrata kindlaks nende aatomkaalud. Teades aatomite arvu, liiki ja kaalu iga aine molekulis, saab arvutada selle aine protsentuaalse koostise, välja töötada tema saamismenetlused, leida teed tema parimaks kasutamiseks.

Juba esimene neist ülesandeist tegi teadusele palju muret.

Kujutus elementidest avaldas keemia arengule määratusuurt mõju just selle tõttu, et ta erakordselt lihtsustab looduse tundmaõppimist. Üksteisest erinevate esemete tohutu hulga asemel tõstab ta esile väikese hulga keemilisi elemente ja väidab, et neist on ehitatud kõik ained.

Kuipalju on siis looduses elemente? Kuni XIX sajandi alguseni oli neist tuntud 28: raud, vask, tsink, kuld, hõbe, arseen, vesinik, hapnik, lämmastik, kloor ja mõningad teised. Kuid see oli ainult algus. Üksnes 1803. aastal lisandus elementide nimestikule 4 uut, 1808. aastal samuti 4, üldse aga avastati XIX sajandi esimese 50 aasta jooksul 27 uut elementi, — nüü sama palju kui keemia kogu senise olemasolu vältel. Peeaegu iga aasta tõi kaasa uute elementide avastamise. Ning just siin algasidki raskused.

1797. aastal avastas saksa keemik Martin Klaproth uue metalli — uraani. Nelikümmend kolm aastat töötasid õpetlased tema omadusi tundma õppides. Ning neljakümne neljandal aas-

tal tõestas prantslane Eugen Peligot ootamatult, et Klaproth ei eraldanud hoopiski mitte metalli, vaid eraldas tema hapendi — uraani hapnikuühendi. Uraani enese ja tema hapendi vahel on samasugune erinevus kui raua ja rooste vahel. Ning peaaegu pool sajandit ei märganud seda erinevust keegi: polnud võimast järeldada, et leitud omadused on iseloomulikud hapendile, mitte aga metallile enesele.

Kui tekkisid sellised ootamatused tundud ainete tundmaõppimisel, siis saatsid uute elementide avastamist veelgi suuremad üllatused. Siin liikusid õpetlased edasi hoopis ilma teemärkideta. Prantslane Bernhard Courtois uuris merivetikate tuhka. Ta katsetas väävelhappe mõjuga sellele. Kord lisas ta liiga palju hapet, ning ootamatult ilmus anuma kohale lilla aur. Jah-tunult sadestus see mustade metalse läikega kristallide näol. See oli uus element jood (kreeka keeles „lilla“).

Teine prantsuse keemik, Antoine Balard, sooritas katseid Vahemere-äärsete soolatootmiskohtade soolalahustega. Juhtides kloorgaasi läbi soolalahuse, märkas ta kummalist nähtust: soolalahus muutus halkjaspruuniks. Balard eraldas lahusele värvuse andnud halkjaspruuni, terava, ebameeldiva lõhnaga aine ning tegi kindlaks, et see on tundmatu element. Ta andis sellele nime-tuse „muriid“ („muri“ tähendab ladina keeles „soolalahus“) ning kirjutas avastusest Pariisi Teaduste Akadeemiale. Akadeemikud leidsid Balardi teate õige olevat, nimetasid aga uue elemendi tema lõhna tõttu ümber broomiks (kreeka keelest „hais“).

Palju aastaid müüdi Euroopa apteekides valget soola — süsihaput tsinki. Kord leidis Hannoveri apteekriäride peainspektor Friedrich Strohmeier reas apteekides süsihaput tsinki, mis kuumutamisel tumenes. Arusaamatust nähtusest huvitunud Strohmeier katsetas ja tegi kindlaks tumenemise põhjuse — soolas leidis tundmatut metalli. Ta eraldas selle ja nimetas ta kadmiumiks (tsingimaagi vanaaegse nimetuse järgi).

Courtois, Balard, Strohmeier ja teised teadlased avastasid tundmatuid elemente juhuslikult. Nad ei võinud nende ole-masolu ennustada. Keemikud töötasid tööstuse, arstiteaduse ja põllumajanduse poolt esitatud probleeme lahendades kobamisi, pimesi, ning sageli, sooritades uurimistööd, mis ei olnud otse-selt seotud uute elementide otsimisega, kohtusid nendega neile enestelegi ootamatult.

Uheks keemia peamistest probleemidest oli tol ajal kõikide looduses leiduvate elementide avastamine.

Kuna aga keemikute tööd muutusid seoses uute tööstusalade avamisega laialdasemaiks ja arvukamaiks, siis sadas ka uusi elemente nagu küllusesarvest: avastused jätkusid näiliselt lõputa reana. See viis teadlasi meeletehetele. Aatomiõpetuse järgi koosnevad kõik looduse arvutud ained vähestest aatomiteliikidest; ent 1870-ndaks aastaks tõusis tuntud keemiliste elementide arv juba 63-ni, ning ei võinud olla kindel, et ta ei kasva veelgi. Paljudele hakkas isegi näima, et õpetus aatomeist ja elementidest lihtsustab looduse tunnetamist ainult näiliselt, tõeliselt on aga elemente (aatomiteliike) peaaegu niisama palju kui aineidki.

Segaduste periood keemias.

Parem polnud lugu ka aatomkaalude määramisega.

Tol ajal polnud veel võimalik määrata üksikute tibatilluste, nähtamatult väikeste aatomite kaalu. Need osakesed on nii väikesed, et tundlikumadki kaalud pole võimelised tundma mitte ainult ühe, vaid isegi miljardi aatomi lisamist või eemaldamist. Nagu hiljem selgus, sisaldub üksnes metall uraani, kõige raskemate osakestega metalli ühes milligrammis 2,5 miljardit aatomit. Seepärast püüdsid keemikud lahendada tagasihoidlikumat probleemi — saada teada, mitu korda ühe elemendi aatom on kergem või raskem teise elemendi aatomist, mille kaal on võetud ühikuks. Kuid neidki suhtelisi kaalusid — neid nimetavadki keemikud käesoleva ajani aatomkaaludeks — polnud nii kerge leida.

Nii näitab analüüs, et vee molekulis on hapnikku kaalult 8 korda rohkem kui vesinikku. Ent kas see tähendab, et hapniku-aatom on vesinikuaatomist 8 korda raskem? Jah, kui vesiniku ja hapniku aatomite arv vee molekulis on võrdne, näiteks ainult üks vesinikuaatom ja üks hapnikuaatom. Siis on arv 8 hapniku tõeline aatomkaal (lugedes vesinikuaatomi kaalu ühikuks). Ent kui vee molekul koosneb ühest vesiniku ja kahest hapniku-aatomist, siis on hapniku aatomkaal 4; on ta aga, vastupidi, moodustatud ühest hapniku- ja kahest vesinikuaatomist — 16 jne. Kerkib küsimus, kuipalju on molekulis tõeliselt aatomeid?

XIX sajandi alguses võis sellele vastata ainult väga väheste, peamiselt gaasitaoliste ainete kohta, kus sai rakendada ruumalade mõõtmise meetodit. Aatomite arvu enamikus ülejäänud ainete molekulides võis ainult ennustada — ning iga teadlane ennustas omamoodi. Lisaks puudus üksmeel ka aatomkaalude ühiku valikul. Ühed teadlased võtsid selleks ühikuks vesiniku kui kergeima elemendi aatomi kaalu, teised — hapniku kui suurima arvu ühendeid andva elemendi aatomi kaalu, kolmandad — ühe sajandiku hapnikuaatomi kaalust jne. Kerge on kujutada, millist segadust see koostöö puudumine tekitas tolle aja keemikute teaduslikes töodes. Mitte asjatult ei lisanud ühe keemia-ajakirja toimetaja igale artiklile erilisi selgitusi, — ilma nendeta oleks nende sisu mõistnud sageli ainult autor ise.

See oli segaduste-aeg keemias. Tõsi küll, mõned arusaamatused lahenesid pikapeale. Leiti meetodid aatomite arvu määramiseks iga aine molekulides. Aatomkaalu ühikuks otsustati võtta üks kuueteistkümnendik hapnikuaatomi kaalust (see on peaaegu võrdne vesinikuaatomi kaaluga). Ent ikkagi polnud kunagi võimalik veendunult öelda, et mingi elemendi leitud aatomkaal peab olema just selline, mitte aga teistsugune. Sage-dasteks külalisteks keemikute töodes olid endiselt vead. Tulemusena löi mõnel neist vankuma isegi usk aatomite olemasolusse. Uks XIX sajandi suurimaid keemikuid, Jean Dumas, jõudis niikaugemale, et pani ette heita kõrvale isegi aatomite mõiste, — tema arvates oli see muutunud segadusteallikaks ja saanud teadusele piduriks.

Aatomiõpetus elas üle sügavat kriisi.

Dalton tõestas, et see õpetus on kõikide seaduste aluseks, millele keemilised nähtused alluvad. Aga ei Dalton ega teised teadlased ei suutnud avastada seadust, millele aatomid ise alluvad. Sellist seadust tundmata oli võimatu aatomite käitumist ette näha. Seepärast valitseski XIX sajandi keskel keemias juhuslikkus ja ootamatus.

Lomonossov kirjutas 1756. aastal: „Milleks on füüsikas ja keemias tehtud nii palju katseid? Milleks vajati selliste suurmeeste tööd ja elukardetavaid katseid? Kas ainult selleks, et — kogunud tohutul hulgal mitmesuguseid esemeid ja materiaid korratuks hunnikuks — vaadelda neid ja imetella nende rohkust, mõtlemata nende paigutamisele ja korra loomisele...“

Ning nüüd, saja aasta möödumisel, oli keemia, mis pärast

Lomonossovi töid oli sooritanud marulise, hooga lennu, uuesti ummikusse sattunud. Teadaolevate ainete arv suurenes erakordselt. Ent avastatavad faktid olid vanal viisil korratuks kuhjaks laotud, ning teravamini kui kunagi varem andis end tunda vajadus nende „paigutamiseks ja korra loomiseks“.

Nagu saja aasta eestki, vajas keemia geniaalset teadlast, kes nagu Lomonossovgi, olnuks võimeline kuhjunud kaoses korda looma ning edasiliikumiseks võimsat tõuget andma.

Nagu saja aasta eestki, andis meie kodumaa geeniuse, kes ületas kriisi teaduses, avastades aatomite põhiseaduse.

Seitsmes peatükk.

Viimane lüli.

Tee algus.

10. veebruaril 1834. aastal sündis Tobolski linna gümnaasiumiõpetajal Ivan Pavlovitš Mendelejevil ja tema naisel Maria Dmitrijevna seitsmeteistkümmes laps — Dmitri Ivanovitš Mendelejev.

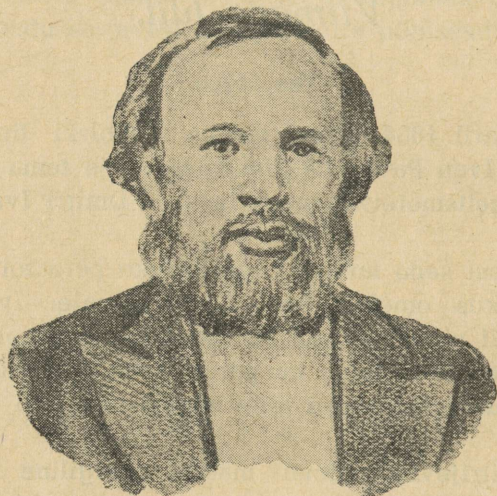
Varsti pärast seda langes kogu arvuka pere toitmise ja kasvatamise raskus emale, Maria Dmitrijevnaele: Ivan Pavlovitš Mendelejev jäi pimedaks, oli sunnitud teenistuskohast loobuma ning ei suutnud tööd leida ka pärast seda, kui mõni aasta hiljem õnnestunud operatsioon talle nägemise tagasi andis. Peagi ta suri.

Maria Dmitrijevna, ülimal määral energiline naine, suutis äärmiselt piiratud elatisvõimalustest hoolimata kindlustada lastele hariduse saamise ja juhtida nad avarale eluteele. Ta suri 1850. aastal, varsti pärast seda, kui noorem poeg Dmitri Ivanovitš astus Peterburi pedagoogilisse instituuti.

Pedagoogilise Instituudi professorite hulka kuulusid möödunud sajandi keskel väljapaistvad vene teadlased: matemaatik M. V. Ostrogradski, füüsik E. H. Lenz, keemik A. A. Voskressenski. Nende juhatusel arenesid Mendelejevi sünnipäraseks anded kiiresti ja igakülgseks. Tugevamini kui teised teadused köitis noort üliõpilast keemia. Professor Aleksander Abramovitš Voskressenski, kes oli saanud kuulsaks paljude avastustega orgaanilises keemias, avaldas suurt mõju noore Mendelejevi teaduslike vaadete kujunemisele. Tema vastused lõppeksamile 1855. aasta kevadel jätsid eksamineerijaisse oma põhjalikkusega sügava mulje ja ta tunnustati kuldmedali vääriliseks. 1856. aasta septembris sai Mendelejev kahekümne kahe aasta vanusena magistri teadusliku kraadi ja asus tööle Peterburi ülikooli dot-

sendina. Peagi usaldati temale teoreetilise ja orgaanilise keemia kursuste lugemine. Töö loengute koostamisel mõlema distsipliini alal avaldas Mendelejevi kogu edasisele tegevusele tohutut mõju.

Orgaanilise keemia loengute plaani välja töötades tundis Mendelejev eriti teravalt kriisi, mida see teadus XIX sajandi keskel üle elas. Aatomite käitumist juhtiva seaduse mittetundmine andis end kõigil keemikute tegevusaladel raskesti tunda.



Dmitri Ivanovitš Mendelejev.

Vajadus keemiatööstuse mitmesuguste saaduste järgi omandas sellised mõõted, et ilma plaanikindla, süstemaatilise tööta uute tooraineallikate otsimise ja tootmismeetodite täiustamise alal selle rahuldamine võimatuks muutus. Ent omamata ainsatki juhtivat ideed, võisid keemikud-uurijad oma töös loota peamiselt ainult juhusele, see on aga väga ebakindel abiline.

Polnud kerge ka keemiaõpetajate olukord. Juhtiva idee puudumine võttis neilt võimaluse kogu esitatava materjali ühendamiseks harmooniliseks tervikuks. Ning keemiat esitati üliõpilaste katkendlike teadmiste näol, mida tuli peaaegu mehaaniliselt pähe õppida, kuna nende sisemist seost oli võimatu mõista. Tulemusena ei saanud arenev keemiatööstus peaaegu üldse eriteadlasi, kes oleksid olnud võimelised kindlaks kujunenud tootmisviise uuesti kriitiliselt läbi vaatama ja loovalt muutma.

Orgaanilise keemia algus.

Mendelejev tundis teoreetilise keemia seisukorra suhtes sügavat rahulolematust. Seda suurema huviga asus ta loengute koostamisele orgaanilise keemia alal — teise distsipliini alal, mille lugemine üliõpilastele usaldati temale. Just neil aastail sooritas orgaaniline keemia hooga lennu, ning Mendelejev aimas tema põues sündinud uutes ideedes väljapääsuvõimalust ummikust, milles asetses teoreetiline keemia.

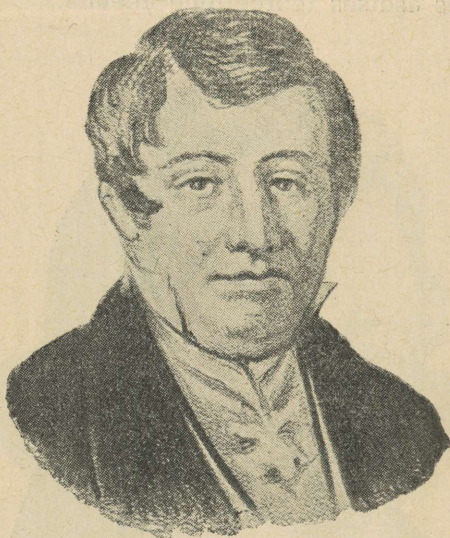


Jens Jacob Berzelius.

Orgaaniline keemia oli tol ajal alles üsna noor keemiateaduse haru: ta eraldus ühtsest keemiast alles XIX sajandi esimesel veerandil. See toimus pärast seda, kui aatomiteooria võidulepääsuga teaduses, mis seletas ära kvantitatiivsed suhted, millele aatomite ühinemise keemilised protsessid alluvad, kerkis päevakorda uus, mitte vähem tähtis ja märksa keerukam küsimus: miks ühinevad aatomid omavahel?

Sellele küsimusele katsus vastata rootsi keemik Jens Berzelius.

Tal ei tulnud teha jõupingutusi vanade vaadete ümberlükamiseks selles küsimuses. XIX sajandil ei tunnustanud enam keegi alkeemikute arvamust selle kohta, et „sarnased ühinevad sarnastega“. Kõik katseandmed kõnelesid just vastupidist: kõige kergemini ühinevad vastandlike omadustega ained. Metall naatrium ei avalda mingit tahet oma lähima sugulase — metall kaaliumiga — ühinemiseks; see-eest reageerib ta klooriga ägedalt, suurt soojushulka eraldades. „Sugulust“ üksteise suhtes, nagu



Mihhail Grigorjevitš Pavlov.

keemikud nimetavad elementide võimelisust omavahel ühineda, ei oma mitte keemiliste omaduste poolest lähedased ained, vaid just erinevad.

Mendelejev nägi selgesti piiri vanade ja uute vaadete vahel keemilise suguluse loomusele. Teelahkmeks oli siin XVIII sajandi lõpp, mil avastati elektrivool, mille kasutamine keemia alal osutus uueks ning pealegi väga energiliseks ainesse mõju-mise meetodiks. Berzelius ja teised õpetlased leidsid, et vool lagundab liitained kaheks osaks, kusjuures üks neist koguneb negatiivse elektripooluse juurde — ilmselt see, mis ise on positiivselt laetud, — teine aga, mis on ilmselt negatiivselt laetud, — positiivse juurde. Hapnik, kloor ja paljud teised metalloidid kogunevad positiivse pooluse juurde.

Need katsed juhtisidki Berzeliuse mõttele keemilise suguluse aluseks olevate jõudude loomusest. Saladuslik „armastus“, „ise-loomude sugulus“ ei seo aatomeid püsivaks keemiliseks ühendiks. Neid seovad elektrilised jõud.

„Iga aatom,“ väitis Berzelius, „kannab üheaegselt kaht elektrilaengut: positiivset ja negatiivset. Uks neist on teisest tugevam, ning lõppkokkuvõttes esinevad keemilised elemendid kas elektropositiivseina või elektronegatiivseina. Vesinik ja metallid on positiivsed, hapnik, kloor ja rida teisi elemente — negatiivsed. Vastandlikud elektrilaengud tõmbavad teineteist külge, — seetõttu tekivadki keemilised ühendid vastandlike omadustega elementide vahel.

Uue teooria ilmseid paremusihakkasid peagi hindama kõik keemikud. Kuid ainult kõige taiplikumad teadlased mõistsid ta sügavat mõtet. Esimeseks neist oli Moskva ülikooli professor Mihhail Grigorjevitsš Pavlov. See silmapaistev vene teadlane tegi väga palju füüsika- ja keemia-alaste teadmiste levitamiseks meie maal. „Tema kursused olid erakordselt kasulikud,“ kirjutab temast suur vene mõtleja A. J. Herzen, üks tema õpilasi. Pavlovi kui lektori peamiseks vooruseks oli esitamiskiisi erakordne selgus.

Samasuguse selguse tõi ta ka teaduslike probleemide uurimisse. Pavlov pidas elektrivoolu avastamist teaduse suurimaks saavutuseks. Ta kirjutas elektripatarei leiutamisest, et see „on loodusteaduste poolt möödunud sajandil tehtud hiilgavate edusammude vääriliseks lõpuleviijaks“. Pavlov liigitas elektrilisi protsesse tähtsaima protsesside hulka looduses ning tervitas palavalt iga uut sammu nende tundmaõppimisel. Ning kohe, kui Berzelius oli teinud katset seletada keemiliste protsesside olemust elektri abil, andis Pavlov uuele teooriale sellise tõlgenduse, mis läks Berzeliuse enese teoreetilisist kujutlusist palju kaugemale.

„See teooria,“ väitis Pavlov artiklis „Keemia polaaratomistlikust teooriast“, „on otseseks järeltõlkeks aatomiõpetusest. Selle hüpoteesi järgi koosneb aine jääva suuruse ja kaaluga osakesed, mis keemilisel ühinemisel ei tungi üksteisesse, vaid omavahel liituvad. Neid osakesi tähistatakse nimetusega aatomid.“

Ent kui „keemiline ühinemine toimub aatomite vahel, mil viisil nad siis mõjuvad üksteisesse?“ küsis Pavlov ning vastas siinsamas: „... Keemilisele ühinemisele eelnevad ja järgnevad

seigad näitavad, et sealjuures ilmuvad vastandlikud elektrid. Kuna keemiline ühinemine toimub aatomite vahel, siis peab nende vahel toimuma ka vastandlike elektrite ilmumine, ning selles seisnebki aatomite vastastikune mõju üksteisesse".

Nii väitis Pavlov, erinevalt Berzeliusest, kes arvas, et aatomid alati kannavad seda või teist elektrilaengut, hoopis, et aatomite elektrilaengud ilmuvad keemilise reaktsiooni käigus. See tähendab, et üks ja seesama aatom võib erinevates keemilistes protsessides käituda erinevalt. Teaduse hilisem areng kinditas vene teadlase geniaalset mõtet täielikult, tehes kindlaks, et aatomid on tavalistes tingimustes elektriliselt neutraalsed ning omandavad elektrilaengud ainult keemilises ühinemisprotsessis või eriliste mõjutamiste toimele.

Kuid 1821. aastal, mil Pavlov oma artikli avaldas, ei saanud kaugeltki mitte kõik keemikud elektrokeemilise teooria mõttest nii selgesti aru. Ning samal ajal kui vene teadlane kirjutas, et „polaar-atomistliku teooria valguses avaneb üllatav kord seal“, kus varem „paistis korratu kaos“, takerdus teooria rajaja Berzelius ise, kes teda valesti tõlgendas, enda loodud uues kaoses.

Kõik läks Berzeliusel suurepäraselt, seni kuni ta vaatles oma „Keemia-kursust“ koostades metallide ja mineraalide omadusi. Elektrokeemilise teooria rakendamise isegi sel kujul, nagu teda tõlgendas Berzelius, andis siin häid tulemusi. Ta võimaldas heita valgust tol ajal tundmatute anorgaaniliste ainete tekkimisprotsessidele. Ning Berzelius kirjeldas, kuidas metall naatriumi aatomid, ühinedes gaas hapniku aatomitega, moodustavad positiivselt laetud hapendi, sest temas on naatriumi positiivne laeng hapniku negatiivse laengu suhtes ülekaalus, kuna väevliaatomid, kus positiivne laeng avaldub nõrgemini kui naatriumil, annavad negatiivse hapendi. Seejärel kujutas Berzelius enda leiutatud valemite abil nende vastupidiselt laetud hapendite teineteisega ühinemist, mis viib „glaubrisoola“ nime all tuntud väävelhapu naatriumi moodustamiseni.

Ent tal tarvitses ainult asuda taimsete ja loomsete ainete — orgaaniliste ainete — vaatlemisele, kui ta sattus peagi ummikusse. Püüded omistada orgaaniliste molekulide moodustamisest osavõtvaile molekulidele jäävaid, selgesti avalduvaid laenguid, nagu varem metallidele ja mineraalidele, osutusid tagajärjetuiks. Erakordselt raske oli leida orgaanilises ühendis positiivset ja negatiivset „poolt“. Sageli ilmnis, et ühes ühendis positiivsena

näiv pool käitus teises negatiivsena, kolmandas aga osutusid kaks sellist poolt kõigi Berzeliuse elektrokeemilise teooria reeglite kiuste tugevasti seotuks.

„Orgaaniline keemia on niivõrd omapärane, et keemik satub anorgaanilise looduse uurimiselt orgaanilise looduse uurimisele üle minnes temale täiesti võõrasse valdkonda,“ kirjutas Berzelius viimaks „Keemia-kursuse“ teist osa lõpetades. „... Orgaaniline keemia asetseb just niisamasuguses kriitilises pöördepunktis, kus õpetus metallidest asetses minu töö 1. osa ilmumise ajal. Ma arvan, et orgaanilise keemia õpetuse avaldamist tuleks edasi lükata...“

Hukutav eksitus.

Mendelejev hoidis käes Berzeliuse teost.

Viimane oli lubatud raamatu — „Orgaanilise keemia käsiraamat“ — avaldanud alles 15 aastat pärast oma „Keemia-kursust“. Selle aja jooksul avastati ja uuriti läbi tohutult palju orgaanilisi aineid. Ent mida enam materjali keemikute kätte kogunes, seda selgusetumaks muutus Berzeliuse kujutlus temast. Nüüd, aastakümneid hiljem, kujutles Mendelejev selgesti, kuidas Berzelius, temale võõraste orgaaniliste ainete maailma sattudes, kaotas järk-järgult enesekindluse, mis ei hüljanud teda anorgaanilise keemia valdkonnas.

Berzeliust rõhus eelkõige orgaaniliste ühendite suur hulk: nende arv ületas tuntud mineraalainete arvu palju kordi. Anorgaaniline keemia tundis tol ajal ainult mõningaid happeid ja leelisi (aluseid). Orgaanilises keemias leidis happeid ja aluseid kümnetena. Iga orgaaniline hape andis metallidega niisama palju sooli kui iga anorgaaniline hapegi, ning peale selle veel palju teisi saadusi, mida mineraalainete hulgas ei leidu. Peale hapete, soolade ja aluste olid orgaaniliste ühendite keskel olemas veel süsivesikud, piiritused, suhkrud, rasvad, eetrid ja üle kümne teise ühenditeklassi, ning igas klassis oli sadu, tuhandeid esindajaid...

Olles otsustanud orienteeruda orgaaniliste ühendite peaaegu mõõtmatus meres, lootis Berzelius kohata nende koostises mitte ainult juba tuntud, vaid ka paljusid seni tundmatuid keemilisi elemente. Keemia tundis 1827. aastal 52 elementi, ning igapähe

neist võis leida mineraalainete koostises. Anorgaaniliste ainete mitmekesisus tulenes eelkõige nende koostiselementide mitmekesisusest. Midagi selletaolist arvas Berzelius leidvat ka orgaanilises maailmas.

Ent kui ta oli teinud sadu analüüse, hämmastas teda nende elementide loendi lühidus, millest koosnevad elusoleste ained.

Ainult viis-kuus keemilist elementi, ning sealjuures kõige igapäevasemat — süsinik, vesinik, hapnik, lämmastik, väävel, fosfor — leiti esinevat peaaegu arvutu orgaaniliste ainete hulga koostises! Pealegi leidub nende viie-kuue elemendi seast enamikus ühendeist ainult kaht-kolme, ning seda hoolimata orgaaniliste ühendite omaduste mitmekesisusest. Mõrud ja magusad, hapud ja maitsetud, värvilised ja värvusetud, lõhnavad ja lõhnatud, lenduvad ja raskestisulavad, mürgised ja kahjutud, taimsed ja loomsed, taimede ja loomade igast kehaosast ja elundist saadud orgaanilised ained osutusid alati koosnevaks neistsama-dest vähestest keemilistest elementidest.

Juba ainult see koostise ühetaolisus tegi tohutuid raskusi orgaaniliste ainete tundmaõppimisel, sest kuivõrd kerge on eristada näiteks lämmastikhapet väävelhappest — väävli või lämmastiku leidumine määrab nad kohe kindlaks, niisama raske on üksteisest eristada orgaanilisi aineid, mis koosnevad ühtedest ja samadest elementidest. Siin tuli aga ilmsiks veel üks asjaolu: kui mineraalühendite seas kohtame harva selliseid, mille molekulides leidub üle 10 aatomi, siis osutusid orgaaniliste ainete iseloomulikuks tunnuseks kogukad molekulid, mis koosnevad paljudest kümnetest ja sadadest aatomitest. Selliseid ühendeid oli võrratult raskem tundma õppida.

Aga seegi polnud veel kõik.

Äädikhappe ja steariinhappe omaduste erinevust võib mõista, ehkki mõlemad koosnevad süsiniku-, vesiniku- ja hapnikuaatomeist: äädikhappe molekulis on ainult 8 aatomit, steariinhappe molekulis aga 56. Aga kuidas seletada erinevust ainete vahel, mis koosnevad ühtede ja samade aatomite ühest ja samast arvust? Metüüleeter, näiteks, on gaas, mis veeldub alles miinus 23,6 kraadini jahutamisel. Koostiselt ei erine ta aga millegi poolest tavalisest viinpiiritusest, mis keeb pluss 78 kraadi juures; mõlemate, oma omadustelt nii erinevate ainete molekulid sisaldavad kaks süsinikuaatomit, kuus vesinikuaatomit ja ühe hapnikuaatomi. Selliseid aineid hakati muinaskreeka

sõna „isomeres“ (ühesugustest osadest koosnev) järgi nimetama isomeerseiks.

Orgaanilise keemia lahendamata saladustele lisandus veel üks: isomeeriasaladus.

Berzelius tegi 1827. aastal kokkuvõtte viisteist aastat kestnud töödest orgaanilise keemia valdkonnas.

Saadud tulemust iseloomustavad kõige paremini kaks sõna: rabav vastuolu. Vastuolu koostise ühetaolisuse ja tavalisuse ning omaduste mitmekesisuse ja ebatavalisuse vahel, aatomite keerukuse vahel molekulides ja nende aatomite-liikide vähesuse vahel, koostiselementide arvu piiratuse ja ühendite lõpmata suure arvu vahel.

Kurb tagajärg! Arusaamatu muutus veelgi segasemaks, seletamatute nähtuste hulk kasvas.

Berzeliusale näis kõik, mis eristas orgaanilisi ühendeid mineraalseist, ebatavalisena, seletamatuna. XIX sajandi alguse teadlaste teoseid tundma õppides ei suutnud Mendelejev kuidagi mõista, miks Berzelius möödus faktist, millele mõned keemikud juba olid viidanud, — sellest, et eranditult kõikide orgaaniliste ühendite koostises leidub tingimata süsinikku. Mendelejev ei mõistnud, miks Berzeliusale näis palju tähtsamana see, et kõik tema ajal tuntud orgaanilised ained olid lõppkokkuvõttes saadud elusoleste — taimede ja loomade — kaasabil.

Elusoleste kaasabil! Eluprotsessis, mis on looduse kõige keerukam nähtus. Selles nägigi Berzelius orgaaniliste ainete eriliste omaduste põhjust. Ta kirjutas selle erilise elujõu kaasabi arvele nende ainete moodustamisel, mis on omane ainult elusolestele ja kättesaamatu igasugusele teaduslikule tõlgendusele.

Berzelius läks mööda sama teed, kuhu teadus endistel aegadel uusi alasid uurima hakates sageli oli pöördunud. Teadus vajab „saladuslikke jõudusid“ oma arengu algastmeil, kui ta ei suutnud paljude nähtuste seletamisega veel hakkama saada. Kus teadmistest ei piisanud, seal võeti abiks saladuslikud jõud. Kas polnud seni füüsikas ülikülluses kaalutuid „soojust-tekita-vaid“ ja muid „materialeid“, kuni suur Lomonossov rajas talle õige tee tõeni? Kas ei kihutanud keemia ise alles hiljuti oma piiridest välja saladusliku flogistoni?

Saladuslikud „materialeid“ ja „jõud“ valitsesid XVIII sajandi teaduses. Järgmisel sajandil hakkasid nad tema arengut juba

pidurdama, ning veel saja aasta pärast oli selliste teooriate loomine sammuks tagasi.

Kõigist oma võimetest hoolimata, mis olid kahtlemata silmapaistvad, ei suutnud Berzelius tõusta Lomonossovi tasemeni. Berzeliuse pilgu teravus jäi vene geeniusse pilgu läbistavast jõust kaugele taha. Ning see, mis tegi Lomonossovi juba 80 aastat tagasi kriitiliselt valvsaks, näis Berzeliusele ainsa võimaliku väljapääsuna raskest olukorrast, milles teadus viibis. Tuues noorde orgaanilisse keemiasse saladusliku „elujõu“ mõiste, näitas Berzelius, et ta ei seisa ideeliselt kõrgemal Lääne-Euroopa tavalistest XIX sajandi alguse haritud inimestest, kes tuntud saksa keemiku Liebigi tunnistuse järgi pidasid solvavaks, kui neile räägiti, et nende kehas mängivat mingit osa anorgaanilise looduse jämedad ja tavalised jõud...

Mendelejev teadis, et selline pind pidi Berzeliuse külvatud ohtliku eksituse väga kergesti vastu võtma. Seda soodustas Berzeliuse peamine väide, mille ta tõi „elujõu“ kaitseks: orgaaniliste ainete kunstliku valmistamise rohkearvuliste katsetuste ebaõnnestumine. See, mis oli õnnestunud, eranditult kõigi mineraalainetega, anorgaaniliste ainetega, jäi orgaaniliste ühendite alal kangekaelselt teostamatuks. Kas see ei kõnele veenvalt sellest, et nende ühendite tekkimisse on segatud eriline „elujõud“?

Ent samal ajal oli Berzeliuse poolt välja mõeldud õpetus „elujõust“ noorele orgaanilisele keemiale hukutav. Mida võib oodata teaduselt, mis väidab, et aineid, mida ta uurib, on võimatu saada kunstlikult? Selline teadus kirjutab juba ette alla omaenese jõuetusele, ta on määratud tegevusetusele.

Teel uue teooria poole.

Lehitsedes teaduslike ajakirjade kogumikke, vaadates läbi raamatuid orgaanilise keemia kohta, tegi Mendelejev suure rahuldustundega ühe tähtsa järelduse.

XIX sajandil oli teadus saanud juba niivõrd tugevaks, et saladuslikel „jõududel“ muutus väga raskeks temas kauaks püsima jääda. Juba aasta hiljem, 1828. aastal, saadi lihtsaist mineraalainest esmakordselt kunstlikult, ilma igasuguse „elujõu“ abita, tõeline orgaaniline aine — kusiaine. See avastus

andis „elujõu“-teoriale raske hoobi. Ent ta ei heitnud valgust orgaaniliste ühendite salapärasele omadustele, ning orgaanilise keemia eriteadlaste peades jäi endiselt valitsema korralagedus.

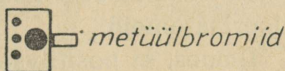
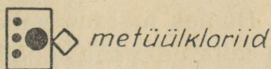
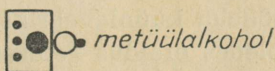
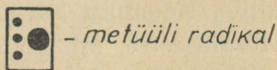
Esimene orgaaniliste ühendite teooria loomise katse tehti pärast seda, kui paljudel nende seast leiti molekulides täiesti ühesuguseid aatomirühmi. Niisugune on näiteks ühest süsiniku- ja kolmest vesinikuaatomist koosnev rühm. See „metüülrühmaks“ või „metüülks“ nimetatud rühm kuulub üksteisest nii erinevate ühendite molekulidesse, nagu äädikhape ja puupiiritus, nagu miinus 23,6 kraadi juures keev metüüleeter ja pluss 177 kraadi juures sulav kiniin. Teda võib leida ka teiste, üksteisest veelgi silmatorkavamalt erinevate ainete molekulides.

Selgus, et orgaaniliste ainete molekulid moodustuvad neist aatomite standardrühmadest niisamuti, nagu mineraalainete molekulid üksikuist aatomeist. Sellised aatomite-rühmad — orgaaniliste molekulide ehitusplokid — said nimeks radikaalid — „ühendite juured“.

Süsiniku- ja vesinikuaatomeist võivad peale metüüli moodustuda radikaale veel etüül (kaks süsiniku-aatomit ja viis vesinikuaatomit), propüül (kolm süsinikuaatomit ja seitse vesinikuaatomit) ja terve rida teisi. Veelgi rohkem kombinatsioone võib tekkida kolme, nelja ja viie elemendi aatomeist. Lõpmatult suur on radikaalide koguarv, mis võivad moodustuda mitme elemendi aatomeist. Seetõttu polegi orgaaniliste ühendite arvul piiri.

Nii tekkis radikaalteooria, orgaanilise keemia esimene teooria. Ta võimaldas korra loomise arvukate orgaaniliste ainete vaatlemisel, jaotades nad radikaalide järgi klassideks. See aga tõi erinevate ühendite ühised jooned kohe päevavalgele.

Teaduslike ajakirjade ja raamatute järgmiseid köiteid läbi vaadates leidis Mendelejev kinnituse enda mõttele, et radikaali-



• vesiniku aatom

○ hapniku aatom

◇ kloori aatom

▭ broomi aatom

Mitmesuguste aatomitega ühinedes moodustavad ühed ja samad radikaalid mitmesuguseid aineid.

teooria on oma menust hoolimata määratud hukkamisele. Tema pooldajad olid liiga innukad, vaadeldes radikaale kui kindlaid ja muutumatuid aatomiterühmi ning jagades nad positiivselt ja negatiivselt laetuiks. See liiga tihe seos Berzeliuse elektrokeemilise teooriaga saigi radikaalteooriale saatuslikuks.

Mendelejevi tähelepanu köitis huvitav ajalooline fakt. Tuntud prantsuse keemik Jean Dumas kutsuti kord kuningalossi ballile. Keemiku harjunud silm märkas kohe teravaid, hingematvaid aure, mis tõusid tugevasti suitseva leegiga põlevaist vahaküünlaist. Nähtust huvitatud Dumas sai teada, et meevaha töödeldi küünlavabrikus, pleegitades seda kloori abil. Küünalde põledes eraldus sellisest vahast soolhappe auru. See tekitaski ebameeldivat lõhna.

Dumas määras vaha koostise enne ja pärast pleegitamist. Pleegitatud vaha molekulides sisaldus märksa vähem vesinikuaatomeid. See-eest leidus nende asemel aga täpselt sama palju klooriaatomeid.

Ilmnes, et positiivsed vesinikuaatomid asendusid vahas negatiivsete klooriaatomitega, see muutis aga vaha omadusi nii vähe, et ta kõlbas endiselt küünalde valmistamiseks.

Radikaalteooria järgi on see seletamatu. Plussi asemele tuleb miinus! Selline asendamine oleks pidanud põhjalikult muutma aine omadusi või ta isegi täielikult lagundama. Siin aga ei toimunud midagi selletaolist.

„Dumas' katsed on vigased,“ ütles Berzelius kohe.

„Radikaalteooria on vale,“ vastas Dumas.

Vaidluse võisid lahendada ainult uued faktid. Dumas võttis söehappe, mille koostises on metüülradikaal, ning katsetas kloori mõjuga viimasesse. Klooriaatomid tõrjusid välja kõik metüüli kolm vesinikuaatomit ja asusid nende asemele, ent aine jäi sellest hoolimata happeks.

Dumas oli oma avastuse peale väga uhke. Tõsi küll, vene keemik akadeemik Tovi Jegorovitš Lovits oli klooraadikhappe saanud juba aastat nelikümmend enne tema töid. Ent nii oli paljudel välismaa teadlastel juba tavaks — venelaste töid „mitte märgata“ või venelaste teened „unustada“, seejärel aga omistada need endale. Erandiks polnud ka Dumas, kellel ilmnesid samuti imelikud „tühikud“ kas hariduses või mälus, kui ta, saates Pariisi Teaduste Akadeemiale teate klooraadikhapest, jättis mainimata Lovitsi nime...

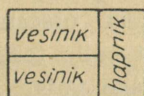
Nii või teisiti, aga klooraadikhappe tundmaõppimine pani kogu radikaalteooria ehitise kõikumale. Ta näitas, et ainult orgaaniliste ainete molekulide koostisse kuuluvate aatomite ja radikaalide elektrilaengute arvestamisest ei piisa kaugeltki. Ning uue, radikaalteooriat asendanud teooria pooldajad ei vaadelnud molekuli, erinevalt Berzeliusest, mitte kui üksteise külge tõmmatud vastupidiselt laetud osakeste — aatomite ja radikaalide — lihtsat kuhjumist. Neile oli orgaanilise aine molekul harmooniline, range plaani järgi püstitatud ehitis. Sellises ehitises võib ühe osa asendada mõne teisega, ilma et üldplaan — ühendi tüüp — seetõttu oluliseks muutuks isegi siis, kui uus üksikosa on oma iseloomult vanale otse vastandiks. Ei muutu ju maja tüüp selle tõttu, et tuleohtlik õlgkatus asendatakse tulekindla plekk-katusega!

Kõik orgaanilised ained — väitis uus teooria — on ehitatud lihtsaimate anorgaaniliste ühendite — vee, soolhappe ja teiste — tüübi järgi. Veemolekul on „ehitis“ ühest hapniku ja kahest vesinikuaatomist. Kui üks „seintest“ — vesinikuaatom — asendada metüülradikaaliga, säilib „hoone“ tüüp, ent tekib uus aine — metüülpiiritus (puupiiritus). Kui aga metüüli asemel võtta etüülradikaal, siis tekib sama tüübi järgi ehitatud etüülpiiritus (viinpiiritus) jne.

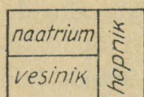
Soolhappe „tüüpiline hoone“ koosneb kahest aatomist — vesiniku- ja klooraatomest. Asendades selle „hoone“ vesinikust koosneva „seina“ mitmesuguste radikaalidega, võib saada kloormetüüli, klooretüüli ja teisi ühendeid.

Just samuti moodustuvad ka teist tüüpi ained.

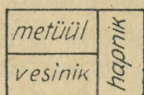
Nii tekkis tüübiteooria — sama teooria, mis valitses orgaanilises keemias ajal, mil tema õpetamine Peterburi ülikoolis usaldati Mendelejeville.



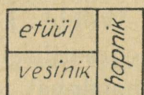
vee molekul
(vee „tüüp“)



sööbenaatriumi
molekul



metüülalkoholi
molekul



etüülalkoholi
molekul

Vee tüübi järgi ehitatud
ainete molekulid.

Aatomite valentsus.

Orgaaniline keemia sel kujul Mendelejevit ei huvitanud. Teadlast köitsid keemiateaduse üldteoreetilised küsimused, füüsikalise keemia probleemid. Ent orgaanilise keemia põhjalik tundmine (mida kroonis isegi orgaanilise keemia õpiku loomine) oli Mendelejevi iseseisva töö esimesel perioodil tema teadusliku arengutee vajalikuks etapiks. Orgaanilise keemia eri küsimuste uurimisest otseselt osa võtmata, jälgis Mendelejev tähelepanelikult selle teaduse kujunemise üldist käiku, püüdes geniaalse teadlase vaistuga lennult uute, keemia kõigile harudele ühiste ideede idusid.

Väga kiiresti õppis ta orgaanilise keemia arengu tõelisi edasiviijaid eraldama hoolsaist ja kohusetruist faktilise materjali kogujaist, kel polnud teoorias julgust. Milline kúristik eraldab näiteks Friedrich Wöhlerit — saksa eksperimentaatorit, kes sai laboratooriumis esmakordselt tõelise orgaanilise aine, noorest Kaasani keemikust Aleksander Mihhailovitš Butlerovist! Samal ajal kui Wöhler kirjutas mõni aasta pärast oma avastust alla oma teoreetilisele võimetusele, öeldes: „Orgaaniline keemia võib tänapäeval igäühe hulluks ajada. Ta näib mulle uinuva metsana, mis on täis imeasju, määratu suure võsastikuna, ilma väljapääsuta, lõputa, kuhu ei julge tungida“, — jätkus Butlerovil mitte ainult julgust tungida „uinuvasse metsa“ sisse, vaid ka oskust näha temas seda, mida kõigi teiste eest varjas veel kaua pärast seda tihe uduloor. Juba 1851. aastal kirjutas noor vene teadlane oma magistri-väitekirjas, et tuleb aeg, mil „keemik ennustab teatud muundumiste üldiseid tingimusi tundes antud aine mõne omaduse põhjal eksimatult nende või teiste saaduste tekkimist, ning määrab juba ette kindlaks mitte ainult nende koostise, vaid ka omadused“.

Hakates õpetama orgaanilist keemiat, ei lakanud Mendelejev jälgimast noort Kaasani kolleegi. Vaist ei petnud teda: orgaanilise keemia lõplik kujunemine küpseks teaduseks on lahutamatult seotud Butlerovi nimega. Radikaalteooria asemele tulnud tüübiteooria oli ainult astmeks teel sellele kujunemisele, oli üheks etapiks teaduse arengus.

Tüübiteooria andis orgaaniliste ainete tundmaõppimisel avaramaid võimalusi kui radikaalteooria. Ta viitas tundmatute, tuntud tüüpide järgi ehitatud ühendite olemasolule. Kuid

temalgi oli nõrku külgi, mis ei jäänud Mendelejevile tähele panemata.

Tüübiteooria seletas enam-vähem õnnestunult lihtsaimate orgaaniliste ainete omadusi, selliste ainete omadusi, millele molekulid koosnevad vähestest aatomeist. Selliseid ühendeid võib kergesti viia vee-, soolhape- jne. „tüübi“ alla. Ent ainult mõneaatomiliste molekulidega ained pole orgaanilisele keemiale iseloomulikud. Võrrelda lihtsaimaid ühendeid ja aineid kogukate, paljuaatomiliste molekulidega on aga väga raske.

Muidugi võib maja õlgkatuse asendada plekk-katusega — seeläbi ei muutu hoone tüüp. Ent ta ei muutu ainult sel tingimusel, kui uus katus on mõõteilt endisele vastav. Kui aga hütt koormata terve suurlinna kvartaali enese alla võtnud maja katusega, siis on võimatu kõnelda „hoone tüübi“ säilimisest. Üks asi on see, kui vesinikuaatom vee molekulis asendub metüülradikaaliga, mis koosneb ühest süsiniku- ja kolmest vesinikuaatomist. Ent kui vesiniku asemele asub kümneist aatomeist koosnev rühm, siis ei avaldu vee tüüpilised omadused uues ühendis peaaegu üldse.

Mida keerulisem on orgaaniline aine, seda raskem on teda kindla, lihtsaima tüübi alla viia. Keemikuil tuli mõelda välja uusi tüüpe, võtta kasutusele segatüübid... Ent see kõik päästis tüübiteooria ainult formaalselt, tegi ta aga tegelikult nii keeruliseks, et kahandas kõik ta eelised nullini. Tüübiteooria hukumine oli vältimatu, ehkki seda aimasid võib-olla ainult vähesed teadlased.

Just selle tõttu möödusid kõik orgaanilise keemia eriteadlased avastusest, mis pidi saama orgaanilise keemia põhjaliku ümberehitamise aluseks.

1853. aastal tegi inglise keemik Frankland metallide ja orgaaniliste radikaalide ühendeid tundma õppides kindlaks, et iga metalli aatom võib siduda ainult rangelt kindlaksmääratud arvu radikaale. Naatriumiaatom ei suuda siduda kaht või kolme radikaali: üks radikaal ammendab tema ühinemisvõime täielikult. Tsingiaatomit on kaks korda raskem küllastada: ta on suuteline enesega siduma kaht radikaali. Alumiiniumiaatomi ühinemisvõime ulatub juba kolme radikaalini. Omadus ühineda ainult rangelt kindlaksmääratud aatomite või radikaalidega on kõigil keemilistel elementidel.

Franklandi avastus valgustas küsimust keemilisest sugulu-

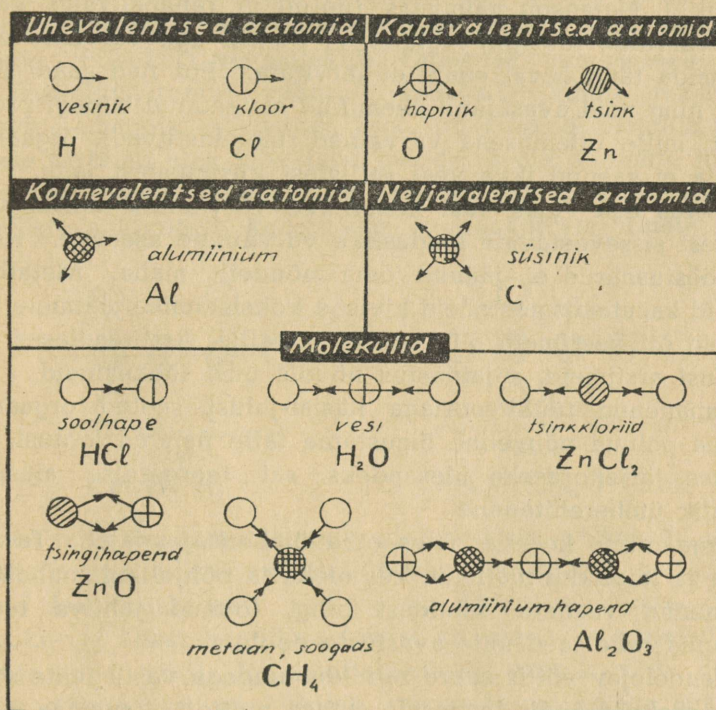
sest — aatomite võimest üksteisega ühineda — hoopis uuest küljest. Selgus, et aatomid ei tõmbu üksteise külge lihtsalt nagu raud magneti külge. Magnet võib tõmmata enese külge ükskõik millise hulga rauatükikesi, kui ainult ta pind selleks küllalt suur on. Aatomeil aga on keemiline sugulus nagu kindlaiks võrdseiks annusteks jaotatud ning ühend ei teki seni, kuni viimane kui üks selline annus pole teise aatomi vastavast sugulusannusest küllastunud. Neid sugulusannuseid võrreldakse mõnikord „kätega“, öeldes, et aatomeil on nagu teatud arv „käsi“ üksteisega ühinemiseks. Nende „käte“ arv iseloomustab iga elementi. Vesiniku- ja klooriaatomite keemiline sugulus (ühinemisvõime) on ühesugune; neil oleks nagu võrdne arv käsi, ning seetõttu ühinevadki nad teineteisega aatomhaaval. Hapniku- ja tsingiaatomite keemiline sugulus on kaks korda suurem kui vesinikul, seetõttu seobki hapnikuaatom enesega kaks vesinikuaatomit ning tsingiaatom — kaks klooriaatomit. See-eest ühinevad hapnik ja tsink teineteisega aatomhaaval.

Võimet siduda enesega ainult rangelt kindlaksmääratud arvu aatomeid või radikaale nimetati Mendelejevi ajal elementide „aatomilisuseks“, hiljem aga hakati nimetama „valentsiks“. Kõiki „ühekäelisi“ elemente, mille aatomid ühinevad vesinikuaatomitega ükskhaaval, — naatriumi, kloori ja teisi — hakati nimetama ühevalentseiks. Neid elemente, mille aatomid on võimalised siduma enesega kaht „ühekäelist“ aatomit — hapnikku, tsinki, väävlit ja teisi —, hakati nimetama kahevalentseiks jne.

Teades elementide valentsi ehk — nagu ütles Mendelejev — aatomilisust, pole nende reageerimisel tekkivate ühendite koostist sugugi raskem ennustada kui murdarve ühenimeliseks teiseks. Kui hapnik on kahe-, alumiinium aga kolmevalentne, siis on selge, et kõikide valentside täielik vastastikune küllastumine saabub sel juhul, kui kaks alumiiniumiaatomit ühinevad kolme hapnikuaatomiga. Just niisugune on alumiiniumhappendi — alumiiniumi ja hapniku ühendi — molekuli koostis.

Nagu selgub, on valents üks keemiliste elementide tähtsaimast omadusist. Kuid see ei „selgunud“ kaugelgi mitte kohe. Orgaanilise keemia eriteadlased hakkasid valentsi vastu huvi tundma alles 1857. aastal. Silmapaistev saksa teadlane August Kekule tegi kindlaks, et süsinik on neljavalentne; tema aatom oleks nagu varustatud nelja „käega“, mille abil ta võib siduda enesega neli vesiniku- või mõne muu ühevalentse elemendi

aatomit. Järgmisel aastal astus Kekule veelgi sammu edasi: ta avastas süsinikuaatomite omaduse ühineda oma valentside abil püsivaks ühendiks mitte ainult teiste elementidega, vaid ka ise-keskis. Kekule käes oli kõik vajalik selleks, et luua viimaks tõeline orgaanilise keemia teooria, mis seletaks ära orgaaniliste ainete rohkuse ning kõik muud iseärasused, kasutamata otsitud



Molekulide tekkimine aatomeist valentsusreeglite järgi.

võrdlusi „tüüpidega“, toetudes teaduse uusimatele andmetele aatomite omadustest. Ilmnes aga, et Kekule polnud võimeline selleni jõudma. Avastust, mis pidi vananenud tüübiteooria lõplikult laostama, kasutas Kekule just vastupidiselt, püüdes vana tugevdada. Selle asemel et heita tüübiteooria hoopis kõrvale, mõtles ta välja uue tüübi: süsinikuaatomi ühendi nelja vesinikuaatomiga.

Tüübiteooria jäi orgaanilise keemia eriteadlaste töodes endiselt juhtivale kohale. 1859. aasta maikuu ilmus täiesti selle

teooria järgi koostatud Kekule „Orgaanilise keemia õpiku“ esimene köide.

Samal ajal hakkas orgaanilise keemia areng kiiresti kasvavat tööstust üha enam huvitama. 1856. aastal saadi aniliinist ja temaga suguluses olevaist aineist, mille tootmisviisi kuulus vene keemik akadeemik N. N. Zinin oli avastanud juba 1842. aastal, esimesed kunstlikud orgaanilised värvained: vene keemik J. Natanson valmistas tuntud ja tänapäevalgi kasutatava värvaine fuksiini, inglane V. Perkin aga värvaine moveiini, mida tänapäeval enam ei tarvitata. Ent nad saadi juhuslikult ning neid avastanud keemikud ei teadnud midagi protsessidest, mille tulemusena värvained moodustuvad; orgaaniline keemia ei saanud ikka veel sellistest küsimustest jagu. Tekstiiltööstus aga vajab uusi kunstlikke värvaineid meretagustest maadest sisseveetavate looduslike värvainete asemele. Ka teised tööstusharud ei jäänud oma nõudeilt maha. Metallurgid ootasid kasutamismeetodeid kivisöe koksistamise jäätmete jaoks — neid utiliseerimata oli koks liiga kallis. Arstiteadlased vajaksid uusi arstimeid, sõjatööstus nõudis uusi lõhkeaineid...

Vananenud tüübiteooriaga käsist-jalust seotud orgaaniline keemia polnud võimeline õigustama talle pandud lootusi. Selle teaduse järjekordseks ülesandeks sai teoreetilise alusmüüri põhjalik ümberehitamine.

Orgaaniline keemia ootas oma ümberkujundajat. Ta vajab julget ja taiplikku mõtlejat, kes oleks ta põhjalikult puhastanud vananenud vaadete kihtidest ning, loonud juhtiva teooria, näidanud talle teed uute avastuste poole.

Mendelejev võttis suure rahuldustundega vastu teate sellest, et ka seekord andis teadusele sellise mõtleja Venemaa.

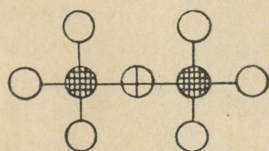
Butlerovi teooria.

Suur teadlane, kes kujundas ümber orgaanilise keemia, oli sama Kaasani ülikooli professor Aleksander Mihhailovitš Butlerov, kes juba 1851. aastal, kaks aastat enne valentsi avastamist ja kuus aastat enne Kekule esimesi töid väljendas oma usku selle teaduse kuulsusrikkasse tulevikku.

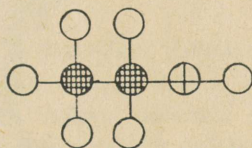
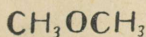
Erinevalt enamikust välismaa teadlastest hindas Butlerov otsekohe valentsi tähtsust orgaaniliste ühendite jaoks. Igale aatomile on omane teatud valents, arutles ta. Keemilise ühendi

moodustamisel kulutavad aatomid oma valentsid üksteisega seondumiseks. Seejuures tekkinud molekul pole mitte aatomite juhuslik kuhjum. Aatomid on oma valentside-kätega üksteisest kinni võttes sunnitud korralduma ühendi molekulides range korrapärasusega. Vee molekulis on kaks ühevalentset — „ühekäelist“ — vesinikuaatomit ja üks kahevalentne — „kahekäeline“ — hapnikuaatom. Kui vesinikud oma ainsad „käed“ teineteisega ühendaksid, siis ei saaks nad millegi abil hapnikuga ühineda. Ei tekiks veemolekuli. Tähendab, vee molekulis võivad vesinikuaatomid vahetult seonduda ainult hapnikuga. Vesinik — hapnik — vesinik. Molekuli kindlale plaanile alluva ehituse kirjutab ette juba teda moodustavate aatomite loomus.

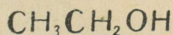
Samale reeglile alluvad ka orgaanilised ühendid. Kui aga vähestest aatomitest koosnevais anorgaaniliste ainete mole-



metüüleetri molekuli ehitus



etüülalkoholi molekuli ehitus



kulides on rühmitumisvõimalused tavaliselt väikesed, siis on kogukate orgaaniliste molekulide valdkonnas lugu palju keerulisem. Isegi suhteliselt väikese — kahest süsiniku-, kuuest vesiniku- ja ühest hapnikuaatomist koosneva — molekuli võib ehitada kahel viisil. Iga „neljakäeline“ süsinik võib ühineda kolme „ühekäelise“ vesinikuga, vabaksjäänud kätega aga seonduvad mõlemad süsinikud „kahekäelise“ hapnikuga. Tekib sümmeetriline molekul, mille keskel on hapnik. Kuid on võimalik ka teine plaan. Aatomeist võib moodustuda ebasümmeetriline ahel, mille lõpus on hapnik: süsinik — süsinik — hapnik. Äärmisel süsinikul jääb siin vabaks kolm valentsi, keskmisel kaks, ning hapnikul — üks. Neid kuut vaba valentsi tarvita-taksegi kuue vesinikuaatomiga ühinemiseks.

Aatomite arv ja liik on kummaski molekulis ühesugune. Ent aatomid on neis erinevalt seotud. Seetõttu on tekkinud ained ka omadustelt erinevad. Sümmeetriline molekul on miinus 23,6 kraadi juures keeva metüüleetri molekul. Ebasümmeetriline molekul on pluss 78 kraadi juures keeva viinpiirituse molekul.

Järelikult ei määra orgaaniliste ühendite omadusi mitte radikaalide elektrilaengud ega formaalne sarnasus „tüüpidega“. Nende omadused sõltuvad molekuli koostisse kuuluvate aatomite liigist, nende aatomite arvust ning korrast, mille järgi nad on üksteisega seotud oma valentside abil.

Sõna tähendus, tema mõte ei sõltu ainult teda moodustavate



Aleksander Mihhailovitš Butlerov.

tähtede liigist, ainult nende tähtede arvust, vaid ka järjekorrast, tähtede omavahelisest seosest. Piisab tähtede järjekorra muutmisest sõnas „kasv“, et tekiks uus sõna „vask“, millel on hoopis teine mõte.

Molekuli ehitus, struktuur, see ongi, mis eelkõige määrab kindlaks orgaaniliste ainete omadused. Selles peitub Butlerovi geniaalselt lihtsa teooria — orgaanilise keemia põhiteooria — olemus.

Soovides alla kriipsutada oma teooria juhtmõtet, nimetas Butlerov ta „struktuuriteooriaks“ ehk „ehitusteooriaks“.

1861. a. suvel sõitis Butlerov välismaale. Ta arvas, et orgaaniline keemia oli selle aja jooksul, mis valentsi avastamisest oli möödunud, ka Läänes kaugele edasi sammunud. Ta mõtles, et Euroopas on juba ammu lõpparve tehtud oma aja ära elanud tüübiteooriaga, ning niihästi loengute kursuseid kui ka orgaanilise keemia õpikuid koostatakse kõikjal uue teooria, struktuuri-teooria alusel.

Milline oli aga Butlerovi hämmastus, kui ta leidis, et Lääne-Euroopa teadlased tammuvad endiselt ummikus, kuhu nad oli viinud tüübiteooria. Butlerov käis Euroopa suurimate keemikute loenguil ning veendus selles, et tema poolt juba ammu kõrvale heidetud vaateid, mis Kaasani üliõpilastele oleksid tundunud veidrains, esitati kuulsate Euroopa ülikoolide kateedreilt endise autoriteediga.

Butlerov haaras õhinal Kekule „Orgaanilise keemia õpiku“ viimased äsjailmunud väljaanded. Ta mäletas 1857.—1858. aastail avaldatud Kekule artikleid, kus saksa keemik kõneles süsiniku neljavalentsusest ning süsinikuaatomite võimest ühineda pikkadeks ahelikkudeks. Butlerov oli kahtlemata õigustatud ootama andekalt teadlaselt kiiret edasilikumist. Ta lootis Kekule õpikus leida uue teooria harmoonilise, järjekindla esituse. Ent trükivärskeilt lehekülgedelt vaatasid Butlerovile kiretult vastu tüübiteoorial põhinevad valemid, — valemid, mida ta Kaasani ülikooli auditoriumide tahvleile juba ligikaudu kolm aastat enam ei kirjutanud. Kekule õpikuid ja üliõpilaste poolt Volga kaldal asetsevas kauges vene linnas kirjutatud loengute konspekte eraldas terve epohh. Ükski euroopa keemikuist ei tarvitanud isegi sõnu „keemiline ehitus“, „keemiline struktuur“.

Butlerov, kes polnud üldse kavatsenud õpetaja osas esineda, ning kes ei sõitnud välismaale mitte sel eesmärgil, tundis, et välismaa keemikute teadusliku elu külgemisse tuli aktiivselt vahele segada.

19. septembril 1861 esines ta saksa loodusuurijate 36-ndal kongressil Speieri linnas (Saksamaal) ettekandega „Mõnda ainete keemilisest ehitusest“.

Võitva järjekindlusega esitas vene teadlane kõigist Euroopa osadest kongressile sõitnud keemikuile oma teooria põhijooned. Ta rääkis tema poolt ette pandud orgaaniliste ühendite vale-

meist, mis võtavad arvesse nende koostisse kuuluvate aatomite valentsi, ning sellest, et need valemid peegeldavad aine keemilist ehitust, see tähendab, aatomite asetuse korrapära molekulides ja seost aatomite vahel. Butlerov väitis, et siis, kui ainete keemiliste omaduste sõltuvus nende keemilisest ehitusest lõplikult selgub, on sellised valemid kõikide nende omaduste täpsaks väljenduseks. Ükski eelnenud teooriaist ei võimaldanud niipalju öelda aine omaduste kohta ainsa lühida valemiga — tema molekuli ehituse valemiga.

„Tüübil põhinevad valemid tuleks siis käibelt kõrvaldada,“ lõpetas Butlerov oma ettekande. „Asi seisab selles, et need valemid on teaduse nüüdisaegse seisundi jaoks kitsad!... On aeg rajada meie mõisted ainete keemilistest omadustest valentsi ja keemilise ehituse alusele, jättes hoopis kõrvale tüüpidel põhinevad vaated.“

Butlerovi ettekanne jättis kokkutulnutele sügava mulje. Samal aastal avaldati ettekanne tervikuna saksa keemia-ajakirjas. Vene keemiku poolt loodud aine ehituse teooria levis järk-järgult teadusmaailmas, võites enesele üha rohkem ja rohkem pooldajaid. Peagi hakkas kogu orgaaniline keemia ümber kujunema ja oma materjali Butlerovi ideede alusel mõtestama.

„Tavaline lugu“.

Kaasanis hakkas Butlerov kirjutama suurt tööd — „Sissejuhatust orgaanilise keemia täielikku tundmaõppimisse“. Raamat ilmus aastail 1864—1866. See oli esimene õpik maailmas, kus orgaaniline keemia oli ehitatud ilma igasuguste kõrvalekalduvisteta struktuuriteooria vaatepunktist. Materjali paigutuselt ja teoreetiliselt mõtestamiselt oli Butlerovi õpik kõigi orgaanilise keemia loengute kursuste ja õpikute prototüübiks.

Raskused, mida Lääne teadlased kohtasid orgaanilise keemia ümberehitamisel struktuuriteooria alusel, sundisid saksa keemikuid tõlkima Butlerovi õpiku 1868. aastal saksa keelde. Alles pärast seda oli ka Läänes struktuuriteooria levik tagatud. Niimoodi õppis kogu maailma mitu keemikute sugupõlve orgaanilist keemiat tundma vene teadlase raamatute järgi.

Edasi juhtus aga „tavaline lugu“, millest Mendelejev ei võinud meelepaha tundmata ei kõnelda ega mõelda. Butlerovi raamatu tõlge ilmus Saksamaal peaaegu ühel ajal Kekule uue teosega. Saksa keemik kirjutas oma töö alles pärast Butlerovi kuulsat esinemist Speieris. Kekule käsutuses olid Butlerovi arvukad artiklid struktuuriteooria põhijoontest, sealhulgas ka peaaegu kolmekümne-leheküljelised artiklid, mis ilmusid 1863. aastal ja 1864. aasta alguses saksa ja prantsuse keemia-ajakirjades ja olid eriti pühendatud Kekule eelmises õpikus leidunud vigade analüüsile. Suurt mõju avaldasid Kekulele ka isiklikud vestlused vene teadlasega. See kõik aitas kaasa Kekule teoreetiliste vaadete selginemisele, ning uues raamatus oli ta juba hüljanud tüübiteooria ja esitas struktuurseid vaateid.

Ehkki just Butlerov oli Kekuled kõige rohkem aidanud iganenud vaadete soost väljumisel, leidis välismaal ka seekord „teadlasi“, kes püüdsid vähendada Butlerovi osa struktuuriteooria loomisel ja väljatöötamisel ning omistada ta tervikuna Kekulele. Nad viitasid sealjuures sellele, et Kekule uus raamat ilmus Saksamaal mõne kuu võrra varem kui Butlerovi õpiku tõlge. Neil inimestel „jäi silmapaari vahele“, et Butlerovi raamat oli Venemaal ilmunud ammu enne seda, kui Kekule ja teised Euroopa kuulsused üldse hakkasid aru saama orgaanilise keemia uue teooria tähtsusest. Nad „unustasid“, et isegi selle raamatu tõlkimine saksa keelde oli tingitud sellest, et Lääne keemikud olid kaua võimetud looma oma, originaalset õpikut, mis oleks peegeldanud struktuuriteooria ilmumisega orgaanilises keemias esilekutsutud murrangut.

Vene teadlase osa orgaanilise keemia arengus oli nii ilmne, tema ja ta arvukate õpilaste tööd nii tähtsad, et kõik püüded tema teeneid vähendada jäid tagajärjetuiks. Neid hakati lõpuks kogu maailmas tunnustama. Butlerov valiti mitme maa, sealhulgas ka Saksamaa paljude teaduslike organisatsioonide au liikmeks.

„A. M. Butlerov on üks silmapaistvamaid vene teadlasi,“ kirjutas 1868. aastal Mendelejev, soovitades Peterburi ülikoolile valida Butlerov orgaanilise keemia professoriks. „Ta on vene lane niihästi oma teaduslikult hariduselt kui ka oma tööde origi-

naalsuselt. Meie kuulsa akadeemiku N. Zinini õpilasena ei saanud ta keemikuks mitte võõral maal, vaid Kaasanis, kus ta jätkab iseseisva koolkonna arendamist keemias... Keemias on olemas Butlerovi koolkond, Butlerovi suund... Võin isiklikult tõendada, et sellised prantsuse ja saksa teadlased, nagu Würtz ja Kolbe, peavad Butlerovi üheks keemia teoreetilise suuna mõjukamaist edasiviijaist meie ajal."

Suure ahela lülid.

Mitte asjatult ei hinnanud Mendelejev nii Butlerovi. Butlerovi õpetuses molekulide ehitusest valentsiseaduste järgi nägi Mendelejev viimast puuduvat lüli ahelas, mis viis aatomite põhiseaduse avastamisele.

Esimeseks lüliks oli õpetus elementidest. Teadus sepistas teda kaua. Vana-aja rahvaste elemendid — tuli, vesi, maa, õhk —, alkeemikute elemendid — väävel, elavhõbe, sool —, flogistikute kõikjal leiduv element — flogiston, kaaluta elemendid — „valgusmaterია“, „elastsusmaterია“ ja teised — läbisid teaduseääsi, enne kui kristalliseerus õige kujutus elementidest — kõikide ainete lihtsaimaist koostisosadest. Tule — kuni XVIII sajandi lõpuni ainsa keemikuile kättesaadava ainesse mõjuva vahendi — kasutamine oli see meetodika, mis kindlustas evolutsiooni kujutlusele elementidest. Lomonosovi aine jäävuse seadus oli katsekiviks, mille puudutus osutus hukutavaks flogistonile, soojust-tekitavale ja teistele kaalututele „materiatele“, mis sobisid hästi kokku Boyle'i poolt täiustatud õpetusega elementidest. Ainult Lomonosovi seadus võimaldas eraldada tõelised elemendid väärelementidest — peentest ja kaalutuist „materiateist“. Seepärast ei tule mitte Boyle'i vaid Lomonosovit õigusega nimetada nüüdisaegse elemente käsitleva õpetuse loojaks.

Õpetus sellest, et kõik kehad koosnevad aatomeist, oli teiseks lüliks ahelas, mis viis aatomite põhiseaduse leidmiseni. Seda lüli polnud teadusel kerge sepistada. Vana-aja inimeste geniaalseid oletusi jälitas julmalt kirik, mis oli omal ajal kõikvõimas. Siis, kui ilmusid nende oletuste esimesed teaduslikud tõestused, hakkasid mõned pealiskaudsed teadlased iganenud, teaduse arengut pidurdavaid kujutlusi kergemeelselt tõlkima

„moodsaks“ saanud aatomiõpetuse keelde, ent sellega nad ainult raskendasid atomistliku teooria juurdumist. Lomonossov oli see teadlane, kes näitas ka siin teadusele õige tee, andes eeskuju aatomiõpetuse järjekindlas rakendamises füüsika ja keemia keerukaimate küsimuste lahendamisel. Gaaside — lihtsaima ehitusega ainete — tundmaõppimine ja uus gaaside mõõtmise meetoodika kinnitasid lõplikult Lomonossovi ideid sellest, et ained koosnevad aatomeist ja molekulidest. Gaasimetoodika võimaldas keemial teha hüppe flogistoniteooria juurest tänapäeva teaduseni. „Uus epohh algab keemias atomistikaga...“ ütles Engels. Seepärast tuleb Lomonossovit õigusega nimetada tänapäeva keemia isaks.

Õpetus valentsusest heitis valgust aatomite tähtsaimale omadusele — nende võimele isekeskis ühineda. Olles märksa noorem kui õpetus elementidest ja õpetus aatomeist, nõudis see ahela kolmas, aatomite põhiseaduse kindlakskujunemisele eelnev lüli eluõiguse saamiseks tunduvalt vähem aega kui esimesed kaks. See oli võimalik sellepärast, et teda töötlesid õpetlased, kes toetusid esimesed kaks lüli loonud eelkäijate laialdastele kogemustele. Elektrivoolu kasutamine võimaldas uuel viisil läheneda küsimuse lahendamisele nende jõudude suhtes, mis seovad terviklikeks molekulideks üksikuid aatomeid. Selle meetoodika abil sooritas keemia järjekordse hüppe oma arengus. Butlerovi geniaalne idee sellest, et molekulid on ehitatud valentsiseaduste järgi, juhatas keemiale õige tee seose selgitamiseks molekulide struktuuri ja omaduste vahel.

Ning nii sattusid kõik kolm lüli lõpuks Mendelejevi kätte. Vene teadlase käsutuses oli umbes kuuekümne viie tol ajal tuntud keemilise elemendi nimistu.

Iga elementi iseloomustas kaks tähtsamat omadust: tema aatomkaal ja valents.

Ilmnes suur vahe, kui Mendelejev vaatles nende omaduste muutumise iseloomu. Elementid erinevad üksteisest aatomkaalult laiades piirides. Elementide kõrval, mille aatomid on kergeima kaaluga elemendi — vesiniku — aatomist ainult paar korda raskemad, leidub veel elemente, mille aatomid on vesinikuaatomeist raskemad isegi üle kahesaja korra.

See-eest kõigub aga mitmesuguste elementide aatomite valents väga väikestes piirides. See tähendab, et peab leiduma ühesuguse valentsiga elemente. Olles veendunud üldise seaduse

olemasolus, millele alluvad mitmekesisete omadustega aatomid, kirjutas Mendelejev välja mõningate ühesuguse valentsiga elementide nimetused: ühevalentsed — naatrium, kaalium, liitium; kahevalentsed — kaltsium, magneesium, baarium; kolmevalentsed — alumiinium, berüllium, boor; neljavalentsed — süsinik, räni; viievalentsed — lämmastik, arseen, fosfor; kuuevalentsed — väävel, seleen; seitsmevalentsed — kloor, broom, fluor. Talle torkas silma huvitav fakt: iga sellise rühma elemendid meenutavad oma omadusilt üksteist erakordselt. Kõik ühevalentsed on tüüpilised, selgeilmelised metallid; seitsmevalentsed on niisama tüüpilised selgeilmelised metalloiidid; valentsilt vahepealsed neljavalentsed — süsinik, räni — seisavad ka oma omadustelt teelahkmel metallide ja metalloiidide vahel.

Mendelejev sai aru, et tema oletus aatomite käitumist juhtiva seaduse olemasolust on õigustatud, — et ta seisab ühtlasi suurima avastuse lävel.

Mendelejevi seadus.

Legend „keemilisest pasjansist“.

Mendelejevi avastusest on tekkinud mitmed anekdoodidki. Jõude-inimesed jutustavad isegi, et aatomite põhiseaduse avastamine ei nõudnud teadlaselt erilist vaeva. Valmistudes ette loenguks ja süstematiseerides oma märkmeid tulevase õpiku jaoks, kirjutas Mendelejev üksikute keemiliste elementide nimetused lihtsalt eri sedeleile, seejärel segas sedeleid, ning, ladudes neid nii ja teisiti nagu mängukaarte pasjansis, märkas eneselegi ootamatult üllatavat seaduspärasust.

Ei ole midagi absurdsemat kui see legend. Mendelejevile polnud seadus, mille ta avastas, mitte lõbusa mängu juhuslikuks tulemuseks, vaid pikkade mõtiskelude ja visade otsingute viljaks.

„Minult küsiti korduvalt, mille alusel, millisest mõttest lähtudes ma perioodilisuse seaduse leidsin ja teda kaitsesin,“ kirjutas Mendelejev. „Annan siin jõukohase vastuse.“

„...Kui mõtled ainest, on minu arvates võimatu vältida kaht küsimust: kuipalju on antud ainet ning milline on see aine, millele vastavadki mõisted: mass ja kemism. Ning ainega tegeleva teaduse — see tähendab, keemia — ajalugu viibki, tahes või tahtmata, vajaduseni tunnistada mitte ainult seda, et mass, aine, on igavene, vaid ka seda, et keemilised elemendid on igavesed. Seepärast tekib tahtmatult mõte, et elementide massi ja keemiliste iseärasuste vahel peab tingimata olema seos, et aga aine mass väljendub lõppkokkuvõttes aatomite kujul, siis tuleb otsida funktsionaalset seost elementide individuaalsete omaduste ja nende aatomkaalude vahel. Ent midagi otsida — olgu siis seeni või mingit sõltuvust — on võimatu muul viisil kui vaadeldes ja katsetades. Nii hakkasin minagi koguma sarna-

seid elemente ja lähedasi aatomkaale, kirjutades eri elemendid nende aatomkaalude ja põhiomadustega eri sedeleile..." — „Kaheldes paljuski, mis oli selgusetu," kirjutab ta edasi, „ei kahelnud ma hetkegi tehtud järelduse üldkehtivuses, sest oli võimatu oletada juhuslikkust..."

Juhuslikkust oli võimatu oletada! Selles ongi „pasjansi-mängu" saladus, millest Mendelejev kirjutab ning mida paljud nii absurdsetl tõlgendasid.

Mendelejev ei avastanud seadust mitte selle tõttu, et ta ladus „keemilist pasjanssi", vaid ta „ladus" seda selle tõttu, et otsis seadust. Kellelgi ei tule mõttesse linnas, asfaldiga kaetud platsil seeni otsida. Kellelgi ei tule mõttesse pakases jaanuaris või tuisuses veebruaris seenile minna. Minnes metsa pärast augustikuist „seenevihma", teame me metsas seeni leiduvat, ehkki me ei või kindlasti ette öelda, millise puu all leid meid just ootab. Mendelejev oli selles veendunud, et seadus on olemas ning teadis, kus ja kuidas teda otsida. Just selle tõttu kirjutaski ta otsinguile asudes sedeleile keemilise elemendi nimetuse järele tema aatomkaalu ja valentsuse. Mendelejev oli arvamusel, et neis kahes omaduses oli keskendunud kõik tähtsaim, mida teadus XIX sajandi keskel aineist teadis, ning valis nad veendunult võtmeks aatomite põhiseaduse avastamisel.

Mendelejevi seadus.

Valmistanud sel kombel sedelid kõigi tol ajal tuntud keemiliste elementide jaoks, aetas Mendelejev nad aatomkaalude järgi ritta. Ning siis märkas ta erutustundega ühelt elemendilt teisele üleminekul peaaegu kõikjal ranget seadusepärast.

Tal tuli välja nii:

Liitium. Aatomkaal 7. Ühevalentne metall.

Boor. Aatomkaal 11. Kolmevalentne, seisab metallide naabruses.

Süsinik. Aatomkaal 12. Neljavalentne, üleminekuvorm metallidelt metalloididele.

Lämmastik. Aatomkaal 14. Viievalentne metalloid.

Berüllium. Aatomkaal 14,1. Kolmevalentne metall.

Hapnik. Aatomkaal 16. Metalloid, sarnaneb omadustelt väga kuuevalentse väävliga.

Fluor. Aatomkaal 19. Metalloid, meenutab omadustelt väga seitsmevalentset kloori.

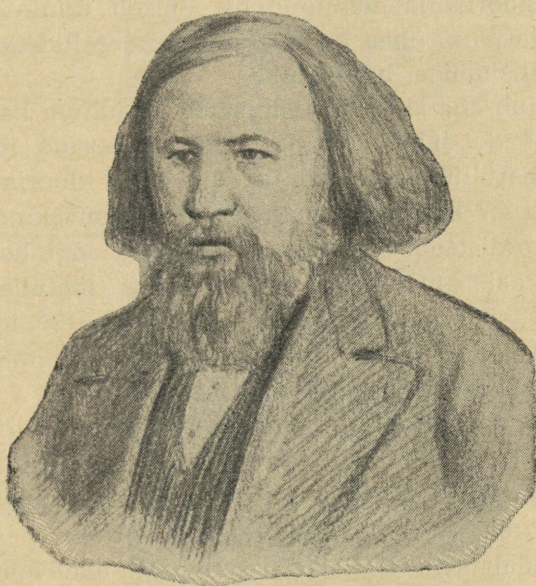
Natrium. Aatomkaal 23. Ühevalentne metall.

Magneesium. Aatomkaal 24. Kahevalentne metall.

Alumiinium. Aatomkaal 27,4. Kolmevalentne metall.

Räni. Aatomkaal 28. Neljavalentne element, mis on üleminekuvormiks metallidelt metalloididele.

Fosfor. Aatomkaal 31. Viievalentne metalloid.



Dmitri Ivanovič Mendelejev.

Väävel. Aatomkaal 32. Kuuevalentne metalloid.

Kloor. Aatomkaal 35,5. Seitsmevalentne metalloid.

Välja kirjutatud, aatomkaalu kasvu järgi paigutatud elementide rea range korrapärasus valentsi muutumises on rikutud ainult kahes kohas. Pärast ühevalentset liitiumi tuleb kohe kolmevalentne boor, ning viievalentsele lämmastikule järgnevale kohale on ilmselt väljaspool järjekorda asunud kolmevalentne berüllium.

Ent miks on õigupoolest metall berüllium sattunud metalloidide — gaaside, lämmastiku ja hapniku, — vahele? Ainult selle tõttu, et berülliumi aatomkaaluks on teaduslikus kirjanduses märgitud 14,1. Ent kuidas see arv on saadud? Berülliumi ja kloori

ühendi analüüs näitas, et 35,5 grammi kloori ühineb 4,7 grammi berülliumiga. Kuna oletati, et berüllium on kolmevalentne ja iga tema aatom ühineb kolme ühevalentse klooriaatomiga, andes ühendi Be Cl_3 , siis korrutati arv 4,7 berülliumi aatomkaalu saamiseks 3-ga ja saadi 14,1.

Ent millisel alusel peetakse berülliumi kolmevalentseks? Mendelejev võrdles tema omadusi kolmevalentsete elementide omadustega. Ei, berüllium on kõigi oma tunnuste poolest kolmevalentsest boorist ja alumiiniumist ilmselt erinev. See-eest on tal aga väga palju ühist kahevalentsete metallidega — magneesiumiga, kaltsiumiga, baariumiga.

Mis juhtub aga siis, kui tunnistada berüllium kahevalentseks elemendiks? Sel juhul peab ta andma klooriga ühendi BeCl_2 , milles iga berülliumiaatom on seotud kahe klooriaatomiga. Siis ei tule arvu 4,7 berülliumi aatomkaalu leidmiseks mitte kolme-, vaid kahekordistada. Tulemus on 9,4. See ongi berülliumi tõeline aatomkaal. Nii parandas Mendelejev, lähtudes berülliumi sarnasusest teiste elementidega ja kaalutlustest tema valentsi arvutamiseks, julgesti selle metalli aatomkaalu, mis oli tol ajal üldiselt omaks võetud.

Uus aatomkaal sundis omakorda paigutama berülliumi mitte lämmastiku ja hapniku, vaid liitiumi ja boori vahele. Ning see kõrvaldas kohe mõlemad kõrvalekaldumised elementide loomulikust järjestusest. Tekib rida: liitium — berüllium — boor — süsinik — lämmastik — hapnik — fluor — naatrium — magneesium — alumiinium — räni — fosfor — väävel — kloor. Selles reas, kus kõik elemendid on järjestatud vastavalt aatomkaalude kasvamisele, kasvab valents alguses samuti korrapäraselt 1-st kuni 7-ni, seejärel aga langeb järsult 1-ni ja kasvab uuesti korrapäraselt 7-ni.

Minnes edasi mööda niisuguste kõrvutuste teed, julgesti parandades seal, kus vaja, valemääratud elementide aatomkaale, jõudis Mendelejev üldise seaduse avastamiseni, mida teadus nii vajab.

See seadus väidab, et mitmesuguste elementide aatomeid ei eralda üksteisest sugugi mitte omaduste juhuslik kogum.

On olemas elementide loomulik järjestus, mis paistab silma selle poolest, et üleminekul ühelt aatomite-liigilt teisele muutuvad nende omadused range korrapärasusega.

iseloomuliku metalse läike, taotavuse, venivuse, hea soojusjuhtivuse ja suure elektrijuhtivuse poolest. Keemikuid huvitab neist füüsilistest omadustest palju rohkem see, et metallide hapendid (nende ühendid hapnikuga) moodustavad veega niinimetatud aluseid (vees lahustuvaid aluseid nimetatakse leelisteks), erinevalt metalloidide hapendeist, mis moodustavad veega happeid. Kuna võime astuda keemilistesse reaktsioonidesse avaldub liitiumil väga selgesti — õhu käes ühineb ta näiteks hapnikuga nii aktiivselt, et kattub ainsa hetke jooksul koheva hapendikelmega ning liitiumalusest ja veest moodustuv alus mõjub paljudesse ainetesse nii sööbivalt, et teda peetakse sööbeleeliste rühma kuuluvaks —, siis nimetavad keemikud liitiumi tüüpiliseks, aktiivseks, selgeilmeliseks metalliks.

Liitiumile järgneb elementide loomulikus järjestuses berüllium. See on veidi vähem aktiivne metall, vähem tüüpiliste metalsete omadustega. Tavalisel temperatuuril ühineb berüllium õhu käes hapnikuga palju aeglasemalt kui liitium ning ei kattu sealjuures mitte koheva ja paksu, vaid õhukese hapendikelmega. Soojendamisel süttib berüllium ainult kõrgetel temperatuuridel, kuna liitium hakkab õhus väga kergesti põlema. Berülliumi hapendi ühend veega on nõrk alus.

Berülliumile järgneb boor. Tema metalsed omadused annavad end juba väga nõrgalt tunda ning ta jääb keemiliselt aktiivsusest tunduvalt maha liitiumist ja berülliumist. Õhu suhtes on boor täiesti püsiv, boori hapendi ühendil veega ei ole aga peaaegu üldse aluselisi omadusi, — vastupidi, tal on enamikul juhtudest nõrgad happelised omadused.

Boorile järgnev element süsinik seisab ilmselt teelahkmel metallide ja metalloidide vahel. Metallid juhivad hästi elektrit ning nende aatomid ühinevad kergesti metalloidide aatomitega. Metalloidid juhivad elektrivoolu halvasti ning nende aatomid ühinevad kergesti metallide aatomitega. Süsinik aga ühineb võrdselt hästi nii metallide kui ka metalloididega, mis aga puutub elektrisse, siis teemandi kujul süsinik teda praktiliselt ei juhi, grafiidi kujul aga juhib hästi. Süsiniku hapend (süsihappegaas) tekitab veega ühinedes söehappe, mis on küll väga nõrk hape, kuid ei ilmuta enam mingeid aluse tunnuseid.

Element lämmastik, mis asetseb aatomite loomulikus järjestuses süsiniku järel, on juba ilmne metalloid, kuid üks kõige vähem aktiivseist metalloidide seas. Selleks et sundida

lämmastikku hapnikuga ühinema, peab temperatuur tõusma kaugelt üle 1000 kraadi. See-eest annab lämmastikuhapend veega tugeva lämmastikhappe.

Lämmastikust erinevalt on temale järgnev element hapnik väga aktiivne metalloid. Ta reageerib aktiivselt enamikus teiste elementide aatomitega. Just selle tõttu võetigi üks kuueteistkümnendik hapnikuaatomi kaalust aatomkaalu ühikuks: elementide aatomkaale on nende võrdlemisi kergesti saadavate hapnikuühendite koostise määramise teel väga kerge arvutada. (Kuueteistkümnendik võeti aga sellepärast, et see peaaegu võrdub kergeima elemendi — vesiniku — aatomi kaaluga; niiviisi väljenduvad kõikide elementide aatomkaalud arvudega, mis on ühest suuremad). Pole mõtet tuua siinkohal tõestusi hapniku kuuluvuse kohta metalloidide hulka, — vaevalt tuleks kellelgi mõttesse pidada metalliks gaasi, mida me hingame.

Ent kui aktiivne metalloid hapnik ka ei oleks, ikkagi jääb ta tunduvalt maha temale järgnevast elemendist fluorist. See on energilisim, aktiivseim ja tüüpilisim metalloid. Ta reageerib teiste elementidega nii aktiivselt ja ühineb nendega nii tugevasti, et vaba fluori eraldamine tema ühendeist on erakordselt raske probleem, seda õnnestus lahendada ainult elektrivoolu abil.

Mendelejev asetas need tema poolt avastatud aatomite loomuliku järjekorra seitse liiget ritta ning sai väga huvitava rühma.

Selles väärrib tähelepanu aatomite valik, mille keemilised omadused üheskoos ammandavad kõikide looduses leiduvate ainete tähtsamad keemilised omadused. Selles rühmas leidub niihästi metalle kui ka metalloide, niihästi aktiivseid, teiste elementidega aktiivselt ühinevaid kui ka laisku, väga aeglaselt, halvasti ühendesse astuvaid, ning üleminekuvorme metallide ja metalloidide vahel. Mendelejevil tekkis loomulikult oletus, et ülejäänud elementide seas on juba võimatu leida midagi, mis erineks põhiliselt sellest, mida kohtame selle rühma piirides. Milliseid omadusi võib siis element veel evida kui mitte metalleid omadusi — aktiivseist kuni laisa metallini, või metalloidseid omadusi — laisast kuni aktiivse metalloidini, — või metallide ja metalloidide vahepealseid?

Ja tõepoolest kordab aatomkaalult fluori järel seisev ning järelikult aatomite järjestuses temale järgnev element —

naatrium — üldjoontes liitiumi omadusi, erinedes temast suurema keemilise aktiivsuse, parema elektrijuhtivuse, samuti ka teiste omaduste ilmlemise määra poolest. Magnesium kordab berülliumi omadusi, ehkki magneesium on aktiivsem, süttib kergemini jne.

Alumiinium meenutab mitmeski suhtes boori, kuid märksa selgemini ilmnevad tema metallsed omadused. Nii ei ole näiteks alumiiniumhapendi ühendil veega aluseliste omaduste ilmlemine mitte enam erandiks nagu booril, vaid on peaaegu reeglilis. Kui lähedalt sugulane, sarnaneb räni süsinikuga, fosfor lämmastikuga, väävel hapnikuga ja kloor fluoriga. Jälle on kogunenud rühm, milles on ammandatud kõik tähtsamad keemilised omadused — aktiivseimast metallist tüüpilise metalloidini. Ning aatomite järjekorras järgnev kaalium, millega algab järgmine, kolmas elemendirühm, on jällegi üks aktiivsemaid metalle, liitiumi ja naatriumi perekonna liige, temale järgnev kaltsium on aga berülliumi ja magneesiumi hõimlane jne.

Muidugi erinevad sugulased eri ridadest, kelle juures nähtub ilmne perekondlik sarnasus, üksteisest neid iseloomustavate omaduste avaldumise määralt. Nii reageerib liitium veega kiiresti, kuid rahulikult, naatrium väga ägedalt, kaalium aga isegi süttides. Vastupidi, teise rea aktiivseim metall — kloor — on fluorist, oma esimesse ritta kuuluvast sugulasest, veidi rahulikum; kloor plahvatab vesinikuga segatuna ainult valguse käes, kuna fluor plahvatab vesinikuga segunedes isegi pimedas. Ja siiski on need sugulased üksteisega väga sarnased.

„Oma aatomkaalu järgi järjestatud elemendid näitavad omaduste ilmset perioodilisust,“ kirjutas Mendelejev 1869. aasta veebruaris. „Elementide kõrvutamise aatomkaalu suuruse järgi vastab nende aatomsusele¹, ning teatud määral keemilise loomuse erinevusele, mis nähtub selgesti reas — liitium, berüllium, boor, süsinik, lämmastik, hapnik, fluor — ning kordub teistes ridades.“

Nende sõnadega väljendati esmakordselt Mendelejevi poolt avastatud seadus, mille olemus seisneb selles, et elementide loomulikus järjestises kordavad ühtede

¹ Me kõnelesime juba, et sõnaga „atomsus“ tähistati XIX sajandi keskel elementide valentsi.

elementide omadused perioodiliselt teiste omadusi, erinedes neist ainult nende omaduste avaldumise määralt. Niisamuti korduvad näiteks „do“, „re“, „mi“, „fa“ ja teised helid helide loomulikus järjestuses ning korduvad sealjuures samuti mitmesuguste varjunditega — madalaimast bassihelidest kõige kõrgemate helideni.

See aatomite omaduste perioodiline kordumine elementide loomulikus järjekorras (see tähendab, et nad on järjestatud aatomkaalu järgi) on aatomite põhiseadus — üks tähtsaimaist looduseadusist.

Mendelejev nimetas oma seaduse elementide perioodilisuse seaduseks, elementide loomuliku järjestuse aga elementide perioodiliseks süsteemiks.

Nii koondusid geniaalse teadlase käes orgaaniliselt lahutamatuks tervikuks kolm keemia tähtsamat saavutust kogu tema eelnenud olemasolu vältel: õpetus elementidest — „tulekeemia“ sünnitis, õpetus aatomeist — „gaasikeemia“ sünnitis ning õpetus valentsist — „elektrikeemia“ sünnitis. Keemiateaduse kolme põhilise järelduse üldistamine viiski keemia suurima seaduse — Dmitri Ivanovitš Mendelejevi elementide perioodilisuse seaduse — avastamiseni.

Esimesed sammud.

Mendelejevi geniaalsus ei avaldunud mitte ainult selles, et ta avastas elementide perioodilisuse seaduse. Väga tähtis oli ka see, et suur teadlane hindas kohe oma avastuse põhjanevat tähtsust kogu keemiateaduse jaoks.

Just selle tõttu ei hakanud Mendelejev, olles avastanud aatomite loomuliku järjestuse ja koostanud selle põhjal 1869. aasta veebruaris elementide perioodilise süsteemi, ära ootama alatud töö — „Keemia põhialused“ — ilmumist, mis oli maailmas esimene keemiateaduse esitus perioodilisuse seaduse vaatepunktist. Ta ei lükanud teatamist oma avastusest edasi isegi äsjaasutatud Vene Keemiaühingu järjekordse istungini, mis toimus iga kuu esimesel neljapäeval. Olles paljundanud oma tabeli esimese visandi, saatis Mendelejev ta 1869. aasta veebruaris tuttavaile keemikuile laiali, kirjutades tabelile pealkirja:

„Katse luua elementide süsteemi, tuginedes aatomkaalule ja keemilisele sarnasusele“.

Pole teada, millise mulje see tagasihoidlik väike tabel, mis saadeti keemikuile laiail ilma igasuguste selgitusteta, nendesse jättis. Võib ainult oletada, et paljud neist hakkasid huvi tundma saladuslike küsimärkide vastu, mis seisid selliseid aatomkaale märkivate arvude kohal, mida ei omanud ükski tol ajal tuntud element.

mitteaktiivne metall	üleminev element	mitteaktiivne metalloid
Nr. 31	Nr. 32	Nr. 33
GALLIUM	?	ARSEEN
69,7	72	74,9

Kui aatomite loomulikus järjekorras esineb lünk, siis märgib see veel avastamata elemendi olemasolu.

Probleem lahenes alles Vene Keemiaühingu järjekordsel, neljandal istungil, mis toimus 6. märtsil vana kalendri järgi, ehk uue kalendri järgi 18. märtsil 1869. aastal. See päev läks maailma ajalukku elementide

perioodilisuse seaduse sünnipäevana.

Haiguse tõttu ei viibinud Mendelejev ise istungil. Tema kirjutatud ettekande „Elementide omaduste ja aatomkaalu seos“ luges tema nimel ette Peterburi ülikooli professor Nikolai Aleksandrovitš Menšutkin.

Kokkutulnud õpetlased said Mendelejevi ettekandest teada, et tema poolt avastatud seadus ei võimalda mitte ainult uudselt läheneda tuntud keemiliste elementide tundmaõppimisele ja parandada vääraid aatomkaale, vaid lubab ennustada seni veel avastamata elementide olemasolu.

Perioodilisuse seadus väidab: kui on olemas element tüüpilise metalli omadustega, siis peab tingimata leiduma ka teine element nõrgemate metalsete omadustega, seejärel kolmas element veelgi nõrgemate metalsete omadustega jne. Kui aga mõned selle loomuliku järjestuse liikmeist puuduvad, siis mitte sellepärast, et neid pole looduses olemas, vaid ainult sellepärast, et neid pole veel avastatud. Just seal, kus selliste, veel avastamata elementide puudumine rikkus aatomite loomulikku järjestust, jättiski Mendelejev oma tabelisse tühjad kohad, märgistades nad küsimärkidega. Ta oli täiesti veendunud, et need elemendid on olemas ja et nad varem või hiljem avastatakse. Ta märkis ära isegi nende aatomkaalud. „Tuleb oodata veel paljude lihtainete avastamist, näiteks elementide avasta-

mist, mis sarnanevad Al ja Si-ga ning mille osakaal on 65—75," kirjutas Mendelejev oma ettekande lõpus¹.

Varsti pärast istungit ilmus Mendelejevi ettekanne Vene Keemiaühingu ajakirjas ja sai kõigi teadlaste ühisvaraks.

Samal 1869. aastal avaldas üks saksa keemia-ajakiri Mendelejevi töö lühikese kokkuvõtte. Aasta hiljem, 1870 aastal, ilmus välismaal esimene vastukaja vene õpetlase avastusele. Kuid milline see vastukaja oli!

Tuntud saksa keemik professor Lothar Meyer avaldas artikli, milles ta puudutas lühidalt Mendelejevi tööd ja tõi ära mõnevõrra muudetult elementide perioodilisuse tabeli, teatades, „et see ühtib kõiges olulises Mendelejevi poolt esitatuga“. Meyer illustreeris perioodilisuseadust väga õnnestunult, koostades kõvera ühe elemendi omaduse muutumise kohta vastavalt aatomkaalu kasvule. Ent Lothar Meyer hindas perioodilisuseadust ainult kui abivahendit keemikuile tuntud materjali süstematiseerimisel. Kuid kas Mendelejevi avastuse tuum peitub siis ainult selles? Just peamist — võimalust rakendada perioodilisuseadust aatomite ja nende omaduste kohta olemasolevate keemiliste kujutluste õigsuse kontrollimiseks ja ennustada teadusele teid veel tundmatute elementide avastamiseks — Lothar Meyer ei märganud. Seepärast kirjutas ta, olles teinud paar märkust mõnede elementide aatomkaalude kohta, et „oleks enneaegne praegu üldlevinud aatomkaale muutma asuda nii ebakindlaist tugipunktidest lähtudes“. Artikli lõpus aga ütles ta, et sellistele spekulatsioonidele ei maksa üldse eriti palju tähelepanu pühendada.

„Spekulatsiooniks“, see tähendab järelduseks, mis ei toetu katseandmeile, — vaat milleks Lothar Meyer pidas perioodilisuseadust!

Meyer polnud tavaline teadlane. Ta oli tuntud keemiaprofessor ja laialt levinud raamatu „Keemia nüüdisaegsed teooriad“ autor. Tema arvamus arvestati välismaal väga. Ning hinnang, mille ta andis Mendelejevi esimesele teadaandele, oli selle põhjuseks, et vene õpetlase tööd mitmel aastal välismaa keemikute tähelepanu kõita ei suutnud.

¹ Al ja Si on alumiiniumi ja räni keemilised valemid. Osakaaluks nimetati Mendelejevi ajal aatomkaalu.

Julged ennustused.

Mendelejev, kes ei kahelnud oma juhtidee õigsuses, jätkas hoogsalt tema arendamist ja täpsustamist. Oma esimese teadaande järel tegi ta samal aastal mitu ettekannet — vene loodusuurijate kongressil ja Vene Keemiaühingu istungeil. Iga Mendelejevi esinemine tõi keemiateaduse varakambrisse midagi uut.

Perioodilisuse seadus lubas esmakordselt järele kaaluda keemikute poolt saadavate katseandmete õigsust. See, et oli võimatu otsustada, milline peab olema elemendi aatomkaal — kas see, mille üks või teine teadlane tal leidis olevat, või mõni teine —, sai omakorda kriisi põhjuseks aatomiõpetuses, soodustas „segaduste-perioodi“ saabumist keemias. Mendelejevi avastus tõi aatomiõpetuse sellest ummikust välja, ta andis keemikuile võimaluse kontrollida ja parandada elementide aatomkaale vastavalt nende loomulikule järjestusele. Eelkõige hakkas sellega tegelema Mendelejev ise.

Element uraan asetses 1869. aasta veebruaris keemikuile laialisaadetud elementide-tabelis elemendi kohal, mille aatomkaal on 116; selliseks pidasid selle metalli aatomkaalu tol ajal kõik keemikud.

Ent juba 12. oktoobril 1869. aastal tehtud ettekandes paigutas Mendelejev sellele kohale teise elemendi, öeldes: „Esimeses teadaandes arvasin ma, et uraan (U-116) asetseb süsteemis sel kohal; käesoleval ajal pean ma seda aga paljudel kaalutlustel vääraks, nagu see saab teatavaks, kui selles suunas alatud uurimused lõpule jõuavad“. Ning aasta hiljem, 15. detsembril 1870. aastal, raporteeris Mendelejev järjekordses teadaandes: „Ma ei pea liigseks meenutada seda, et ma panin oma teoses „Keemia põhialused“ II köide, lk. 383, ette muuta uraani aatomkaalu, nimelt nii: mulle paistab olevat võimalik ja vajalik muuta tänapäeval vastuvõetud aatomkaal U-120 U-240-ks.“ Miks otsustas Mendelejev muuta uraani aatomkaalu? Sellepärast, et arvu „120“ puhul sattub uraan aatomite loomulikus järjestuses kohale, kus peab asetsema element, millel pole temaga absoluutselt midagi ühist. Arv „240“ paigutab aga uraani oma õigele kohale, ühte rühma temaga suguluses olevate elementidega. Tähendab, uraani aatomkaal ongi nimelt 240.

Samasugused arutlused juhtisid Mendelejevi teiste elemen-

tide aatomkaalude parandamisele. Kõik tema poolt esitatud ettepanekud leidsid varsti hiilgavat kinnitamist.

Samas ettekandes 1869. aasta 12. oktoobrist, mis ilmus 1870. aasta alguses Vene Keemiaühingu ajakirjas, arendas Mendelejev üksikasjaliselt julget mõtet, mille ta oli avaldanud juba esimeses teadaandes. Ta tõi seal üksikasjalised kaalutlused seni veel avastamata keemiliste elementide omaduste kohta.

„Ma mõtlen, et meil polnud seniajani mingit võimalust nende või teiste elementide puudumist ette näha just selle tõttu, et meil polnud nende jaoks mingit ranget süsteemi; seda enam ei olnud meil aga alust elementide omaduste ennustamiseks...“ kirjutas Mendelejev. „Perioodilisuse sõltuvusele viidates osutub võimalikuks mitte ainult juhtida tähelepanu sellele, et mõned neist puuduvad, vaid isegi määrata nende, veel tundmatute elementide omadusi suure veenvuse ja kindlusega... Ma julgen seda teha selle sihiga, et omada kas või aja jooksul, siis kui üks neist minu poolt ennustatavaist aineist on juba avastatud, võimalust jääda ise lõplikult kindlaks ja veenda ka teisi keemikuid nende oletuste õigsuses, mis on minu poolt esitatava süsteemi alusmüüriks.“

Ja Mendelejev tegi ebatavalise selgusega rea julgeid ennustusi. „Pole mingit kahtlust, et puudub element“ kirjutas ta, „mis järgneb vahetult kaaliumile ja kaltsiumile. Kuna nende viimaste aatomkaal on ligikaudu 40 ja kuna selles reas seejärel tuleb element titaan, $Ti = 50$, siis peab selle puuduva elemendi aatomkaal olema ligikaudu 45... Ta peab evima aluselisemaid omadusi kui boor ja alumiinium, tähendab, tema hapend peab olema energilisem alus, mida tõestab juba seegi, et titaani hapend evib üsna nõrga happe omadusi ja ilmutab juba palju ilmsete aluste tunnuseid... Panen ette nimetada seda elementi esialgu eka-booriks, tuletades selle nimetuse sellest, et ta järgneb boorile... silp e k a aga tuletub sanskriti sõnast, mis tähendab ü k s... See metall ei lendu, sest ükski paarisarvuga tähistatud ridades paiknev metall ei lendu. Ta ei lagunda vett tavalise temperatuuri juures, teatud temperatuuri tõusu puhul aga lagundab nii, nagu seda teevad paljud sellesse piirkonda paigutatud metallid...“

Arvestades veel avastamata ekaboori kohta perioodilisuse-süsteemis ja tema naabrite omaduste muutumise iseloomu, kirjutas Mendelejev sellest elemendist nii veendunult, nagu

oleks ta teda enese ees näinud. Niisama üksikasjaliselt ennustas ta veel kahe teadusele tundmatu elemendi omadusi: ühe, mille aatomkaal oli ligikaudu 68 ja mille ta nimetas eka-alumiiniumiks, sest ta järgneb alumiiniumile, nagu ekabor boorile, ning teise, mille aatomkaal oli 72 ümber ja millele ta andis ajutiselt ekasiliitsiumi nimetuse ränile järgnevuse tõttu (räni nimetatakse ladina keeles siliitsiumiks). Rea teiste veel avastamata elementide olemasolu kohta andis Mendelejev lühemaid näpunäiteid. Nii andis ta kogu maailma teadlastele võimaluse oma seadust katseliselt kontrollida.

Veel enam, Mendelejev juhatas isegi tee selle või teise tema poolt ennustatud elemendi avastamiseks. Ta kirjutas, et eka-alumiiniumi omadused „peavad olema igas suhtes üleminekuks alumiiniumi omadustelt indiumi omadustele, ning on väga usutav, et see element evib alumiiniumist suuremat lenduvust, ja seepärast võib loota, et ta avastatakse spektraalse uurimise¹ teel“. Vastupidi, ekabor ei lendu, ning „järelikult on ta avastamine tavalise spektraalanalüüsi teel vaevalt usutav“.

„Asja teoreetilisele küljele ei oleks mitte vähese tähtsusega lisanduseks,“ kirjutas Mendelejev lõpuks — „kui avastatakse täie kindlusega kas või üksainus oodatavaist elementidest ning tema omadused osutuksid selliseiks, nagu neid võib kujutleda, tehes võrdlusi, mis põhinevad loomulikul süsteemil, kuhu elemendid tuleb paigutada nende aatomkaalude suuruse järgi.“

Keemia ajaloos polnud veel kunagi ilmunud midagi Mendelejevi artikli taolist. Et mitte piirduda ainult tundmatute elementide avastamisega, vaid kirjeldada juba ette ka nende omadusi, selleks on lihtsalt uue seaduse avastamisest vähe. Peab evima veel sügavat, vankumatut usku oma järelduste õigusesse ja vastavastatud loodusseaduse põhjapanevasse tähtsusse.

Mendelejev evis sellist usku. Ta juurutas perioodilisuse seaduse otsekohe keemia õpetamisse, kujundades oma loengud sel alusel ümber. 1869. aastal ilmus esimene köide Mendelejevi peateosest „Keemia põhialused“. Juba perioodilisuse seaduse avastamise aastal tutvusid vene üliõpilased sellega tema looja poolt koostatud suurepärase õpiku kaudu.

¹ Spektraalanalüüs on keemiliste elementide määramise meetod, mis põhineb sellel, et aine aurude kuumutamisel hakkavad need helenduma, kusjuures iga elemendi helendumist iseloomustab eriline, ainult temale omane spekter.

Välismaa keemikud aga ei mõistnud perioodilisuse seaduse tähtsust ja ignoreerisid Mendelejevi tööd täielikult. Asi ei seisnud siin sugugi selles, et neile oleks siin takistuseks olnud vene keele halb tundmine. 1872. aasta alguses avaldati saksa vanimas keemia-ajakirjas Mendelejevi artikkel „Elementide perioodiline seaduspärasus“, kus Mendelejev esitas oma seaduse kõige üksikasjalisemalt 97-l ajakirja leheküljel ning analüüsis kõiki temast tulenevaid järeldusi, sealhulgas ka avastamata elementide ennustamist. Ning sellest hoolimata möödusid perioodilisuse seadusest Lothar Meyeri „kergemeelsuse“ tõttu kõik välismaa keemikud, ning kõik nende teaduslikud tööd, kõik uute elementide otsingud jätkusid pimesi.

Nii jätkus see senikaua, kuni juhtus sündmus, mis tõmbas enesele kogu kultuurse inimkonna tähelepanu.

Kiri Venemaalt.

1875. aastal avastas prantsuse keemik Lecoq de Boisbaudran Pürenee mägedest saadud tsingimaaki spektraalanalüüsi teel uurides temas tundmatu elemendi. Olles nimetanud selle elemendi galliumiks (Gallia on Prantsusmaa muistne nimetus) ja määranud tema tähtsaimad omadused, avaldas Boisbaudran Pariisi Teaduste Akadeemia „Teateis“ lühikese teate. Avastus ei olnud iseenesest millegi poolest silmapaistev ning ei oleks näiliselt tohtinud laialdast vastukaja esile kutsuda. Veel üks element — arvult kuuekümne viies. See oligi kõik! Selliste teadetega olid kõik juba harjunud.

Ja siiski sai galliumi avastamine varsti teatavaks kogu maailmale. See algas nii, et Boisbaudran sai välismaalt kirja. Käekiri oli tundmatu, postitemplil seisis „Sankt-Peterburg“. Boisbaudran luges kirja ja ei uskunud oma silmi. Kirja autor väitis, et mitte kõik galliumi omadused pole õieti määratud, — et näiteks uue metalli erikaal ei pea olema mitte 4,7, nagu oli leidnud Boisbaudran, vaid 5,9 kuni 6,0. Kirjale oli alla kirjutatud: „Dmitri Mendelejev, Peterburi ülikooli professor“.

Kerge on aru saada Boisbaudrani tundeist. Kes oli galliumi avastanud — kas tema või keegi teine? Kas polnud mitte tema ainus inimene maailmas, kes oli vastavastatud ainet käes hoidnud? Vene professor, kes pole galliumi kunagi näinud, lihtsalt pilkab...

Siiski saavutas kohusetunne teadlases ülekaalu. Tõepoolest, miks mitte kontrollida end? Ei kirjuta ju Peterburi professor asjata nii veendunult, et „avastamise ja eraldamise meetod, samuti vähesed kirjeldatud omadused sunnivad oletama, et uus metall pole miski muu kui eka-alumiinium“. Ning ehkki Boisbaudran polnud tolle ajani veel kunagi kuulnud eka-alumiiniumist, puhastas ta galliumi veel kord hoolikalt kõigist lisan- deist ja määras uuesti tema erikaalu.

Meelepaha kadus, asendus üllatuse ja vaimustusega. Sel Mendelejevil on õigus! Galliumi erikaal on tõepoolest 5,96. „Ma mõtlen, et pole vaja muutuda pealetükkivaks hr. Mendelejevi teoreetiliste järelduste määratu suurt tähtsust kinnitades,“ kirjutas sel puhul Lecoq de Boisbaudran.

See juhtum tõmbas enesele üldise tähelepanu. Teadlased said aru, et seekord oli toimunud midagi hoopis ebatavalist. Ootamatuste, juhuslikkuste, pimesiekslemise nõiaring oli katkenud. Esmakordselt teaduse ajaloos oli uue elemendi avastamist e n n u s t a t u d. Ning seejuures polnud ennustatud mitte ainult uue elemendi olemasolu, vaid ka tema omadusi ja isegi avastamisviisi — spektraalanalüüsi.

Alles nüüd — kolm aastat hiljem! — asusid välismaa teadlased õhinal lugema Mendelejevi artiklit, mis oli saksa keemia-ajakirjas ilmunud juba 1872. aastal. Artikkel tõlgiti prantsuse ja inglise keelde. Kogu maailma teadlased tutvusid Mendelejevi avastusega. Juhtum Boisbaudraniga tõestas, et vene teadlase töid polnud edaspidi võimalik ignoreerida, riskimata keemia arengu peamistest arenguteedest kõrvale jääda.

Nii lõppes segaduste-aeg keemias. Perioodilisuseseaduse — aatomite põhiseaduse — näol oli leitud hele juhttäht, mis tollest ajast alates juhatas uurijaile nende otsinguil alati õige tee.

Uute elementide avastamine.

Gallium oli viimne juhuslikult leitud element. Edaspidi toimusid kõik uute elementide otsingud ja avastused juba Mendelejevi perioodilisuseseaduse selgete juhtivate näpunäidete põhjal. Keemias algas avastuste-periood, vene teadlase teooria imestamisväärsete edusammude periood.

1880. aastal avastas rootsi keemik Lars Nilson ekaboori — teise Mendelejevi poolt ennustatud ja üksikasjaliselt kirjelda-

tud elemendi. Nilson nimetas ta skandiumiks (Skandinaavia auks). Ta kirjutas: „Nii tõestuvad kõige näitlikumal viisil vene keemiku mõtted, mis võimaldasid mitte ainult näha ette nimetatud lihtaine olemasolu, vaid ka ennustada tema tähtsamaid omadusi.“

Ekaboori järel avastati 1885. aastal saksa keemiku Winkleri poolt ekaräni — kolmas Mendelejevi poolt ennustatud element. See nimetati germaaniumiks. Selle elemendi omadusi oli Mendelejev 1870. aastal eriti täielikult kirjeldanud, seetõttu ootasid kogu maailma teadlased suurima huviga Winkleri üksikasjalist teadet tema poolt tehtud avastuse kohta. Ning vaevalt oli Winkleri artikkel ilmunud, kui juba mitmel maal hakkasid kümned inimesed seda võrdlema Mendelejevi artikliga, mis oli ilmunud viisteist aastat tagasi. Vaat mis neil välja tuli:

Mendelejev: „See peab olema kergesti sulav metall aatomkaaluga 72 ümber ja erikaaluga 5,5 ümber.“

Winkler: „Germaanium on metall aatomkaaluga 72,3 ja erikaaluga 5,35 — sulab 958,5 kraadi juures.“

Mendelejev: „Metall ei peaks happeisse peaaegu sugugi mõjuma, leelised aga võivad temasse mõjuda.“

Winkler: „Germaanium reageerib hapetega raskesti, leelisteega sulandamisel aga kergesti.“

Mendelejev: „Metalli hapend peab evima erikaalu 4,7, leelises kergesti lahustuma ja metalliks taanduma.“

Winkler: „Germaaniumi hapend evib erikaalu 4,703, lahustub leelises kergesti ja taandub vesiniku või söe toimel metalliks.“

Mendelejev: „Metalli ühend klooriga peab olema vedelik erikaaluga 1,9 ümber, mille keemistemperatuur on ligikaudu 90 kraadi.“

Winkler: „Kloorgermaanium on vedelik erikaaluga 1,887, mille keemistemperatuur on 86 kraadi.“

Ja edasi pikk rida niisama imestamisväärseid kokkusattumusi.

Winkler, keda üllatas tema poolt määratud germaaniumi omaduste erakordne sarnasus Mendelejevi ennustustega, ütles oma artiklis vaimustusega: „Kui meil germaaniumi näol on tegemist elemendiga, mis on juba iseenesestki tähelepanuväärne, siis on tema omaduste tundmaõppimine erakordselt kõitvaks probleemiks veel selleski suhtes, et see probleem on nagu inim-

liku ettenägevuse katsekiviks. Vaevalt võib õpetus elementide perioodilisusest oma õigsusele selgemat tõestust leida . . . see on muidugi rohkem kui julge teooria lihtne kinnitus, see tähistab keemilise vaatevälja tunduvat avaratumist, hiigelsammu edasi tunnetamise valdkonnas."

Ent erakirjas Mendelejevile ruttas Winkler kirjutama: „Teatan Teile Teie geniaalse uurimuse uuest võidust ja avaldan Teile oma lugupidamist ja sügavat austust.“

Möödus veel kümme aastat, ning uuesti tõendasid faktid Mendelejevi ennustuste õigsust. Kõneldes 1870. aastal tundmatute elementide olemasolust, rõhutas Mendelejev eriti, et puudub element „aatomkaaluga 1 kuni 7, mis asetseb vesiniku ja liitiumi vahel, ja element aatomkaaluga 20 ümber, mis paikneb fluori ja naatriumi vahel“. Mendelejev pidas nende ja nendega sarnanevate elementide avastamist eriti soovitavaks. Nad pidid oma omadustelt olema loomulikuks üleminekuks tüüpilistelt aktiivseimatelt metalloididelt, sellistelt, nagu fluor ja kloor, tüüpilistele aktiivseimatele metallidele, sellistele, nagu naatrium ja kaalium. Aatomite omaduste liiga järsk hüpe elementide loomulikus järjestuses üleminekul fluorilt naatriumile, kloorilt kaaliumile jne. oli Mendelejevile selgeks näpunäiteks terve rühma eriliste omadustega tundmatute elementide olemasolu kohta.

1895. aastal avastas tuntud inglise keemik William Ramsay koos teiste teadlastega gaasitaolise elemendi heeliumi ning 1898. aastal teise gaasi — neoni. Selgus, et heeliumi aatomkaal oli 4 ning et ta asus perioodilisusesüsteemis kohale, mis asetses vesiniku ja liitiumi vahel, nagu Mendelejev seda oli ennustanud. Täpselt samuti sattus ka neon aatomkaaluga 20 just sellele kohale, mille talle oli määranud Mendelejev — fluori ja naatriumi vahele. Ning eriti tähelepanuväärne on see, et nende gaaside omadused õigustasid täielikult Mendelejevi ootusi: heelium ja neon osutusid tõepoolest üleminekuelementideks oma omadustelt otse vastandlike aktiivseimate metalloidide ja metallide vahel. Erinevalt niihästi neist kui ka teistest on need elemendid tõesti „inertsed“, passiivsed: nende valents võrdub nulliga ning nende aatomid ei ühine iialgi ei isekeskis ega mingisuguste muude aatomitega, olgu see siis metall või metalloid. Nad on alati ja kõikjal omaette, täielikus üksinduses, mistõttu nad saidki „vääriskaaside“ nimetuse.

Väärisgaaside rühma esimeste esindajate avastamine, mis elementide loomulikus süsteemis — Mendelejevi elementide perioodilisusesüsteemis — enestele nii hästi koha leidsid, innustas Ramsayd edasistele otsingutele. „Elementide perioodilisuse tabeli põhjal oli võimalik ette näha paljude sarnaste gaaside olemasolu,“ kirjutab ta. „Meie õpetaja Mendelejevi eeskujul,“ jätkas Ramsay, „kirjeldasin ma oodatavaid omadusi ja oletatavaid suhteid, kuivõrd see osutus võimalikuks.“ Ning juba varsti kroonisid perioodilisuseaduse täpsete näpunäidete poolt suunatud otsinguid hiilgavad edusammud: avastati veel kolm gaasi. Nii viisi asusid mõne aasta jooksul viis väärisgaasi — heelium, neon, argoon, krüptoon ja ksenoon — oma kohtadele elementide-süsteemis, mis muutus selle tagajärjel veelgi harmoonilisemaks.

„See oli perioodilisuseaduse teoreetilisele küljele olematu kontrollkatseks,“ kirjutab selle kohta Mendelejev. „Katse sooritati eduga ... selgus, et perioodiline seadusepärasus rahuldab ka argoonelementide puhul vähimagi kõrvalekaldumiseta. Need elemendid asusid täpselt oma aatomkaalude järgi kohale haloidide ja leelismetallide vahel¹.“

Väiksem polnud ka võit, mis ootas Mendelejevit seoses tema teiste ennustustega. „Raskete metallide hulgas,“ kirjutab ta juba 1870. aastal, „võib oodata elementi, mis on analoogiline telluuriga ja millel on suurem aatomkaal kui vismutil, seejärel võib kümnendas reas oodata veel I, II ja III rühma hulka kuuluvaid elemente. Nende aatomkaal peab olema ligikaudu 210—230 ... esimene sarnaneb tseesiumiga, teine baariumiga ... Samas reas võib veel tooriumi ja uraani vahel oodata elementi, mille aatomkaal on 235.“

Välja arvatud üks — „tseesiumiga sarnanev“ frantsium, mis avastati alles üsna hiljuti —, leiti ja kirjeldati kõik need elemendid kahekümne aasta jooksul, 1898. kuni 1918. aastani. „Telluuriga analoogiline“ element on poloonium, mis avastati 1899. aastal. Tema aatomkaal (210) on, nagu ennustas Mendelejev, tõepoolest suurem kui vismutil (209). Elemendid, mille aatomkaal on 210—230, — need on baariumiga sarnanev ele-

¹ Haloidid või halogeenid on tüüpiliste metalloidide — fluori, kloori ja teiste — nimetus. Leelismetallideks nimetatakse tüüpilisi metalle — naatriumi, liitiumi ja teisi.

ment raadium (aatomkaal 226), mis avastati 1898. aastal, ja aktiinium (aatomkaal 227), mis avastati 1899. aastal. Lõpuks element, mis asetseb tooriumi ja uraani vahel, on 1918. aastal leitud protaktiinium (aatomkaal 231). Kõigil neil raskeil elementidel on tähelepanuväärne omadus — radioaktiivsus, mille tundmaõppimine avaldas määratu suurt mõju kogu teaduse arengule.

Mendelejevi poolt ennustatud tundmatute elementide avastamine polnud mitte ainult puhtteadusliku, teoreetilise tähtsusega. Kui elektrotehnika areng nõudis meie sajandi kahekümnendail aastail uusi materjale, mis ületaksid oma kvaliteedilt metalli volframit, siis andis perioodilisuse seadus näpunäite, et selline peab olema veel avastamata element, mille jaoks Mendelejev jättis vaba koha samasse rühma. Perioodilisuse seadus andis samuti juhtnööre, kust seda elementi otsida. Usk Mendelejevi ennustuste õigsusse oli tol ajal juba nii kindel, et isegi elektrotehnika-firmade omanikud ei kartnud uue elemendi otsingute kulusid enda peale võtta. 1925. aastal avastasid abielupaar Valter ja Ida Noddack selle elemendi — reeniumi — ja veendusid selles, et temast saab hõõglampidele tööpooldest suurepäraseid niite.

Mendelejevi seadus vallutab teaduse.

Mendelejevi ennustuste täidumine, mis ta oli teinud väheuuritud elementide aatomkaalude parandamise ja senitundmatute elementide olemasolu kohta, avaldasid keemiateaduse arengule määratu suurt mõju. Lühikese aja jooksul sõna tõsisel mõttes vallutas perioodilisuse seadus keemia. Muutus keemikute teaduslike tööde temaatika. Seaduse üksikute teeside kontrollimine, avastamata elementide otsimine, vanade, ammutuntud elementide uute, teaduse poolt ennustatud ühendite valmistamine ja tundmaõppimine, seaduspärasuste avastamine, mis on seoses lihtainete omaduste perioodilise muutumisega vastavalt nende aatomkaalu suurenemisele — kõik see tõmbas enesele üha arvukamate ja arvukamate teadlaste tähelepanu.

Muutusid keemia-alased teaduslikud tööd ja õpikud. Perioodilisuse seadus otse kirjutas ette plaani õpikute koostamiseks —

keemiliste elementide ja nende ühendite kirjeldamine perioodilisusesüsteemi rühmade järgi. Keemia-alaste teaduslike tööde autoreil tuli nüüd pühendada erilist tähelepanu oma avastuste kooskõlastamisele perioodilisuseseadusega. Temast lahkumine oli kindlaks tunnuseks mingisugustest vigadest, mis olid tehtud kas praktilises töös või viimasest tehtud teoreetilistes järeldustes.

Kujunes ümber keemia õpetamise süsteem. Esmakordselt selle teaduse sajanditepikkuse ajaloo jooksul muutus tema esitusviis ebatavaliselt kooskõlaliseks. Lektor viis auditooriumi kindlalt endaga kaasa mööda perioodilisusesüsteemi astmeid. Üksikute elementide omadusi, mida varemalt tuli ilma omavahealise seoseta pähe õppida, hakati nüüd loomulikult mõistma kui terve sugulaselementide rühma üldiste omaduste täpsustust. See aga kergendas keemia mõtestamist ja tundmaõppimist erakordselt.

Mendelejevi seadus jättis kogu keemiateadusesse nii sügava jälje, et päev, mil see seadus avastati, on keemia ajaloo loomulikuks teelahkmeks. Sellest tähtpäevast algas meieaegse keemia ajaarvamine.

„Enne perioodilisuseseadust olid lihtained ainult looduse katkendlikeks juhuslikeks nähtusteks; mingeid uusi polnud põhjust oodata, alles avastatavad olid aga oma omadustelt täiesti ootamatuks uudiseks,“ kõneles Mendelejev 4. juunil 1889. aastal Inglise Keemiaühingu pidulikul istungil, kuhu ta oli Faraday auks loengut pidama kutsutud. „Perioodilisus andis esmakordselt võimaluse näha veel avastamata elemente niikaugelt, kuhu selle seaduspärasusega varustamata keemiline pilk ei ulatunud, ning pealegi ilmutasid uued elemendid veel enne, kui nad avastati, terve hulga omadusi... Ma ütlen julgelt,“ jätkas Mendelejev, „et perioodilisuseseadus, mis tööriistana laiendab vaatevälja, nõuab edasisi täiendusi selleks, et veelgi kaugemate, uute elementide nägemise selgus oleks küllaldane täieliku kindluse mõttes... Perioodilisuseseadus kui üks hiljutistest, kuid laboratoorsele kontrollile vastupidanud teaduslikest üldistustest, kui mõtte tööriist, mis pole veel allunud muutustele, ei oota mitte ainult uusi lisandusi, vaid ka täiendusi, üksikasjalist läbitöötamist ja värsked jõudusid.“

Suur loodusseadus.

Mendelejevi esimest teadet perioodilisuseseadusest ja Lecoq de Boisbaudrani avastust lahutas teineteisest peaaegu kuueaastane vaheaeg. Kogu selle aja kestel ei omistanud välismaa keemikud vene teadlase töödele peaaegu mingisugust tähtsust ja ignoreerisid teda täiesti, ehkki nende käsutuses olid Mendelejevi arvukad artiklid, mille kaudu oleks võinud tutvuda tema poolt avastatud teadusliku tunnetuse uue võimsa tööriistaga.

See-eest erutusid lääne-euroopa teadlased siis, kui Mendelejevi geniaalsed ennustused läksid täide ja Mendelejevist ning tema perioodilisuseseadusest hakkas kõnelema kogu maailm. Oli võimatu jätkata vene teadlase suure avastuse surnuksvaikimist. Ning siis võeti mitmel maal ette kohmakaid katseid varastada Mendelejevilt au olla perioodilisuseseaduse loojaks, Venemaalt aga— õigus kanda suurima teadusliku avastuse kodumaa nime.

Prantslastele meenus, et keegi de Chancourtois oli 1863. aastal Pariisi Teaduste Akadeemiales teatanud oma katsest paigutada keemilised elemendid kindlasse järjekorda. Ta asetaskõik elemendid spiraaljoonele, mis oli mähitud silindri külgpinnale. Seejuures tuli tal välja, et iga kuueteistkümnene koha järel asetsevad sarnaste omadustega elemendid. Millist osa siin etendavad silinder ja spiraaljoon, seda ei suutnud Chancourtois seletada, samuti ei suutnud ta seletada ka oma „teooria“ paljusid teisi absurdsusi. Peaasi oli aga see, et ta ise ei teadnud, kas tema süsteem teadusele midagi annab. Ja kuigi Chancourtois' töö alaväärtuslikkus oli prantsuse teadlastele niivõrd selge, et nad omal ajal isegi keeldusid tema teadet avaldamast, — otsisid nad 30 aastat hiljem, kui Mendelejevi avastuse kuulsus hakkas hiilgama kogu oma suuruses, Chancourtois' ammuunustatud töö arhiivist üles, püüdes tõestada, et mitte Mendelejev, vaid tema oli avastanud perioodilisuseseaduse . . .

Prantslastest ei jäänud maha ka inglased. Nad meenusid, et 1866. aastal oli noor keemik John Newlands teinud Inglise Keemiaühingus ettekande, milles ta teatas tema poolt märgatud elementide omaduste korduvusest iga kaheksa elemendi järel, kui järjestada nad aatomkaalude kasvu järgi. Inglise juhtisid tähelepanu sellele, et mõned Newlandsi tabeli osad sarnanevad Mendelejevi perioodilisusesüsteemi vastavate osadega. Ent nad

„unustasid“, et Newlands tegi mõnede juhuslikult õigete oletuste kõrval märksa rohkem vigu. Ta asetab näiteks „sarnaste“ elementide hulka aktiivse metalloidi gaas kloori ja metall nikli, joodi ja plaatina, väävli ja raua, süsiniku ja elavhõbeda...

Vigu oli Newlandsi tabelis nii palju, tema poolt leitud üksikud elementide omaduste ühtimised olid aga nii juhusliku iseloomuga, et tema ettekanne kutsus Inglise Keemiaühingus esile ilmseid pilkeid. Keegi professor Foster, vihjates sellele, et Newlandsi poolt märgatud üksikute elementide omaduste ühtimised ei loonud veel mingit seadusepärast, küsis Newlandsilt isegi, kas ta pole katsetanud järjestada elemente tähestiku järgi, — võib-olla ilmneksid siis veelgi tähelepanuväärsemad „ühtimised“... Ent kuigi Newlandsi tööd, nagu omal ajal Chancourtois' töödki, keelduti avaldamast (tema ise aga hakkas töötama suhkrutööstuse alal, olles kaotanud huvi teoreetiliste küsimuste vastu), ei takistanud see inglasi mitte Mendelejevit, vaid teda 1882. aastal perioodilisuse seaduse avastajaks kuulutamast.

„Võlgu ei jäänud“ ka sakslased. 1880. aastal, kui Mendelejevi suure avastuse tähtsus sai täiesti selgeks eranditult kõigile, tuhnisid nad välja professor Lothar Meyeri käsikirja, mille ta oli kirjutanud — nende jutu järgi — juba 1868. aastal. Selles käsikirjas leidis elementide tabel, mis meenutas küllaltki palju Mendelejevi tabelit. Kuid sakslased „unustasid“, et Meyer avaldas oma tabeli alles 1870. aastal, üks aasta pärast Mendelejevi artikli ilmumist, ning — viidates sellele, et see tabel on kõiges olulises Mendelejevi poolt antuga ühesugune, oli Meyer lisanud, et sellistele „spekulatsioonidele“ ei või omistada liiga suurt tähtsust, seda enam aga ei kõlba parandada „sellistele vankuvatele lähtepunktidele toetudes“ üldiselt vastuvõetud aatomkaale... Ning kuigi perioodilisuse seaduse tunnustamine Läänes võttis aega just tänu sellele „autoriteetsele“ arvamusele, ei takistanud see sakslasi mitte Mendelejevit, vaid Lothar Meyerit perioodilisuse seaduse „loojaks“ kuulutamast.

Suur teadlane ei ajanudki isiklikku kuulsust taga, kuid ta pidas kalliks oma kodumaa au, ning ei suutnud leppida katsetega varastada Venemaalt prioriteet perioodilisuse seaduse avastamises. Tema poolt kõnelesid ümberlökkamatud faktid! Neid fakte meenutaski ta 1906. aastal, veidi aega enne oma surma. „Seadust on võimalik tõestada ainult tehes temast järeldusi, mis on ilma selleta võimatud ja ootamatud, ning õigustades neid

järeldusi katselise kontrolli teel," kirjutas Mendelejev. „Just sellepärast tuletasin ma siis, kui olin hakanud nägema perioodilisuseeadust, temast omalt poolt (1869—1871) sellised loogilised järeldused, mis võisid näidata, kas ta on õige või ei. Nende hulka kuulub mõningate avastamata elementide omaduste ennustamine ning paljude tol ajal väheuuritud elementide aatomkaalude parandamine... Ilma sel kombel kontrollimata ei või ühtegi loodusseadust õigeks pidada. Ei de Chancourtois, kellele prantslased omistavad perioodilisuseeaduse avastamise õigust, ei Newlands, keda nihutavad esile inglased, ega L. Meyer, keda mõned on tituleerinud perioodilisuseeaduse rajajaks, ei riskinud mõningate elementide omadusi ette öelda, „aatomite omaksvõetud aatomkaale“ muuta ega üldse perioodilisuseeadust uueks, rangelt püstitatud loodusseaduseks pidada, mis võib hõlmata kõiki seni üldistamata fakte, nagu mina seda tegin algusest peale (1869).“

Mendelejev, Chancourtois, Newlands ja Meyer liikusid üht ja sedasama teadusliku uurimise teed mööda. Kõik nad astusid järgemööda teaduseteel lamava hinnalise, aga lihvimata kivi juurde. Igaüks neist hoidis seda kivi käes ja igaüks tundis, et see pole mitte tavaline kivi. Ent üksnes geniaalne Mendelejev osutus nii taiplikuks, et ta ei heitnud kivi kõrvale, nagu tegid Chancourtois, Newlands ja Meyer, vaid asus julgesti teda lihvima ja töötleva, kuni tema kätes hakkas täies hiilguses särama suurim aare — perioodilisuseeadus — seadus, mis on looduse alusmüüriks.

Üheksas peatükk.

Mendelejevi arv.

Elektronid.

Mitte juhuslikult ei kõnelnud Mendelejev Faradayle pühendatud loengus perioodilisuseeaduse täiustamise vajadusest. Olles täiesti veendunud tema õigsuses ja hiiglasuures tähtsuses, ei saanud teadlane sellega rahule jääda, et tol ajal polnud võimalik vastata küsimusele elementide omaduste muutumise perioodilisuse **põhjustest**.

Suur vene teadlane ei kahelnud selles, et teadus varem või hiljem need põhjused avastab. „Pole imestamisväärne, et me ei mõista perioodilisuseeaduse põhjuseid, kui me ei tea midagi ei tõmbejõudude ega masside põhjustest ega ka elementide loomusest,“ kõneles Mendelejev Faradayle pühendatud loengul. „Ainult kontrollitud seadusi kogudes, see tähendab — tõe taotlemise heaks töötades, võime me loota vähehaaval kergitada eesriiet, mis varjab meie eest looduse saladuse põhjuseid... Need saladused on nagu teleskoop ja mikroskoopki tööriistadeks ja meetoditeks vaimusilma vaatepiiri laiendamisele.“

Valgustades heledalt keemikute teaduslike otsingute teed, kergendas ja kiirendas perioodilisuseeadus uue faktilise materjali kogumist keemiliste elementide ja nende ühendite kohta.

Elementide ennustamine, avastamine ja nende omaduste tundmaõppimine on ainult perioodilisuseeaduse rakendamise esimeseks tulemuseks. See seadus äratas uurijate mõttelennu, kutsus neid edasi. Nagu Mendelejev oli ennustanud, pidid õpetlased vältimatult jõudma küsimuseni — miks muutuvad aatomite omadused nii seadusepäraselt? Kas ei kõnele see mitte aatomite seesmisest liitsusest?

Küsimuse aatomite seesmisest ehitusest, nende liitset ehitusest, aetas esmakordselt teaduse ajaloos Aleksander Mihhai-

lovitš Butlerov. Kuulus vene keemik kirjutas 1886. aastal raamatus „Keemia põhilised mõisted“, et „aatomid pole jagamatud mitte oma loomuselt, vaid on jagamatud ainult meile kättesaadavate vahenditega, uutes protsessides aga, mis edaspidi avastatakse, muutub nende jagamine võimalikuks“.

Butlerovi idee leidis algul vähe poolehoidu. Ent sel ajal kogunesid keemias juba uued faktid, mis varsti hiilgavalt tõestasid vene teadlase julget mõtet.

Näiteks pandi tähele, et paljud ained, eriti metallid, omandavad kuumutamisel, samuti ka ultravioletsete kiirtega kiiritamisel, positiivse laengu (üks esimesi teadlasi, kes selles valdkonnas kaugeleulatuvamaid uurimusi sooritas, oli kuulus vene füüsik A. G. Stoletov).

Need ained, mis on üldiselt elektro-neutraalsed, kaotavad nähtavasti selliste mõjude puhul negatiivsed elektrilaengud. Kuna ained koosnevad aatomeist ja tühjusest, siis võivad elektrilaenguid kaotada ainult aatomid ise.

See tähendab, et aatomid, mida peeti üle 2000 aasta ühtlaseiks ja jagamatuiks, on tegelikult ebaühtlased, ning koosnevad vähemalt kahest osast: negatiivse ja positiivse elektriga laetud osakesest.

Peagi tehti kindlaks, et aatomite koostisse kuuluv negatiivne elekter millegi poolest ei erine elektrivõrgu juhtmeis voolavast elektrist. Tema osakestel on samad mõõted, kaal ja laeng. Neid väikseimaid elektriosakesi hakati nimetama elektronideks.

Aatomite elektriliste omaduste avastamine kergendas tunduvalt nende tundmaõppimist.

Mõõtmistel ja kaalumistel, mida on väga raske teostada nii kaduvväikeste objektide juures, nagu aatomid, võeti abiks peenemad ja täpsemad elektrilised meetodid. Viimaks ometi jõudis kätte kauaoodatud võimalus määrata väikseimate osakeste mõõteid ja kaalu.

Väikseimaiks osutusid elektronid. Neil on väikseim laeng, väikseimad mõõted ja väikseim kaal. Elektron on kergeimast aatomist — vesinikuaatomist — 1840 korda kergem.

Ühe ampri tugevuse voolu puhul läbib juhtme ristlõiget igas sekundis 6290 miljonit miljardit elektroni, millede kogukaal on ainult 3,65 miljondikku milligrammi. Aasta jooksul läbib sellise voolu puhul juhet ainult 178 milligrammi elektrone.

Nii hämmastavalt, raskesti kujuteldavalt väikesed on elektronid — väikseimad elektriannused, väikseimad kõigist inimesele käesoleva ajani tuntud osakekest.

Aatomituum.

Elektrone on väga kerge aatomist eemaldada — selleks piisab juba aine kuumendamisest või tema valgustamisest ultraviolettkiirtega. On ilmne, et juhul, kui elektronid peituksid aatomi sügavusis, neid vaevalt õnnestuks siis sealt nii lihtsalt välja tuua. Nähtavasti asetsevad nad aatomi pealmistes, välistes osades. Tähendab, kuskil sügavamal, seespool, paiknevad positiivse elektriga laetud osakesed — nende laeng tasakaalustab elektronide negatiivse laengu, muutes kogu aatomi tervikuna elektro-neutraalseks.

1911. aastal selgitas inglise füüsik Ernest Rutherford, et kõik need positiivsed laengud on koondunud aatomi keskuses üheksainsaks osakeseks — aatomituumaks, ümber selle tuuma tiirlevad aga negatiivsed elektronid. Elektronide tiirlemise kiirus on nii suur, et näib, nagu moodustaksid nad ümber tuuma ühtlase barjääri, ühtlase kesta, seetõttu käitubki aatom tavalistes tingimustes ühtlase kõva osakesena.

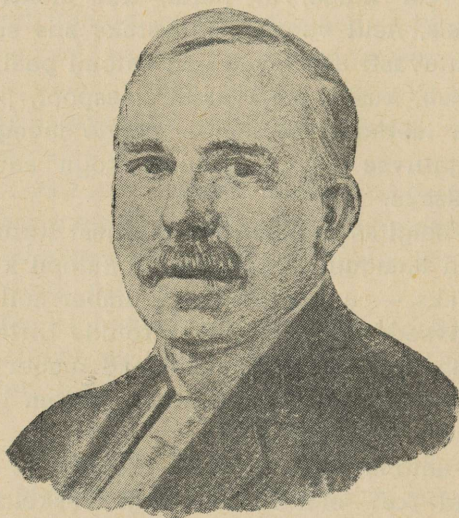
Määrati ka aatomituuma mõõted. Selgus, et tuumad polegi palju suuremad kui elektronid: isegi raskeimate aatomite tuumade ristlõige on ainult ligikaudu kümme korda suurem kui elektroni ristlõige. Nii väike vahe hämmastas teadlasi. Tasakaalustab ju tuuma laeng kõikide tema ümber tiirlevate elektronide laengud. Kui võtta elektroni laeng aatomi laengute ühikuks, siis võrdub tuuma laeng teda ümbritsevate elektronide arvuga. Ning samal ajal on see paljude laengutega laetud osake peaaegu niisama väike kui iga üksik elektrongi.

1912. aastal seadis Rutherfordi õpilane Henry Moseley enesele eesmärgiks teha kindlaks, mitu elektroni iga elemendi aatomi positiivse tuuma ümber tiirleb.

Juba 1895. aastal pani saksa füüsik Röntgen tähele, et elektronidevoolu pörkamisel vastu mitmesuguste ainete pealispinda tekivad erilised kiired, mis avaldavad tugevat mõju fotoplaatile. Röntgenikiirte lainepikkus on nii väike, et nad on meie silmale täiesti nähtamatud. Moseley asuski just röntgenikiirte lainepikkust tundma õppima.

Kui kivi kukub vedelikku, siis ilmuvad vedeliku pinnale lained. Nende iseloom sõltub, nagu teada, kivi mõõteist ja kukkumise kiirusest. Üks ja sama kivi tekitab ühe ja sama kiirusega kukkudes vees, venivas õlis ja elavhõbedas erinevaid lainetusi. Ilmselt sõltub lainete iseloom ka vedeliku omadustest, kuhu kivi kukub.

Täpselt samuti ei sõltu ka röntgenikiirte lainepikkus mitte ainult elektronide kiirusest, vaid ka aimest, mille vastu elekt-



Ernest Rutheford.

ronid põrkavad. Nagu Moseley kindlaks tegi, sõltub ta selle elemendi aatomituuma laengust, millest aine koosneb. Ning järelikult võib vastavat lainepikkust teades välja arvutada meid huvitava elemendi aatomituuma laengu.

Neist kaalutlustest juhindudes määras Moseley mitmesuguste elementide aatomituumade laengud: ta leidis, et tsingil võrdub see suurus 30-ga, raual 26-ga, seatinal — 82-ga... Nende katseandmete mõtestamine võimaldas teha aatomi ehituse kohta huvitavaid järeldusi. Saadi teada iga aatomi elektronide arv: see võrdub tuuma laenguga. Selgus, et suurem osa kogu aatomi kaalust on keskendatud tuumas. Elektroni kaal on aga kaduvväike: nii langeb näiteks seatina-aatomi 82 elektroni osaks ainult 0,045 kogu aatomkaalust, mis on 207,2. Seepärast võib

praktilistel arvutustel jätta elektronide kaalu hoopis arvestamata, nagu kaaluks aatomis üksnes tuum.

Lõpuks selgus veel, et tühjuse osa aatomi koguruumalas on mõtmatult suurem kui keegi oleks võinud oletada. Aatomi ristlõige ulatub kümnemiljondikesse millimeetrisse — mis on elektroni ristlõikest umbes 100 000 korda suurem. Aatomi ruumalasse võiks pakkida ligikaudu miljon miljardit elektroni. Tõeliselt koosnevad aga raskeimadki aatomid ainult mõnestkümnest elektronist ja ühest tuumast.

Kui mõni aatom suureneks kümme miljardit korda, siis saavutaks ta kera mõõtmed, mille läbimõõt oleks umbes üks meeter. Nööpnõelapea muutuks sellise suurenduse puhul maa-kerasuuruseks. Ent see „meetrine aatom“ näiks aga veidrana. Esimesel hetkel ei näeks me lihtsalt midagi. Alles tugeva suurendusklaasi abil võiks selle tühjuse keskpaigas näha vaevalt märgatavat tolmu kübet — aatomituuma, mille läbimõõt on väiksem kui 0,1 millimeetrit. Veelgi tugevamat suurendust vajaksime selleks, et silm hakkaks „meetrise aatomi“ piiril seletama hoopis väikeste tolmu kübemekete pilve, kus iga üksiku läbimõõt on ligikaudu 0,01 millimeetrit; need on elektronid, mis lendavad tohutu kiirusega ümber tuuma.

See ongi kõik, mis aatomis leidub. Kui võiksime aatomit nii tohutult suurendada, siis veenduksime selles oma silmaga, et kõik osakesed, millest ta koosneb, võtavad üheskoos enese alla kogu aatomi ruumalast palju tuhandeid miljardeid kordi väiksema ruumala. Kõik, mis on aatomis peale selle, on — tühjus. Isegi päikesesüsteemis langeb Päikesele ja planeetidele üldisest ruumist palju suurem osa kui aatomi koostisosadele aatomi koguruumalast.

Elektronid ja tuumad võtavad aatomi koguruumis nii vähe ruumi, et kõik tuhandetonnise seatinakangi aatomituumad ja elektronid evivad üheskoos võetuina nööpnõelapeast palju kordi väiksemat ruumala! See-eest oleks selle pisitillukese nõelapeakese vedamine jõukohane ainult 60-st vagunist koosnevale raudteerongile: ta kaalub 1000 tonni, sest kogu ülejäänud ruumala, mis oleks 88,5 kuupmeetrit, on tühjus.

Aatomite põhiomadus.

Mitte tühjuse ja aatomi koostisosade imestamapanev suhe ei köitnud Moseley tähelepanu. Palju rohkem pani teda hämmastama see, et arvud 30, 26, 82 — tema poolt leitud tsiingi, raua ja seatina aatomituumade laengud — ühtivad täpselt nende ruutude numbritega, kus need elemendid asetsevad Mendelejevi tabelis — viimase poolt kindlaks määratud aatomite loomulikus järjekorras.

Kas see ühtimine pole juhuslik? Moseley kogus materjalile lisa. Polnud kahtlust: kõigi elementide aatomituumade positiivsed laengud võrduvad tõepoolest nende järjekorranumbritega — nende kohtade numbritega, kus nad Mendelejevi tabelis oma aatomkaalude kasvu järgi asetsevad.

Seis! Just siin võibki uut seadusepärasust kontrollida. Mendelejevi tabelis pole ju mitte kõik elemendid aatomkaalude kasvu järgi järjestatud. Võttes arvesse elementide omadusi, aetas Mendelejev metall koobalti (aatomkaal 58,9) 27. kohale, nikli aga (aatomkaal 58,7) 28. kohale, see tähendab, koobaltist tahapoole, kuigi viimase aatomkaal on suurem. Täpselt samuti sai element telluur (aatomkaal 127,6) Mendelejevi käest järjekorranumbri 52, jood aga (aatomkaal 126,9) — 53, kuigi nende aatomkaalud nõuavad vastupidist. Inertsete gaaside arvestamisel tuli argoon (aatomkaal 39,7) asetada 18.-le kohale, kaaliumist ettepoole, mis oma väiksemast aatomkaalust (39,1) hoolimata sattus 19. kohale.

Mida näitavad aatomituumade laengud?

Moseley sai oma katsete tähtsusest suurepäraselt aru. Jutt oli aatomite põhiseaduse — perioodilisuse seaduse — põhiolomusest. Õpetlane teadis, et geniaalne Mendelejev ei andnud aatomkaaludele üldse otsustavat tähtsust aatomite omaduste kindlaksmääramisel, mitte asjatult ei parandanud ta oma seadusest juhindudes julgelt paljusid varem omaksvõetud aatomkaale ega jätnud oma tabelisse ülalkirjutatud erandeid. Mendelejev tahtis siduda aatomite omaduste enamiku perioodilist, korduvat muutumist nende mingisuguse põhiomaduse pideva, üha kasvava muutumisega. Tema ajal tundis teadus sellise omaduse väljendusena aatomkaalu. Seepärast väljendaski Mendelejev perioodilisuse seadust kui keemiliste elementide omaduste korduva muutumise seadust nende aatomkaalu pideva

kasvu puhul. Ent seejuures jäid süsteemi üldist kooskõla rikkuma kolm arusaamatut erandit. Ning Moseley küsis endalt: kas mitte tuuma positiivne laeng pole see aatomite põhiomadus, mille olemasolu Mendelejev nägi ette ja millest tõeliselt sõltuvad nende ülejäänud omadused?

Moseley määras röntgenikiirte pikkuse argooni ja kaaliumi puhul, koobalti ja nikli puhul, telluuri ja joodi puhul, ning arvutas välja nende aatomituumade positiivse laengu.

Hämmastav! Kas võib jätta imetlemata vene keemiku ettenägelikkust, kes suutis nelikümmend aastat enne seda, kui saadi üldse teada aatomituumade olemasolust, tõusta oma kaas-aegse teaduse tasemest kõrgemale ja teha veatuid järeldusi!

Argooni (18), kaaliumi (19), koobalti (27), nikli (28), telluuri (52) ja joodi (53) aatomituumade positiivsed laengud ühtisid täpselt nende elementide järjekorranumbritega Mendelejevi tabelis!

Nii leiti aatomite põhiomadus — aatomituumade positiivne laeng mis määrab kindlaks nende koha elementide loomulikus järjestuses. Nõukogude teadlaste ettepanekul nimetatakse nüüd arvu, mis väljendab selle laengu suurust ning järelikult ka elemendi järjekorranumbrit, Mendelejevi arvukuks.

Kõigi elementide Mendelejevi arvude kindlaksmääramine võimaldas lahendada küsimuse teadust juba ammu huvitanud looduses leiduvate elementide — aatomite liikide — hulgast.

Aatomid erinevad eelkõige Mendelejevi arvude poolest — järjekorranumbrite, oma tuumade laengute poolest. Selgus, et väikseim laeng — 1 — on vesinikuaatomil, suurim — 92 — uraaniaatomil. Mitte asjatult ei paigutanud Mendelejev vesinikku oma tabeli esimesse, uraani aga viimasesse, üheksakümne teise ruutu! Vesiniku ja uraani vahel võib olla ainult 90 erinevat elementi — ei rohkem ega vähem! Ning kui ei ole olemas uraanist raskemaid (92-st suuremate järjekorranumbritega) elemente, siis on selge, et looduses leidub üldse 92 liiki aatomeid. Täheleb, kõik looduses leiduvad ained koosnevad neist 92-st ehitusmaterjalist.

Aatomite ehitus.

Pärast aatomite põhiomaduse — tuuma positiivse laengu — kindlakstegemist kerkis teadusel päevakorda küsimus kogu

aatomi ehitusest, sellest, kuidas elektronid on paigutatud tuuma ümber.

Muidugi ei või see asetus olla juhuslik.

Veel kunagi pole ühtegi hoonet ehitatud talade, telliskivide, klaasi ja raua lihtsa kuhjamise teel. Selleks, et ehitusmaterjalide kogumist moodustuks tugev, püsiv ehitis, tuleb hästi tunda ja arvestada kõiki ehitusmaterjalide omadusi.

Viimistletuimad ehitised — aatomid — tekkisid ilma igasuguste arhitektide ja inseneride kaasabitä, ilma aegsasti koostatud plaanide ja joonisteta. Nad tekkisid ise igaveses materias igaveses arenguprotsessis. Kui aatomid on olemas, kui nad on tugevad ja püsivad, siis tähendab see, et nende üksikud osad on üksteisega nii seotud, et see vastastikune seos kindlustab tugevuse ja püsivuse kogu ehitisele. Muidu laguneks ta silmapilkselt osadeks.

Kahjuks on käesoleva ajani veel võimatu näha, milline on tuuma ja elektronide paigutus aatomis. Teadlastele jäi üksainus tee: arvestada iga aatomi üksiku osa kõiki omadusi, vastastikut toimet, mida nad võivad üksteisesse avaldada, ning joonistada enesele pilt, milles iga osa asuks kohale, mis annab ehitisele suurima püsivuse. Pärast seda oli vaja kontrollida, kas see pilt seletab aine tõelisi omadusi. (Sellist meetodit kasutas omal ajal Lomonossov gaaside oleku teooria, soojuseteooria ja teiste teooriate loomisel.)

Tuli arvestada väga paljusid iseärasusi elektronide käitumises.

Kahe raskusega koormatud kangil sirgjoonelisel liikumisel on ükskõik, kuidas need raskused on paigutatud. Tähtis on ainult nende kogukaal. Kuid kangile, mis pöörleb ümber tema keskpäika läbiva telje, on koormiste asetus vägagi oluline. Siin mõjuvad peale raskusjõu veel kesktõuke- ja kesktõmbejõud, ning süsteem muutub palju püsivamaks, kui võrdsed koormised asetsevad pöörlemisteljest võrdsetel kaugustel.

Kui koormised on pealegi veel rauast ning läheduses asub tugev magnet, siis tuleb arvesse võtta ka magneti tõmbejõu mõju koormistesse. Lõpuks võivad koormised kanda elektrilaengut. Siis tekivad nende ümber liikumisel magnetiväljad — liikuv elekter kutsub alati esile magnetivälja tekkimise —, ning kõigele lisaks tuleb arvestada veel nende magnetiväljade mõju.

Nagu näha, on isegi nii lihtsa süsteemi püsivuse arvestus küllaltki keeruline.

Teaduse ees seisev probleem oli võrratult keerulisem.

Siin ei tulnud arvesse võtta mitte ainult elektronide ringliikumisel tekkivaid kesktõuke- ja kesktõmbejõudusid, tähelepanu pöörata mitte ainult magnetiväljade vastastikusele mõjule, mis tekivad elektronide liikumisel tuuma ümber, vaid arvestada tõmbejõudusid positiivse tuuma ja negatiivsete elektronide vahel ja tõukejõudusid samanimeliselt laetud negatiivsete elektronide vahel.

Ei tohtinud unustada veel paljusid teisigi nähtusi, millel polnud tähtsust suurtest massidest koosnevate süsteemide jaoks, mis olid aga väga olulised selliste üliväikeste osakeste jaoks, nagu on elektronid.

1913. aastal hakkasid ilmuma taani teadlase Niels Bohri tööd, mis olid pühendatud elektronide asetusele tuuma ümber. Bohr poleks iialgi asunud seda probleemi käsitlema, kui talle poleks teed näidanud nii võimas ja hele tõrvik, mille valgel oli faktiliselt võimatu eksida.

See tõrvik oli Mendelejevi perioodilisuse seadus.

Bohr teadis, et õigeks võib tunnistada ainult seda pilti aatomi elektronkatte ehitusest, mis on kooskõlas Mendelejevi seadusega, s. t. seletab elementide omaduste perioodilist kordumist. Ainult nii usaldatavat teadusliku uurimise tööriista, nagu seda on perioodilisuse seadus, käes hoides, suutis Bohr ettevõetud probleemi lahendada.

Selgus, et lihtsaim on teha arvutusi vesinikuaatomi kohta — määrata kindlaks selle perioodilisusesüsteemi esimese elemendi aatomis leiduva ainsa elektroni asukoht ja omadused. Teiste vesiniku omadusi iseloomustavate suuruste kõrval arvutati täpselt välja kaugused, millistel tema elektron võib tiirelda üht positiivset laengut kandva aatomituuma ümber.

Vesinikuaatomiga õieti-õelda piirduski elektronkatete ja nende ehitusest sõltuvate aatomi omaduste täpne väljaarvestamine. Selgus, et teaduse võimalustest XX sajandi alguses arvutuste tegemiseks vesinikuaatomist keerulisemate aatomite kohta ei piisanud.

Kaalutlused kõnelesid, et heeliumiaatomis — mis on keerukult teine ning evib tuuma laengut 2 ja kaht elektroni — tiirlevad mõlemad elektronid võrdsetel kaugustel tuumast — „ühes

elektronkihis", nagu öeldakse. Sellise paigutuse puhul tasakaalustuvad nende elektri- ja magnetiväljad nii õnnestunult, et tekib erakordselt tugev ehitis.

Isegi ühtainsat elektroni on heeliumiaatomi küljest haruldaselt raske eemale kiskuda. Just sellepärast ei anna heelium ühtegi keemilist ühendit. Nüüd on arusaadav, et selle „vääriskaasi“ inertsusel saladus peitub tema elektronkatte erilises püsivuses. Seepärast asetsebki heelium Mendelejevi tabeli nullrühmas, mida täidavad keemiliselt passiivsed elemendid.

Elemendil, mille Mendelejevi arv on 3, — liitiumil — on kolm elektroni. Kaks neist on paigutatud nii, nagu heeliumiski. Oleks kolmas elektron sattunud samasse kihti, siis oleks ehitis muutunud äärmiselt ebakindlaks ja viibimata lagunenuks. Ta võib aga püsida, juhul, kui kolmas elektron asetseb tuumast märksa kaugemal kui esimesed kaks, — järgmises, teises elektronkihis. Ent kas see on kooskõlas perioodilisuse-süsteemi nõuetega? Kas selline elektronide asetus liitumiaatomis tingib tema omadused — energilise ühevalentse metalli omadused? Jah, sest sellisel kaugusel tuumast tõmbab tuum kolmandat elektroni peaaegu viis korda nõrgemini külge kui esimest kaht. Piisab nõrgastki toimest liitumiaatomisse, et ta oma väliselektroni loovutaks. Nüüd tiirlevad kolme positiivset laengut kandva tuuma ümber ainult kaks negatiivset elektroni, ning liitumiaatomil kui tervikul tuleb ilmsiks üks positiivne laeng. See tähendab, et liitium võib nüüd oma laengut neutraliseerida, püüdes tõmmata enese külge mõnd negatiivselt laetud aatomit. Ning sealjuures — ainult ühe negatiivse laenguga, sest ainult sellisel puhul neutraliseeritakse ta laeng täpselt. See aga tähendab seda, et liitium on ühevalentne. Kergus, millega liitumiaatom loovutab oma väliselektroni, teeb ta väga energiliseks elemendiks, mis astub kergesti keemilistesse ühenditesse. Sama omadus teeb temast ka metalli, sest füüsika on teinud kindlaks, et elementide elektrijuhtivus, metalne läige ja teised metalsed omadused sõltuvad otseselt nende aatomite võimest oma elektrone kergesti loovutada.

Nii vastab pilt liitiumi elektronkatte ehitusest Mendelejevi seaduse nõudeile.

Elemendi, mille järjekorranumber on 4, — berülliumi — aatomil on 4 elektroni. Kaks neist asetseb esimeses elektronkihis, nagu heeliumil, ning kolmas — teises, nagu liitiumil. Niihästi spektri

andmed kui ka üldised kaalutlused elektronide püsivate kombinatsioonide kohta tunnistasid, et neljas elektron asetseb sellesamas teises kihis. Nagu liitiumi-, nii ka berülliumiaatomi tuum hoiab väliselektrone palju nõrgemini kinni kui seespoolseid, ehkki veidi tugevamini kui liitiumil (neid ei tõmba ju külge mitte kolm, vaid neli tuuma positiivset laengut). Seetõttu loovutab ka berülliumiaatom oma väliselektronid kergesti, ehkki raskemini kui liitium. Just selle tõttu ongi berüllium keemilistes protsessides veidi vähem aktiivne kui liitium, ning ta metallsed omadused pole nii silmatorkavad. Et aga berülliumiaatom tervikuna saab pärast 2 väliselektroni loovutamist kahe positiivse laengu omanikuks, siis astub berüllium keemilistesse ühenditesse kahevalentse elemendina.

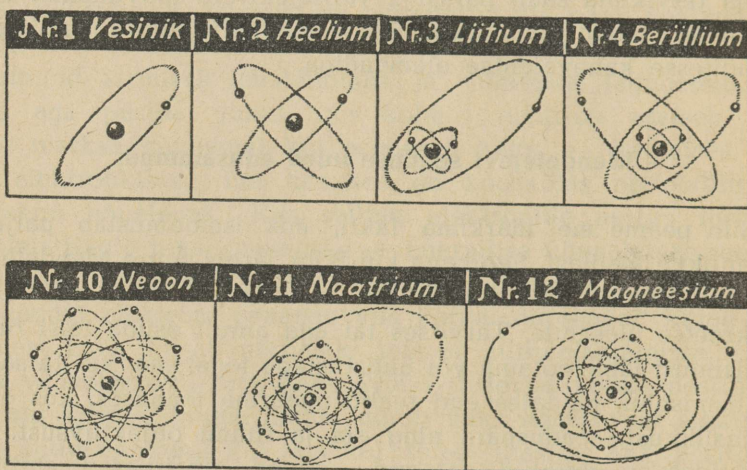
Mendelejevi seaduse uued edusammud.

Siin peame me märkima fakti, mis iseloomustab paljusid kodanlikke teadlasi. Senikaua kui Bohr järgis suure Mendelejevi seaduse selgeid juhtnööre, suutis ta lahendada tema ees seisva konkreetse ülesande. Tarvitses tal aga ainult asuda teisi füüsikaküsimusi läbi töötama või üldistustega tegelema, kui ta sattus idealismisohu, näidates end reaktsionäärina teaduses, kes eitab põhjuslikkust, seaduspära ning aja ja ruumi objektiivsust.

Kuidas on ehitatud aatomid — need üliväikesed ehitised, mis meenutavad päikesesüsteemi päikesega-tuumaga keskel ja ümberringi lendavate planeetide-elektronide pilvega? Elektronide kiirus on hiiglasuur: esimeses elektron kihis ulatub ta ligikaudu 2200 kilomeetrit sekundis — see on üle 70 korra suurem Maa tiirlemise kiirusest ümber Päikese. Üldised kaalutlused ja arvutused kõnelesid, et kuni perioodilisusesüsteemi kümnenda elemendini — boori-, süsiniku-, lämmastiku-, hapniku-, fluori- ja neooniaatomeis — lisanduvad uued elektronid teisele kihile, mis on perioodilisuseseadusega täiesti kooskõlas ja seletab suurepäraselt kõiki nende elementide keemilisi ja muid omadusi. Kümnendal — neoonil — on teises elektron kihis juba 8 elektroni, kusjuures nende elektri- ja magnetiväljad mõjuvad üksteisesse nii õnnestunult, et see kiht on sama püsiv kui esimesegi — „heeliumikiht“. Nagu heelium, nii pole ka neooniaatom võimeline tavalistes keemilistes protsessides oma elekt-

rone loovutama, järelikult pole ta ka võimeline keemilisesse ühendesse astuma. Neoni elektronkesta väliskihi püsivus on teinud temast inertse gaasi, nagu heeliumistki.

Neonile järgneb naatrium, mille Mendelejevi arv on 11. Tema aatomituuma ümber tiirleb 11 elektroni: kaks esimeses elektronihis, nagu heeliumil, kaheksa — teises, nagu neonil. Viimase, üheteistkümnenda elektroni jaoks ei leidu teises kihis kohta — ta häiriks elektri- ja magnetiväljade tasakaalu, kutsudes sel viisil esile kogu ehitise lagunemise. Naatriumi viimne



Väliste elektronkestadade ehitus kordub elementide loomulikus järjekorras perioodiliselt.

elektron peab seepärast üksi asuma uude, kolmandasse elektronkihti. Keemilistel reaktsioonidel on naatrium võimeline loovutama ainult seda ühte, välise elektronikihi elektroni. Nii viisi sarnaneb naatriumi viimne elektronkiht liitiumi viimse elektronkihiga. See välise elektronkihtide sarnasus ongi mõlema elemendi omaduste sarnasuse põhjuseks: naatrium on ju samuti tüüpiline metall, pealegi samuti ühevalentne. Ent naatriumil on viimne elektron tuumast kaugemal kui liitiumil ning seetõttu püsib ta nõrgemini. Selles peitubki naatriumi suurema keemilise aktiivsuse saladus, võrreldes liitiumiga.

Juhindudes Mendelejevi perioodilisuse seadusest, mida Bohr nimetas juhtivaks niidiks pildi loomisel aatomi ehitusest, avas-

tas ta aatomite elektronkestade ehituse iseärasused ja leidis selles ehituses seletuse elementide omadustele.

Ent võib-olla Bohr lihtsalt kohastas oma arvutused Mendelejevi tabeliga?

Arvutuse õigsust oli võimalik tõestada ainult ennustades midagi uut, mida ei saa elektronkestade ehitust teadmata ette öelda.

Tol ajal polnud elementi, mille Mendelejevi arv (järjekorranumber) on 72, veel avastatud. Teda peeti omadustelt lähedaseks element lantaanile (Nr. 57). Otsiti teda visalt, kuid asjatult lantaanmaakides.

Olles välja arvutanud seitsmekümne kahe elektroni võimaliku asetuse selle avastamata elemendi aatomis, tegi Bohr kindlaks, et tema elektronstruktuur, järelikult aga ka omadused, ei sarnane mitte lantaaniga (Nr. 57), vaid teise elemendiga — tsirkooniumiga (Nr. 40). Järelikult tulebki teda otsida tsirkooniumi sisaldavaist mineraalidest.

1923. aastal tõestus arvutuste õigsus: element Nr. 72 avastati just norra tsirkoonimaagis. Vastavastatud element nimetati Kopenhaageni (ladina keeles Haphnia) auks hafniumiks.

Selle uue keemilise elemendi avastamine kinnitas selle mõtte õigsust, et elektronid paiknevad ümber aatomituuma nii, et väliste elektronkihtide ehitus perioodiliselt kordub. Nii avastati elementide omaduste perioodilise kordumise põhjus.

Perioodilisuse seadus vahetab rõivaid.

Tööde õnnestumine, mis olid suunatud selleks et, välja selgitada elektronide paigutust aatomituuma ümber, kinnitas veel kord, et geniaalne vene teadlane oli avastanud aatomite põhiseaduse.

XIX sajandi keskel, kui Mendelejev oma töö juurde asus, oli elemente võimalik üksteisega võrrelda peaaegu ainult nende aatomkaalude põhjal.

Teadlane teadis, et faktide kõrvutamine toob peaaegu alati enesega kaasa suuri tulemusi, aidates välja selgitada, mis neid fakte üksteisest eraldab ja mis neid üksteisega sarnastab. Seda ühist ja erinevat võib paljude nähtuste puhul väljendada rangelt teaduslikul kujul. Selline üldistus peegeldab looduses kehtivaid seadusepärasusi.

Kõrvutades aatomite omadusi, tegi Mendelejev geniaalse avastuse, et need omadused muutuvad ühe elemendi juurest teise juurde edasi liikudes seaduspäraselt, kui järjestada elemendid teatud järjekorras. Ning kuigi Mendelejev kõneles ja kirjutaski, et elementide omadused on „nende aatomkaalu perioodiliseks funktsiooniks“, ei pidanud ta ise sellist formuleeringut absoluutseks ja muutumatuks. Eriti selgesti väljendus see, nagu sellest juba juttu oli, selles, et ta ei paigutanud kolme elementi — argooni, koobaltit ja telluuri — mitte neile kohtadele, kuhu neid suunasid aatomkaalud, vaid sinna, kus nad pidid asetsema aatomite loomulikus järjestuses, vastavalt nende omadustele.

Uue seaduse avastamine annab uurijaile võimaluse õppida tundma selliseid nähtusi, millele liginemiseks varem ei nähtud teid. Teadus rikastub uute faktidega ja tööstus uute tööstusala-dega. Tööstuse areng aitab omakorda kaasa teaduse edusammudele, viimane saab tööstuselt uusi, täiuslikumaid aparate ja tööriistu, samal ajal aga ka uusi nõudmisi. Teaduse edenemine kiireneb, ning viimaks jõuab kätte hetk, mil uued avastatud faktid ei mahu enam kindlaks kujunenud seaduse raamidesse. Teda peab asendama uus seadus, mis hõlmab laiemat ringi loodusnähtusi ja tungib sügavamale nende olemusse.

Meenutagem kas või orgaanilist keemiat. Tema teatud arenguastmel loodi tüübiteooria, mis seletas paljude keemiliste ühendite omadusi ning mõne aja vältel soodustas teaduse edasiliikumist. Aja jooksul lakkas see teooria arenevast orgaanilist keemiat rahuldama: tüübiteooria kehtis ainult kitsal teadusalal, ainult üksiku küsimuse lahendamisel väikeste molekulidega ühendite tundmaõppimisest, mis on ehitatud lihtsamate anorgaaniliste ühendite tüübi järgi. Tüübiteooria asemele tuli suure vene teadlase Butlerovi struktuuriteooria, mis hõlmas orgaanilise keemia ainete ja nähtuste kogu mitmekesisust ning andis ühtse üldseaduse, millele alluvad kõik selle teaduse poolt uuritavad nähtused.

Nii mahutavad ainult suured seadused, mis puudutavad looduse põhialuseid, avastavad tema sügavaimad saladused, hõlmavad avaraimat nähtusteringi ja kannatavad välja pika katseaja, oma raamidesse uute avastatavate nähtuste ja faktide kogu mitmekesisuse.

Selliseks alustrajavaks looduseseaduseks osutus ka D. I. Mendelejevi perioodilisuse seadus.

Tõepoolest — mida enam avastusi Mendelejevi seaduse alusel tehti, seda suuremad olid need avastused, seda kõikumatuks ja täiuslikumaks muutus seadus ise.

Halvasti tundmaõpitud elementide aatomkaalude parandamine likvideeris peaaegu kõik perioodilisuseseadusest kõrvalekaldumised elementide järjestuses. Galliumi, skandiumi, germaaniumi ja teiste Mendelejevi poolt ennustatud elementide avastamine täitis näilised tühikud tema perioodilisusetabelis. Inertsete gaaside rühma avastamine sai loomulikuks sillaks äärmiste, oma omadustelt vastupidiste elementide rühmade vahel. Ükski neist teaduse saavutistest ei kõigutanud perioodilisuseseadust. Vastupidi — tehes elementide-süsteemi veelgi kooskõlalisemaks, kinnitasid nad kõik Mendelejevi süsteemi õigsust.

Moseley tööd kõrvaldasid katte elementide põhiomaduselt — aatomituuma positiivselt laengult. Kuid nemadki ei toonud Mendelejevi poolt kindlaks määratud elementide järjestusse mingeid muutusi. Moseley uurimused ainult tõestasid Mendelejevi poolt elementide aatomkaalu kasvu järgi järjestamisel tehtud kõrvalekaldumiste õigsust ning rajasid seaduse teaduslikus suhtes rangemale, nüüdisaegsele baasile.

Bohri uurimused selgitasid elementide omaduste sõltuvuse nende aatomite elektronkatete ehitusest. Avastati elementide omaduste perioodilise korduvuse põhjus. Ka sel juhul jäi Mendelejevi seadus kõigutamatuks nagu pärast Moseley töidki. Need tööd ainult süvendasid juba enne kindlakstehtud nähtuste mõistmist.

1925. aastal jõudis füüsik Pauli järeldusele, et ühes aatomis ei või olla kaht täiesti ühesugust elektroni, mis ei erineks üksteisest kas oma energia, magnetiliste omaduste või orbiidi kuju poolest, mida mööda nad tiirlevad ümber aatomituuma, või lõpuks selle orbiidi asendi poolest ruumis. See reegel, mida tänapäeva füüsikas tuntakse „Pauli keelu“ nime all, etendab suurt osa seaduste tundmaõppimisel, millele allub aatomite elektronkestade ehitus. Mõned välismaa teadlased püüdsid kujutada lugu isegi nii, nagu oleks Pauli keeld Mendelejevi seadusest tähtsam ning nagu võiks perioodilisuseseadust, s. o. elementide järjestust perioodiliseks süsteemiks, tuletada Pauli keelust. Aga kui prooviti keemilisi elemente järjestada perioodiliseks süsteemiks Pauli seaduse põhjal, siis selgus, et sellest keelust võib tuletada mitu tuhat sellist süsteemi, — tõeliselt on

		Elementide				
		I	II	III	IV	V
Perioodid	1					
	2	Li ³ Liitium 6,940	Be ⁴ Berüllium 9,02	B ⁵ Boor 10,82	C ⁶ Süsinik 12,010	N ⁷ Lämmastik 14,008
	3	Na ¹¹ Naatrium 22,997	Mg ¹² Magneesium 24,32	Al ¹³ Alumiinium 26,97	Si ¹⁴ Räni 28,06	P ¹⁵ Fosfor 30,98
	4	K ¹⁹ Kaadium 39,096	Ca ²⁰ Kaltsium 40,08	Sc ²¹ Skandium 45,10	Ti ²² Titaan 47,90	V ²³ Vanaadium 50,95
		Cu ²⁹ Vask 63,57	Zn ³⁰ Tsink 65,38	Ga ³¹ Gallium 69,72	Ge ³² Germanium 72,60	As ³³ Arseen 74,91
	5	Rb ³⁷ Rubiidium 85,48	Sr ³⁸ Strontsium 87,63	Y ³⁹ Ütrium 88,92	Zr ⁴⁰ Tsirkoonium 91,22	Nb ⁴¹ Niobium 92,91
		Ag ⁴⁷ Hõbe 107,88	Cd ⁴⁸ Kadmium 112,41	In ⁴⁹ Indium 114,76	Sn ⁵⁰ Tina 118,70	Sb ⁵¹ Antimon 121,76
6	Cs ⁵⁵ Tseesium 132,91	Ba ⁵⁶ Baarium 137,36	La ^{57*} Lantaan	Hf ⁷² Hafnium 178,6	Ta ⁷³ Tantaal 180,86	
	Au ⁷⁹ Kuld 197,2	Hg ⁸⁰ Elavhõbe 200,61	Tl ⁸¹ Tallium 204,39	Pb ⁸² Seatina 207,21	Bi ⁸³ Vismut 209,00	
7	Fr ⁸⁷ Frantsium 223	Ra ⁸⁸ Raadium 226,05	Ac ^{89**} Aktiinium 227,05	Th ⁹⁰ Toorium 232,04	Pa ⁹¹ Protaktiinium 231	

* Lantaniidid

Ce ⁵⁸ Tseerium 140,13	Pr ⁵⁹ Praseodüüm 140,92	Nd ⁶⁰ Neodüüm 144,27	Pm ⁶¹ Promeetium	Sm ⁶² Samaarium 150,43
Tb ⁶⁵ Terbium 159,2	Dy ⁶⁶ Düsproosium 162,46	Ho ⁶⁷ Holmium 164,94	Er ⁶⁸ Erbium 167,2	Tu ⁶⁹ Tuulium 169,4

** Aktiniidid

Th ⁹⁰ Toorium 232,12	Pa ⁹¹ Protaktiinium 231	U ⁹² Uraan 238,07	Np ⁹³ Neptuunium	Pu ⁹⁴ Plutoonium
--	---	---	---------------------------------------	---------------------------------------

rühmad

VI	VII	VIII			O
	¹ H Vesinik 1,008				² He Heelium 4,003
⁸ O Hapnik 16,0000	⁹ F Fluur 19,00				¹⁰ Ne Neoon 20,183
¹⁶ S Väavel 32,066	¹⁷ Cl Kloor 35,457				¹⁸ Ar Argoon 39,944
²⁴ Cr Kroom 52,01	²⁵ Mn Mangaan 54,93	²⁶ Fe Raud 55,85	²⁷ Co Koobalt 58,94	²⁸ Ni Nikkel 58,69	
³⁴ Se Seleen 78,96	³⁵ Br Broom 79,916				³⁶ Kr Krüptoon 83,7
⁴² Mo Molübdeen 95,95	⁴³ Tc Tehneetium 99	⁴⁴ Ru Ruteenium 101,7	⁴⁵ Rh Roodium 102,91	⁴⁶ Pd Pallaadium 106,7	
⁵² Te Telluur 127,61	⁵³ J Jood 126,92				⁵⁴ Xe Ksenoon 131,3
⁷⁴ W Volfram 183,92	⁷⁵ Re Reenium 186,31	⁷⁶ Os Osmium 190,2	⁷⁷ Ir Iriidium 193,1	⁷⁸ Pt Plaatina 195,23	
⁸⁴ Po Poloonium 210	⁸⁵ At Astatium 211				⁸⁶ Rn Radoon 222
⁹² U Uraan					

⁶³ Eu Euroopium 152,0	⁶⁴ Gd Gadoliinium 156,9
⁷⁰ Yb Üterbium 173,04	⁷¹ Lu Luteetsium 174,99

⁹⁵ Am Ameriitsium	⁹⁶ Cm Küürium
---	---------------------------------------

Uusimad avastused süvendasid meie kujutlusi D. I. Mendelejevi elementide perioodilisse tabelisse

perioodilisuseaduse olemusest, kuid ei toonud tema poolt loodud mingeid põhilisi muudatusi.

aga olemas ainult üks, ja nimelt see, mille avastas Mendelejev. Ning et mitte eksida Pauli keelu põhjal tehtud järeldustes, tuleb neid pidevalt võrrelda Mendelejevi seadusega. Pauli keeld võib ainult aidata tõlgitseda perioodilisuse seadust, mitte aga teda asendada.

Teaduse avastused aine kohta meie sajandi alguses, millele Mendelejevi seadus oli tee rajanud, ütlevad lõppkokkuvõttes, et aatomite omadused sõltuvad nende elektronkestadest ehitusest; nende katete ehitus — neis leiduvate elektronide arvust; elektronide arv aga — Mendelejevi arvust, s. o. tuuma positiivse laengu suurusest, mis kasvab Mendelejevi poolt avastatud aatomite loomulikus järjestuses üleminekul ühelt elemendilt järgmisele ühiku võrra.

Perioodilisuse seaduse uus formuleering, mis praegu on teaduses vastu võetud, — „elementide omadused on tuuma positiivse laengu suuruse perioodiliseks funktsiooniks“ —, ei toonud kuulsasse Mendelejevi tabelisse, mis on kõigile õpikute kaudu tuttav, mingeid muudatusi. Perioodilisuse seadus vahetas ainult oma kesta, uuendas oma rõivaid, jäädes endiselt üheks suurimaks looduse seaduseks, Mendelejevi seaduseks.

Perioodilisuse seadus vallutab füüsika.

Mendelejevi seadus ei vallutanud mõnekümne aasta jooksul mitte ainult keemia, vaid hakkas vallutama ka tema naabruses asetsemaid teadusi.

Selgus, et ka elementide füüsilisi omadusi on haruldaselt hõlpus tundma õppida, kui arvestada, mille järgi nad on paigutatud perioodilisusesüsteemi. Aatomruumalasi, sulamistemperatuure, spektri andmeid ning teisi aatomeid ja neist ehitatud liht- ja liitainete iseloomustavaid andmeid tundma õppides ilmnesid seaduspärasused, mida enne Mendelejevi seadust polnud võimalik aimatagi.

Seepärast hakkas füüsika-alastes teaduslikes töodes üha sagedamini ilmuma perioodilisuse seadusele pühendatud peatükke. Mendelejevi seadus muutus tänapäeva füüsika lahutamatuks osaks ning seejärel ka tema põhialuseks.

Saanud keemia ja füüsika põhialuseks, muutus Mendelejevi seadus seega ka kõigi nende teaduslike distsipliinide põhialuseks, mis oma tekkimisel ja arengul on nende teadustega seotud.

Ning näiteks siis, kui meie sajandil sündis silmapaistvate nõukogude teadlaste — akadeemikute V. J. Vernadski ja A. E. Fersmani — tööde tulemusena uus teadus — geokeemia, mis õpib tundma keemiliste elementide ajalugu maakooses, siis selgus, et meie planeedi kehas leiduvate keemiliste elementide käitumise tähtsaimad seaduspärasused — nende levik, võime koguneda suurtesse leiukohtadesse jne. — on tihedas seoses



Vladimir Ivanovitš Vernadski.

periodilisuseeaduse üldiste põhialustega. See avastus lõi soodsad võimalused uue teadusala kiireks ja viljakaks arenguks.

Mõne aastakümne jooksul, mis järgnesid Mendelejevi avastusele, arenes materiaõpetus edasi rohkem kui eelnenud aastatuhandete jooksul.

Periodilisuseeadus juhtis aatomi jagatavuse avastamisele, tema koostisosade ja nende vastastikuse asetuse seaduste avastamisele.

Suur Mendelejevi seadus juhatas teadusele aineist kätte veelgi kaugemaleviiva tee. Ta väitis, et aatomite kaalu muutumisel muutuvad nende omadused. Uhed aatomid on erakordselt aktiivsed — nad annavad teiste keemiliste elementidega energiliselt ühendeid. Teiste elementide aatomid on passiivsemad ega anna keemilisi ühendeid nii energiliselt. Kolmandate elemen-

tide aatomid on täiesti passiivsed. Nähtavasti — arutas Mendelejev — pole aatomite energiavaru eri elementidel mitte ühesugune, nagu pole ühesugune ka nende kaal. Kas aatomite energia pole mitte seotud nende kaaluga? Jah, vastas ta. „On loomulik kirjutada kaal erilise mateeria liikumise arvel,“ kirjutas Mendelejev 1871. aastal, „ning pole alust eitada võimalust, et see liikumine võiks elementaarsete aatomite tekkimise puhul muunduda keemiliseks energiaks või muuks liikumise liikiks... Kui seetõttu hakkaks tekkima uus element või lagu-



Aleksander Jevgenevitš Fersman.

nema tuntud element, siis võiks neid nähtusi võib-olla saata kaalu suurenemine või vähenemine. Niimoodi võiks teatud määral seletada mitmesuguste elementide keemilise energia erinevust.“

Esmakordselt teaduse ajaloos ütles suur vene teadlane, et aatomid pole igavesed, nagu pole igavesed ka aatomite kaal ja energia. Aatomid võivad tekkida ja laguneda, kusjuures peavad aga muutuma aatomkaal ja aatomi energia.

Nii juhatas Mendelejev peaaegu 80 aastat tagasi tee aatomienergia kasutamiseks.

Ja kõik, mis kogu maailmas käesoleva ajani aatomienergia avastamise alal on tehtud, on hiilgavalt tõestanud suure vene teadlase Dmitri Ivanovitš Mendelejevi geniaalset ettekuulutust.

Kümnnes peatükk.

Aatomi sügavustes.

Mendeleejevi geniaalne idee.

Teaduse ajalugu tunneb suurte teadlaste nimesid, kelle ideed said täies ulatuses mõistetavaks alles mitu aastakümnet pärast seda, kui nad olid nende poolt väljendatud. Sageli vallutasid need ideed, mida kaasaegsed ei mõistnud, järeltulijate mõtteilma, ning määrasid kauaks ajaks teaduse edasise arengu.

Nii sündis ka Dmitri Ivanovitš Mendeleejevi geniaalse ideega energia eraldumise võimalusest aatomite lagunemisel või tekkimisel. Töö, milles suur vene teadlane selle mõtte avaldas, sai kättesaadavaks kogu maailma teadlastele: ta ilmus niihästi saksa kui ka inglise ja prantsuse keeles. Kuid keegi ei mõistnud ega hinnanud tol ajal vene õpetlase idee kogu sügavmõttelisust ja ettenägelikkust.

Mittemõistmise põhjuseks oli see, et 1872. aastal ei kujutlenud veel keegi reaalselt, mis tähendab „purustada“ aatom, „lagundada“ või „tekitada“ element.

Nende väljendite mõte sai arusaadavaks alles pärast seda, kui perioodilisuseeaduse avastamise tõttu esilekutsutud ja tema poolt juhitud teaduse hoogne areng tõi kaasa aatomi jagatavuse kindlakstegemise, elektronide ja aatomituumade avastamise ning elektronkestade ehituse väljaselgitamise.

Aatom on ühtne tervik, mis koosneb positiivsest tuumast ja tema laengut tasakaalustavaist negatiivseist elektronidest. Kiskuda aatomist eemale kas või üksainus elektron — tähendab purustada aatom kui tervik. Ent sellised aatomitepurustamisprotsessid toimuvad looduses iga minut ja iga sekund tohutul ulatuses. Tähtsamad keemilised protsessid, näiteks põlemine, algavad ühe või mitme elektroni eemalekiskumisega mõne sel-

lest protsessist osa võtva aatomi küljest. Seejuures eraldub osa aatomienergiat soojuse näol. Inimesed on seda energiat kasutanud vanast hallist ajast saadik, ammu enne seda, kui saadi teada aatomite olemasolust.

Ent kõneldes aatomite purustamisest ja aatomienergiast ei mõtle me sellega mitte niisugust purustamist ja mitte seda energiat.

Kui aatomi küljest kiskuda eemale tema tuuma ümber tiirlevad elektronid, siis ei purune aatom ega teki uut elementi. Aatomi põhiomadus — tema tuuma positiivne laeng — jääb ju seejuures puutumatuks. Kuni on olemas muutumatu tuum, seni jääb alles ka seesama keemiline element.

Ainult aatomituuma purustamine, tema laengu suuruse muutmise kujundab aatomi ümber, loob uue elemendi.

Järelkult võib ainult aatomite seesmise osa, nende tuumade muutumine viia selle energia vabanemiseni, mida tavaliselt nimetatakse „aatomisiseks“ või „tuumaenergiaks“.

Selles peitubki Mendelejevi geniaalse idee sügav mõte, mis ilmnes aatomituuma tundmaõppimise alal sooritatud tööde tulemusena.

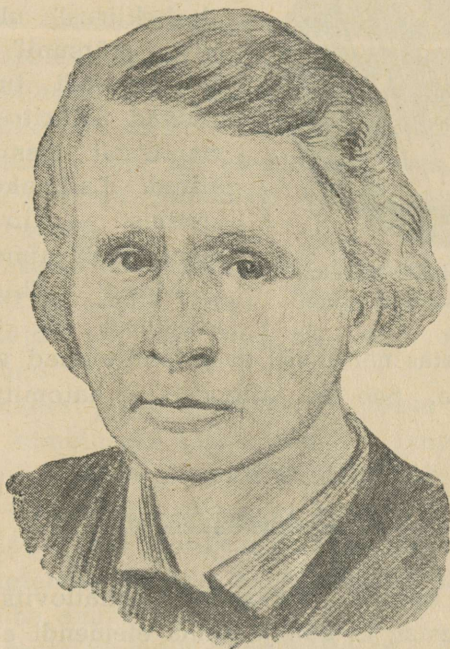
Lõhkevad aatomid.

Esimese sammu astus selles suunas slaavi rahvaste suure pere silmapaistev esindaja poolatar Maria Sklodowska. Koos oma mehega, prantsuse teadlase Pierre Curie'ga avastas ta 1898. aastal tundmatu keemilise elemendi, mis hõivab Mendelejevi perioodilises süsteemis koha № 88.

Õigupoolest ei äratanud see element, mille avastamist Mendelejev ennustas juba 1870. aastal, oma omadustelt millegi poolt tähelepanu. Tõsi küll, ta kuulus selliste tehnilises suhtes huvipakkuvate metallide hulka nagu berüllium ja magneesium, ent ei evinud kergust ega tugevust — omadusi, mille tõttu neid metalle hinnatakse. Ta on peaaegu kolm ja pool korda raskem kui magneesium, on temast tunduvalt pehmem ja märksa vähema roostekindlusega. Pealegi on tema varud maakooses hoopis tühised: 16 miljardit korda väiksemad kui kaltsiumil, 12 miljardit korda väiksemad kui magneesiumil ja 25 tuhat korda väiksemad kui kullal. Kui aga arvestada veel seda, et

selle elemendi poolest rikkaimadki maagid ei sisalda teda üle kolmandiku grammi tonni kohta, siis võib näida kergesti, et keemiline element № 88 ei paku üldse mingit huvi.

Ja kui tema omadused oleksid piirdunud ainult loendatutega, siis poleks teda arvatavasti praegugi, pool sajandit pärast tema avastamist, paremini tuntud kui selliseid metalle, nagu praseo-

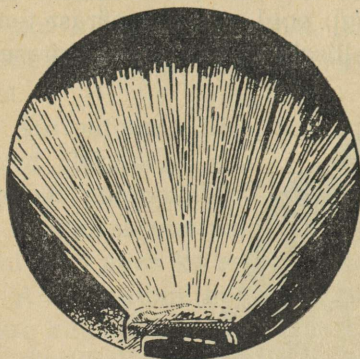


Maria Skłodowska-Curie.

düümi, disproosumi ja tuuliumi (millest muuseas igaüht leidub maakera koores umbes miljon korda rohkem kui elementi № 88).

Kuulsaks sai Skłodowska avastus selle tõttu, et elemendil № 88 on peale tavaliste, teiste ainete kaudu ammu tuntud omaduste veel üks, hoopis ebatavaline omadus. Igas sekundis lõhkeb iga tema miljoni aatomituuma kohta üks aatom, tõugates enesest välja killu, mille kiirus on ligikaudu 20 tuhat kilomeetrit sekundis. Sellist mürsku kadestaks iga kahurväelane, kui ta ainult poleks nii kaduvväike: parimad nüüdisaegsed kahurid annavad oma mürskudele 10 tuhat korda väiksema algkiiruse.

Tänapäeva kahurvägi jääb sellest elemendist kaugemale maha ka laskekiiruse poolest, ehkki ta „tulistab“ igas sekundis välja oma 72 miljardist aatomituumast ainult ühe. Elemendi № 88



Nagu kiired läbivad raadiumi-aatomite tuumakillud ruumi.

iga gramm sisaldab 2670 miljardit miljardit aatomit, ning on kerge välja arvutada, et selle elemendi ühe grammi „laskekiirus“ ulatub 37 miljardi „mürsuni“ sekundis. Selle elemendi tuumakillukesed läbivad ümbritseva ruumi silmapilkselt igas suunas nagu kiired. Ladinakeelsest sõnast „radius“ — kiir — saigi element № 88 nimetuse raadium.

Maria Sklodowska-Curie avastusel oli määratu suur tähtsus. Ta tõestas näitlikult, et aatomituumad võivad koostisosadeks laguneda. See aga tähendab, et aatomituumad on liitised ehitised.

Aatomid-kaksikud.

Kuulus vene keemik Aleksander Mihhailovitš Butlerov väitis juba 1882. aastal, et ühe ja sama elemendi aatomid võivad kaalult erineda. „Asetada selline küsimus,“ kirjutas ta oma raamatus „Keemia põhilised mõisted“, „tähendab julgeda eitada aatomkaalude muutumatust, ning ma mõtlen tõepoolest, et pole põhjust sellise muutumatuse tunnistamiseks.“

Ning mõne aastakümne möödudes läiski vene teadlase geniaalselt julge ennustus täide: teadus astus uue sammu aatomituumade saladuse lahendamise suunas. Uusimate täpsete aparatuuride abil avastasid teadlased, et looduses leidub tõepoolest keemilisi elemente, mille aatomid pole mitte täiesti sarnased, ehkki nad sarnanevad teineteisega nagu kaksikud.

Selliste aatomite-kaksikute põhiomadus — Mendelejevi arv (tuuma laeng) — on täiesti ühesugune. Nii evivad eranditult kõik metall kaaliumi aatomituumad 19 positiivset laengut, metall

uraanil 92 jne. Ent aatomite-kaksikute kaal, milledest üks ja sama element koosneb, võib mõnevõrra erineda. Uhed kaaliumiaatomeist evivad aatomkaalu 39, teised — 40, kolmandad isegi 41. Looduslikus uraanis tuleb iga aatomi kohta, mille aatomkaal on 234, 117 aatomit aatomkaaluga 235 ja 16 550 aatomit aatomkaaluga 238.

Kaalium-39, kaalium-40 ja kaalium-41 erinevad tuumade kaalult väga vähe, tuuma laengult, ning järelikult ka tema ümber tiirlevate elektronide arvult aga üldse mitte. Seetõttu on nende keemilised omadused täiesti ühesugused — nad on tõelised kaksikud. Keemikud ei suutnud oma meetodite abil neid kaua üksteisest eraldada. See sai võimalikuks alles erilise täpse füüsikalise uurimismeetodi ilmumisel, mis avastati 1913. aastal ja täiustati 1919. aastal.

Kaksikud asetsevad Mendelejevi elementide perioodilisuse-süsteemis ühel ja samal kohal. Selle koha määrab kindlaks ainult Mendelejevi arv, aga nagu me teame, on see kõigil kaksikulil ühesugune.

Kreeka sõnadest „isos“ (samane) ja „topos“ (koht) said aatomid-kaksikud nimetuseks „isotoobid“ — „samal kohal asetsevad“. Selgus, et rõhuv enamik elemente esineb isotoopidena.

Isotoopide avastamine näitas, et kõikide aatomite aatomkaalud on väga lähedased täisarvudele, kui aatomkaalude ühikuks võtta üks kuueteistkümnendik hapnikuaatomi kaalust (nagu keemikud seda juba ammu teavad).

Üks kuueteistkümnendik hapnikuaatomi kaalust on peaaegu võrdne vesinikuaatomi kaaluga. Tahtmatult tekib mõte: kas ei koosne kõikide aatomite tuumad vesinikuaatomite tuumadest? Kas pole heeliumi aatomkaal mitte seetõttu 4, et heeliumi tuum koosneb neljast vesiniku aatomituumast? Kas ei koosne kaaliumaatomite-kaksikute tuumad mitte 39-st, 40-st ja 41-st, uraaniaatomite tuumad aga 234-st, 235-st ja 238-st vesinikuaatomi tuumast?

See mõte oli nii meelitatav, et vesinikuaatomi tuum nimetati isegi prootoniks („protos“ on kreeka keeles „lihtsam“). Taheti rõhutada, et kõikide aatomituumade lihtsam koostisosa on vesiniku tuum.

Samale mõttele viis ka uus avastus, mis valmis just samaks ajaks.

Aatomituumade pommitamine.

1919. aastal hakati lõpuks kasutama „mürske“, mis lendasid raadiumi aatomituumade lõhkemisel välja kiirusega 20 tuhat kilomeetrit sekundis.

Teadlased hakkasid nende mürskudega tulistama mitmesuguste elementide aatomituumi. Ning nad avastasid, et mürsud löövad paljudest tuumadest-märklaudadest välja prootoneid. Nii oli see lämmastiku, alumiiniumi, magneesiumi, kaaliumi, fosfori ja paljude teiste elementide tuumadega.

Näiliselt oli tõestatud, et prootonid on tõepoolest ehituskivideks, millest koosnevad kõikide elementide tuumad.

Ent selgus, et lugu pole nii lihtne.

Prootonil (vesinikuaatomi tuumal) ei ole mitte ainult kaal, mis on peaaegu võrdne ühega, vaid ka positiivne laeng, mis võrdub ühega. Kui heeliumiaatomi tuum koosneks neljast prootonist, siis oleks tema kaal tõepoolest 4, see-eest oleks aga ka laeng 4; tõeliselt on heeliumi tuuma laeng aga 2. Sama on lugu ka teiste elementide aatomitega. Iga kaaliumiaatomi kaal on 19, mitte aga 39, 40 või 41. Kõik uraani tuumad-kaksikud kannavad laengut 92, mitte aga 234, 235 ja 238 jne. Nende arvude analüüs juhib mõttele, et aatomituumas on peale prootonite veel teisigi osakesi. Ent mis osakesed need on ja millised on nende omadused, seda avastas teadus veidi hiljem.

Laenguta osake.

1930. aastal avastati, et aatomituumade tulistamisel raadiumi tuumakildudega ei lööda mitte alati välja ainult prootoneid. Mõnikord lööb mürsk aatomituumast välja ka teise, seni tundmatu osakese. Viimane on tähelepanuväärne selle poolest, et tema kaal ja mõõted on peaaegu täpselt võrdsed prootoni kaalu ja mõõdetega. Ent temast erinevalt ei kannu uus osake mingit elektrilaengut. Ta on elektriliselt neutraalne, mistõttu saigi neutroni nimetuse.

Neutronide avastamine võimaldas väljapaistval nõukogude teadlasel Dmitri Dmitrijevitš Ivanenkol luua 1932. aastal aatomituumade ehituse teooria.

Ivanenko oletas, et kõikide elementide aatomituumad koos-

nevad kahest koostisosast — prootoneist ja neutroneist. Prootonite arv tuumas võrdub tema laenguga — Mendelejevi arvuga —, prootonite ja neutronite koguarv võrdub aga aatomkaaluga. Selle teooria järgi koosneb heeliumi tuum kahest prootonist ja kahest neutronist. Iga prooton kannab laengut 1, seepärast võrdub heeliumi tuuma laeng 2-ga. Iga prootoni ja neutroni kaal on 1 — seepärast võrdub heeliumi aatomkaal 4-ga.



Dmitri Dmitrijevitš Ivanenko.

Ivanenko teooria seletas kohe ära isotoopide saladuse. Kõikide aatomite-kaksikute tuumades sisaldub võrdne arv prootoneid, — seepärast kannavad kõik isotoobid ühesugust laengut ning asetsevad Mendelejevi perioodilisusesüsteemis ühel ja samal kohal. Ent neutronite arv tuumades-kaksikutes pole võrdne, — seetõttu erinevadki nad aatomkaalult. Iga uraani isotoobi tuumas on 92 prootonit. Ent peale nende on uraan-234 tuumas veel 142 neutronit; uraan-235 tuumas on neutroneid juba 143, uraan-238 tuumas on neid aga 146. Erineva neutronitearvuga seletub ka kõigi muude elementide isotoopide aatomituumade kaalu erinevus.

Ivanenko teooria võeti peagi vastu kogu maailmas. See oli

aatomiõpetuse suur edusamm. Kuid ka see teooria esitas omakorda uue mõistatuse.

Miks ei esine looduses ükskõik millise aatomkaaluga elementide isotoope? Miks on looduses ainult kolm uraani kaksikut (uraan-234, uraan-235 ja uraan-238), mitte aga 30 või 300? Lõpuks, miks ei koosne aatomituumad ainult prootoneist, vaid neis leidub tingimata ka neutroneid?

Nende küsimuste lahendus andis väga palju väärtuslikku aatomi varjatud saladuste tunnetamiseks.

Liiga rasked tuumad.

Tugevaimgi ehitis, mis on püstitatud kõigi ehituskunsti reeglite järgi — maja, sild —, võib kokku variseda, kui tema pihta sattub tugevajõuline mürisk. Kui ehitis laguneb ilma igasuguse kõrvalise mõjuta, iseenesest, siis tähendab see ainult seda, et ta on nõrga ehitusega, et tema üksikosad on halvasti kinnitatud.

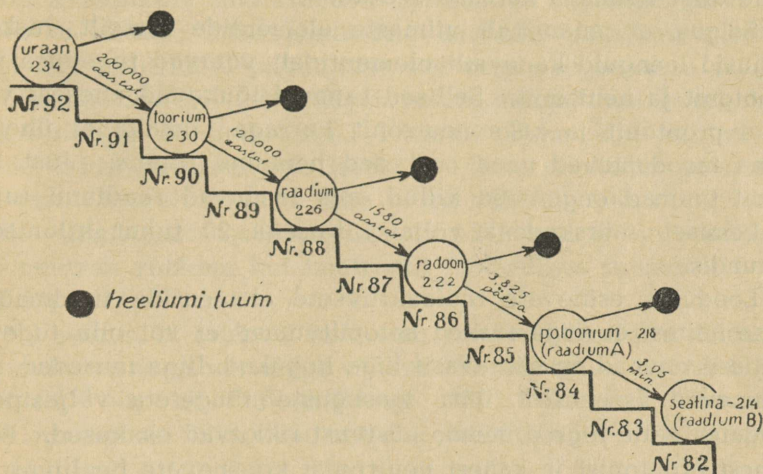
Pole imestamisväärne, et tugevaimadki aatomituumad jagunevad osadeks „mürsu“ hoobist, mis lendab nende pihta kiirusega 20 tuhat kilomeetrit sekundis. Ent kui raadiumiaatomi tuum laguneb ilma igasuguse välistoimeta, iseenesest, siis kõneleb see sellest, et raadiumiaatomi tuum on nõrga ehitusega, tema üksikud koostisosad on üksteisega halvasti seotud, mingisugused osad puuduvad, või vastupidi — neid on liiga palju.

Mõnede elementide aatomituumade omadust laguneda sarnaselt raadiumituumadega, ilma igasuguse kõrvalise mõjuta, hakati nimetama radioaktiivsuseks. Radioaktiivsusenähtuse enese oli prantsuse teadlane Henry Becquerel avastanud juba 1896. aastal, kaks aastat enne raadiumi avastamist. Ta avastas selle omaduse element uraanil, ning just seoses Becquerel'i töödega alustas oma uurimistöid Maria Sklodowska-Curie. Edaspidi allutati kõik elemendid katseile radioaktiivsuse suhtes. Ja siin avanes huvitav pilt.

Selgus, et Mendelejevi perioodilisusesüsteemi raskeimad elemendid on radioaktiivsed. Elehvõbedal, mis asetseb kohal № 80, on kõik looduslikud isotoobid aatomkaaludega 196 kuni 203 veel püsivad. Kuid juba elemendil nr. 81 — metall talliumil — on tugevad ainult kaksikut — tallium-203 ja tallium-205; isotoobid aatomkaaludega 207, 208 ja 210 on aga nii ebapüsivad,

et isegi tugevaimal neist, tallium-207-l, laguneb pool kõigist olemasolevaist tuumadest vähem kui viie minuti jooksul.

Alates elemendist nr. 84 — polooniumist — on kõik aatomi- tuumad haprad. Kõik nad lagunevad suurema või väiksema kiirusega, kusjuures tekivad teiste elementide aatomituumad. Kui ka need tuumad osutuvad ebapüsivaiks, siis lagunevad nad



Mõningad astmed uraan-234 radioaktiivsete muunduste astmestikust. Heeliumi tuuma välja tõugates kaotab aatomituum 4 aatomikaalu ühikut ja 2 laenguühikut, muundudes uueks elemendiks.

edasi; selline lagunemine kestab seni, kuni lõpuks tekib mõne elemendi püsiv isotoop.

Selliste muundumiste astmestik on väga pikk. Uraan-238 tuum läbib tervelt 14 astet, enne kui ta muutub püsivaks sea- tina isotobiks aatomkaaluga 206. Mõnel astmel toimub muun- dumine väga aeglaselt. Uraan-238 ise laguneb nii aeglaselt, et tema olemasolevate aatomituumade arv väheneb poole võrra alles 4,5 miljardi aasta jooksul, — igas sekundis puruneb ainult üks igast 210-st miljonist miljardist tuumast. Radium-226, mis asetseb uraan-238 muunduste astmestiku viiendal astmel, lagu- neb kiiremini — pool tema tuumadest laguneb 1560 aasta jook- sul. Ent poloonium-218 tuumad, milleks uraan-238 pärast seits- mendat muundumist muutub, lagunevad nii kiiresti, et nende arv väheneb poole võrra 3 minuti 3 sekundi jooksul, — igas sekun- dis lõhkeb üks igast sajast tuumast.

Millised on siis need osakesed, mida haprad aatomituumad enesest lagunemisel välja saadavad?

Nähtavasti on osakesed, mis vähendavad tuumade tugevust, nendega halvasti seotud. Kus on nõrk koht, seal rebenebki; kus osakeste vastastikused seosed on nõrgad, seal toimubki lagunemine. Kui tuumast tõugatakse välja prooton, tähendab, just tema oligi tuumaga halvasti seotud.

Selgus, et enamikult viimaste elementide liitseilt, raskeilt, paljusid laenguid kandvaill elementidelt võtavad tugevuse paar prootonit ja neutronit. Sellised tuumad tõukavad enesest välja kaks prootonit ja kaks neutronit korraga; omavahel ühendatuna moodustavad need osakesed heeliumi tuuma. Just heeliumi tuumad ongi need killud, mis lendavad raadiumi tuuma lõhkemisel mürskudena välja kiirusega 20 tuhat kilomeetrit sekundis.

Looduses esinevate radioaktiivsete elementide tundmaõppimine näitas, et väga rasked aatomituumad ei või olla tugevad. Sellised tuumad on nähtavasti liiga kogukad, liiga muredad. Nad lagunevad iseenesest, ilma igasuguste tõugeteta väljastpoolt, tõugates välja liigsed, nende püsivust rikkuvad osakesed. Peale kahest prootonist ja kahest neutronist koosnevate heeliumi tuumade tõugatakse radioaktiivsete elementide lagunemisel välja veel teisi osakesi, millest kõneleme edaspidi.

Halva ehitusega tuumad.

Järgmise sammu aatomituumade saladuste tunnetamisel astusid prantsuse teadlased Irene Curie — Maria Sklodowska tütar — ja tema mees Frederic Joliot.

Nad jätkasid katseid aatomituumade pommitamise alal. Peab ütlema, et esimesest õnnestunud pommitamisest saadik, mis sooritati 1919. aastal, oli „aatomikahurvägi“ täiustunud. Heeliumituumad — mürsud algkiirusega 20 tuhat kilomeetrit sekundis —, mida lagunevad raadiumituumad välja tõukasid, ei rahuldanud enam teadlasi aatomituumade „pommitamise“ vahendina. Teadus rikastus uute tööriistadega, mis ületasid raadiumi tunduvalt niihästi „laskekiiruse“ kui ka „mürskude“ kiiruse poolest. Tähelepanuväärseim seda liiki aparaatidest — niinimetatud tsüklotron, mis kasutab „aatomimürskude“ (näiteks prootonite) kii-

rendamiseks võimsaid elektromagneteid ja vahelduvat elektripinget — võimaldas 1946. aastal anda osakestele rekordilise kiiruse — 100 000 kilomeetrit sekundis, — ainult kolm korda väiksema, kui valguse kiirus! Täiustus ka tuumade pommitamise teostamise ja vaatlemise tehnika.

Pommitades aatomituumi, said abikaasad Joliot-Curie 1934. aastal kunstlikult mitmesuguste elementide isotoope, mida looduses ei leidu. Uued looduslike aatomite kaksikud erinevad neist kas neutronite puudumise või nende liigse arvu poolest.

Element fosfori (fosfor-31) tavaline aatomituum koosneb 15 prootonist ja 16 neutronist. Kunstlikult on aga saadud fosfor-30, mida looduses pole leitud, — tema tuumades pole mitte 16, vaid 15 neutroni, s. o. ühe võrra vähem. Naatriumi kunstlikult valmistatud isotoobi (naatrium-24) tuumas on, vastupidi, üks neutron rohkem kui naatriumi looduslikus tuumas (12 asemel 13).

Nii selgus, et tuumad, milles on tavaliste, looduses esinevate aatomituumadega võrreldes vähem või rohkem neutroneid, pole püsivad. Nad on radioaktiivsed. Nad lagunevad iseenesest, ilma igasuguse kõrvalise mõjuta, moodustades uusi, püsivaid tuumi.

Kunstlike radioaktiivsete elementide valmistamine oli tänapäeva teaduse silmapaistev saavutus. Haruldastele, raskesti kättesaadavatele radioaktiivseile elementidele, mida vajasisid arstiteadus ja tuumafüüsika, ilmusid lisaks märksa kättesaadavamad kunstlikud radioaktiivsed ained, millel on samad omadused kui neil, mida looduses leidub.

Kunstlike radioaktiivsete elementide tundmaõppimine andis palju uut aatomituuma ehituse saladuste tunnetamiseks. Ta näitas, et püsimatud ei ole mitte ainult väga rasked tuumad. Ka kergeil elementidel pole kaugeltki mitte iga prootonite ja neutronite kombinatsioon püsiv. Püsivad on ainult mõned nende kombinatsioonidest, ülejäänud lagunevad ilma mingi välispidise tõuketa. Pooled kunstlikult valmistatud naatrium-24 tuumadest, mis sisaldavad ainult ühe neutroni tavalisest rohkem, lagunevad 14 tunni 48 minuti jooksul. Fosfor-30 tuumad, milles on ainult 1 neutron tavalisest vähem, on aga nii ebapüsivad, et juba 2 minuti 33 sekundi jooksul jõuavad pooled neist puruneda.

Kui neutronitearvu suurenemine või vähenemine kas või

ainult ühe võrra tavaliste püsivate kombinatsioonidega võrreldes teeb aatomituuma püsimatuks, siis on ilmne, et ainult prootoneist koosnevaid aatomituumi ei saa üldse olla. Ja tõepoolest — ainus looduses esinev neutroniteta aatomituum on prooton — vesinikuaatomi tuum — ise. Kõigis ülejäänud aatomituumades leidub prootonite kõrval tingimata ka neutrone.

Nagu tsement seob telliskive kivehitises üheks tervikuks, nii kinnitavad ka neutronid prootoneid aatomituumas üksteise külge. Niihästi neutronite vähesus kui ka liigne rohkus vähendab aatomituumade püsivust.

Võiks arvata, et kui liigne neutron teeb tuuma püsimatuks, siis just tema peaski lagunemisel tuumast välja lendama.

Tõeliselt lendab aga temast välja negatiivne elektron. Seejuures muutub üks tuuma neutroneist prootoniks, õige suhe prootonite ja neutronite vahel seatakse uuesti jalule, ning tekib püsiv tuum. Naatrium-24 tuumast, mis sisaldab 11 prootonit ja 13 neutronit, saab pärast elektroni väljatõukamist püsiv tuum, mis sisaldab nüüd juba 12 prootonit ja 12 neutronit. Selline tuum esineb looduses — see on üks element magneesiumi (magneesium-24) isotoopidest.

Kui aga tuum on nõrk neutronite vähesuse tõttu, siis seatakse õige suhe prootonite ja neutronite vahel uuesti jalule sel teel, et üks tuuma prootoneist muundub neutroniks. Fosfor-30 tuum, mis sisaldab 15 prootonit ja 15 neutronit, muutub pärast sellist muundumist uueks tuumaks, mis koosneb 14 prootonist ja 16 neutronist. Selline tuum on püsikindel — see on üks tavalise liiva koostisse kuuluva elemendi — räni (räni-30) — isotoopidest.

Neutroni muundumist prootoniks saadab negatiivse elektroni väljatõukamine tuumast. Prootoni muutumist neutroniks saadab aga sellise osakese väljatõukamine tuumast, millest me seni veel pole kõnelnud — see on positiivne elektron.

Positiivsed elektronid avastati alles 1932. aastal. Nad said nimetuseks positronid. Positronid erinevad elektronidest ainult tuuma laengult. Laengu suurus, mõõted ja kaal on positronil ja elektronil täiesti võrdsed.

Ja nii kerkib küsimus: kui aatomituum koosneb ainult prootoneist ja neutroneist, kust tulevad tal siis elektronid ja positronid?

Täpset vastust sellele pole teadus veel leidnud, see jääb

tuleviku ülesandeks. Käesoleval ajal tuntakse peale prootonite, neutronite, elektronide ja positronide veel teisigi osakesi, mis tekivad aatomituumade lagunemisprotsessis, kuuluvad aga võib-olla ka nende tuumade koostisse. Veel üsna hiljuti avastati osakesed elektroni või positroni laenguga, kuid neist ligikaudu kakssada korda raskemad. Need „poolrasked“ osakesed, mille mass on vahepealne „kergete“ elektronide ja positronide ning „raskete“ prootonite ja neutronite vahel¹, said nimetuseks mesoonid („mesos“ on kreeka keeles „keskmine“). Hiljuti tõestati veel ühe osakese olemasolu, — see on kerge, nagu positronid ja elektronid, aga laenguta, nagu neutronid. „Kerge neutron“ nimetati neutrünoks; on huvitav, et tema olemasolu ennustati juba 1931. aastal. Kas kuuluvad kõik need osad aatomituumade koostisse, ning kui kuuluvad, siis kuidas nad seal kõik üksteisega kokku sobivad, kui aga ei kuulu, kust tulevad nad siis tuuma lagunemisprotsessis — seda ei teata veel kindlasti. Nende mõistatuste lahendamine on aatomiteaduse järjekordne ja haruldaselt haarav probleem.

Praegu aga peetakse kindlaks tehtuks, et aatomituumades ei leidu vabu elektrone, s. o. selliseid, nagu aatomi välises elektronkestas, ning et neutronit ei saa vaadelda prootoni ja elektroni lihtsa ühendina. Elektronid ja positronid, mis tõugatakse aatomituumast välja paljude tuumade muundumiste puhul, „sünnivad“ neis muundumisprotsessides tuuma struktuurelementidest.

Aatom on ammendamatu.

Tuntud füüsikaseaduste järgi tõmbavad isenimeliselt — positiivselt ja negatiivselt — laetud osakesed üksteist külge. Samanimeliselt laetud osakesed aga tõukavad üksteist eemale, ning seda tugevamini, mida lähemal nad üksteisele on.

Niimoodi hoiatab füüsikaseadus, et samanimeliselt laetud prootoneist on võimatu koostada kuigi tugevat ehitist. Siit aga järeldub, et ühegi aatomituumade eluiga ei või olla kuigi pikk;

¹ Mõistagi on mõisted „kerge“ ja „raske“ siin vägagi suhtelised: prooton on 1840 korda raskem kui elektron, on aga ise 600 tuhat miljonit miljardit korda kergem kui üks milligramm.

ta peab prootonite vastastikuse eemaletõukamise tõttu otsekohe osadeks lagunema.

Ent looduses oleivad suurima rahuga loendamatud aatomituumad, kuhu on kõige tihedamalt „pakitud“ isegi kümneid prootoneid.

Siit võib järeldada ainult üht — peale tuntud, juba avastatud loodusseaduste on olemas veel tundmatuid loodusseadusi, mille avastamine teadusel veel ees seisab. Nende seni avastamata seaduste hulgas on ka see, mille põhjal tekivad tõmbetungid aatomituumade koostisse kuuluvate osakeste vahel.

Mõned teadlased oletavad, et prootonid ja neutronid ei püsi aatomituumas rahulikult üksteise kõrval. Neutronid ja prootonid muunduvad aatomituumas pidevalt üksteiseks, nagu vahetades oma seisundit. Selle tuumasiseses „vahetusprotsessi“ kulul tekivadki erilised „vahetusjõud“, mis liidavadki kõik tuuma osad üheks tugevaks tervikuks. Need jõud peavad olema määratu suured, palju kordi suuremad kui aatomituumade ja teda aatomis ümbritsevate elektronide vahelise vastastikuse mõju jõud. Vahemaa tuuma sisemuses asetsevate osakeste vahel on ju kümneid tuhandeid kordi väiksem kui vahemaa tuumade ja elektronide vahel. Hiiglasuur ruumipuudus tuumade sisemuses hoiab kinni ka hiiglasuured vastastikuse mõju jõud tuumaosakeste vahel.

Avastada lõplikult nende jõudude olemus — see on üks aatomiõpetuse järjekordseist ülesandeist.

Juba XX sajandi algul, varsti pärast elektroni avastamist, põhjendas Vladimir Iljitš Lenin teaduslikult aatomi uute saladuste avastamise vältimatuse. Ta tõestas, et aine saladused, mida teadus peab tundma õppima, on ammendamatud. Teadus ei tohi karta uusi avastusi, tema ülesandeks on neid julgemini vallutada ja kiiremini inimkonna teenistusse rakendada.

„Inimmõistus on looduses avastanud palju imeasju ning avastab veelgi rohkem, suurendades sellega oma võimu tema üle...“ kirjutas selle kohta Vladimir Iljitš Lenin.

Aatomituumade aarded.

Kuigi tuumasisesete jõudude loomust pole veel lõplikult ära mõistatatud, saadi nende suurus teada kohe pärast radioaktiivsete ainete avastamist.

Märgati, et raadiumitükikesed on alati veidi soojemad kui neid ümbritsevad ained. Nähtavasti eraldub raadiumi tuumade lagunemisel soojus. Mõõtmised näitasid, et 1 gramm raadiumi eraldab ligikaudu 140 kalorit tunnis — soojushulga, millega võib soojendada 140 grammi vett 1 kraadi võrra.

Esimesel hetkel ei paista see olevat kuigi palju. 1 grammi süsiniku põlemisel eraldub 7833 kalorit — 56 korda rohkem. Ent kui gramm süsinikku on ära põlenud ja 7833 kalorit soojust eraldunud, siis on seega kõik läbi. Raadium aga eraldab 140 kalorit tunnis päev-päevalt, aasta-aastalt. Juba 56 tunni pärast ületab ta süsiniku poolt eraldatud soojusehulga ning jätkab soojuse eraldamist. Protsess nõrgeneb nii aeglaselt, et grammi raadiumi poolt tunnis eraldatava soojusehulga vähene-mist pole isegi saja aasta möödumisel peaaegu võimalik mär-gata. Alles 1560 aasta pärast väheneb see hulk poole võrra. Üldse eraldub 1 grammi raadiumi täielikul lagunemisel ligi-kaudu 2,7 miljardit kalorit — 350 tuhat korda rohkem kui 1 grammi süsiniku ärapõlemisel.

Kogu see määratu soojushulk eraldub radioaktiivseist aineist aatomituuma energiavarude kulul. Lagunedes tõukavad radio-aktiivsed tuumad enesest liigsed osakesed välja. Nende äralen-damisel eraldub ka aatomisise energia, tuuma energia, mille kulul need osakesed tuumades püsisid.

Ent kui prooviti radioaktiivsete ainete tuumaenergia tohu-tuid varusid kasutada, ei tulnud sellest kaua midagi välja. Ning seda mitte ainult sellepärast, et raadiumi on maakeral nii vähe, et esimesel paaril aastakümnel pärast tema avastamist ei olnud teda kogu maakeral toodetud ainsatki kilogrammi. Radioaktiiv-sete ainete tuumaenergia kasutamine ei õnnestunud peamiselt sellepärast, et kuigi nende 1 grammi täielikul lagunemisel eral-dub sama palju soojust kui 350 kilogrammi kivisöe ärapõlemi-sel, eraldub see soojus sõna tõsisel mõttes „iga tunni tagant teelusika kaupa“, mitte üle 140 kalori tunnis.

Kõik püüded raadiumi tuumade lagunemist kiirendada jäid tagajärjetuks. Ei jahutamine madalate temperatuurideni, ei soo-jendamine kõige kõrgemateni, mida tänapäeva tehnika võib saavutada, ega mingid muud mõjumismeetodid, millega uurijad katsetasid, ei suurendanud ega vähendanud raadiumi lagune-mise kiirust. Igasugustes tingimustes laguneb sekundis igast

72 miljardist raadiumi aatomituumast ainult üks — ei vähem ega rohkem.

Ning alles siis, kui hakati arvestama raadiumi tuumade lagunemisel välja lendavate kildude kiirust, sai selline üllatav „üks-kõiksus“ väljastpoolt tulevate toimete vastu mõistetavaks.

Juba Lomonossov tegi omal ajal kindlaks, et mida kõrgem keha temperatuur on, seda kiiremini tema osakesed liiguvad. Edaspidi õpiti osakeste kiirust temperatuuri kaudu ning osakeste kiiruse kaudu temperatuuri välja arvutama. Selgus, et õhu molekulid liiguvad tavalisel temperatuuril kiirusega, mis on ainult ligikaudu pool kilomeetrit sekundis. Ent raadiumi tuuma killud tõugatakse välja kiirusega kuni 20 tuhat kilomeetrit sekundis — sellise „tõuke“ saavad nad raadiumi tuuma energia kulul. Et õhu molekulid võiksid raadiumi tuumade kildudele „järele jõuda“, tuleks õhku soojendada kümnetesse miljarditesse kraadidesse ulatuva temperatuurini. Ainult sellised temperatuurid võiksid mõjuda raadiumi tuumasse. Ent kõrgeimad temperatuurid, mida tänapäeva tehnika seni on suutnud luua, on miljoneid kordi väiksemad. Püüda mõjutada nende temperatuuride abil radioaktiivse lagunemise kiirust on niisama lootusetu kui püüda oma hingamise abil valge hõõgumiseni kuumendatud rauatükki veelgi kuumemaks ajada.

Radioaktiivsete protsesside tundmaõppimine kergitas ainult nurgakest aatomituumade aardeid varjaval eesriidel. Edasised uurimistööd võimaldasid selle katte mõnel juhul täiesti kõrvaldada. Avanes vapustav pilt.

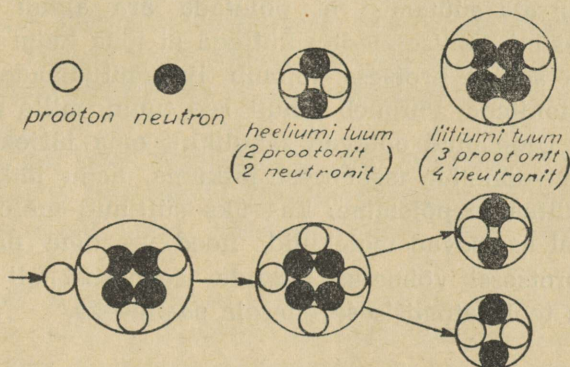
Heeliumiaatomi tuum koosneb 2-st prootonist ja 2-st neutronist. Energia, mis seob neid osakesi ühes heeliumi grammis sisalduvais aatomituumades, võrdub 175 miljardi kaloriga. Et saada energiahulka, mis võrduks aatomisisese energiaga, mis eraldub ühe grammi heeliumi moodustumisel prootoneist ja neutroneist, tuleb ära põletada 20 tonni kivisütt.

Esimesed ebaõnnestumised.

Et seda aatomituumades sisalduvat tohutut energiahulka kasutada, on vaja leida moodus selleks, et vabastada ta mitte üliväikeste annustena, nagu raadium teda loovutab, vaid suuremate hulkadena. Selle probleemi kallal töötavadki teadlased ala-

tes 1919. aastast, mil tuuma purustamine esmakordselt teostati. 1932. aastal õnnestus teostada huvitav tuuma muundamine, mis näitas eriti veenvalt, et lootus aatomisest energiat kasutada pole mitte alusetu.

Teadlastel läks korda liitumiaatomeid prootonitega pommitades muuta nad heeliumituumadeks. Seejuures täheldati energia eraldumist — kogusummas ligikaudu 390 miljardit kalorit iga grammi prootonite kohta — sama palju kui 45 tonni kivisöe (3 vaguni söel) ärapõlemisel.



Liitiumi tuumade pommitamisel prootonitega tekivad heeliumituumad.

Võis paista, et probleem on lahendatud. Aga...

Need 390 miljardit kalorit eralduksid iga grammi prootonite kohta ainult sel juhul, kui eranditult kõik prootonid, mis kõik kokku kaaluvad ühe grammi, sattuksid liitiumituumadesse ja purustaksid nad osadeks. Grammis on ligikaudu 600 tuhat miljardit miljardit prootonit, ning samapalju peab olema tabamusi, et eralduks energiahulk, millest on juttu. Tõeliselt satub aga märklaua — liitiumituuma — pihta ainult üks ligikaudu miljonnist mürsust — prootonist.

Pole raske mõista „aatomikahurväe“ halva tabavuse põhjust. Meenutame seda, kui väikese osa aine koguruumalast aatomituumad enese alla võtavad. Ühe kuupmeetri ruumalaga liitiumkangis ei võta nad enese alla mitte üle ühe kümnemiljondiku kuupmillimeetri, elektronid — veidi rohkem, kogu ülejäänud osa võtavad aga enese alla vaheruumid tuuma ja elektronide vahel. Pealegi ei näe „kahurväelased“ antud juhul oma tibia-

tillukest märklauda. Neid võib võrrelda pimeda jahimehega, kes püüab pidevalt huupi tulistades tabada parte, kes lendavad üksteisest poole kilomeetri kaugusel.

Ent isegi juhul, kui õnnestuks aatomituumi mööda laskmata tulistada, ei lahendaks see veel aatomisese energia kättesaamise probleemi.

Tõepoolest, kujutlege, et mingi kütteaine, näiteks bensiini, iga molekul põleb ära ainult ise, süütamata naabermolekule. Uhes milligrammis bensiinis sisaldub ligikaudu 6,7 miljardit miljardit molekuli — ning niisamapalju kordi tuleks mootori silindris korrata süütamist, et põletada ära ainult üks milligramm bensiini. Sellise mootoriküttega ei jõua kuigi kaugele...

Ent just selline protsess toimub liitiumituumade pommitamisel prootonitega. Puruneb ainult see tuum, mille pihta prooton sattus. Ulejäänud ootavad rahulikult oma järjekorda. Protsess ei ole võimeline iseenesest jätkuma, nagu jätkub iseenesest iga kütteaine põlemine, kus üks süttinud molekul süütab tema kõrval asetsevad molekulid, need — oma naabrid jne. Ning see protsessi võimetus jätkuda iseenesest oli peamiseks takistuseks teel aatomisese energia saamiseks.

Uued elemendid.

Äärmiselt huvitava töö tulemusena uute keemiliste elementide saamise alal, mida looduses ei leidu, avastati 1939. aastal täiesti uut tüüpi tuumaprotsessid.

Nagu me teame, koosnevad kõik maakeral leiduvad ained 92-st keemilisest elemendist — 92-st aatomite-liigist, mis erinevad üksteisest eelkõige Mendelejevi arvu — tuuma positiivse laengu suuruse — poolest. See laeng kasvab 1-st esimesel elemendil — vesinikul — 92-ni viimasel elemendil — uraanil —, ning vastavalt sellele tuuma laengu kasvule ongi järjestatud elemendid Mendelejevi perioodilisusesüsteemis.

Aatomituumad, mis sisaldavad ühe neutroni võrra rohkem kui need, mis esinevad looduses, on nõrgad. Sellises tuumas muutub liigne neutron prootoniks, kusjuures tuumast lendab välja elektron. On selge, et tema laeng kasvab seejuures ühe võrra: laenguta neutronit asendab tuumas prooton — üht positiivset laenguta kandev osake. Tulemusena tekib aatom, mille

Mendelejevi arv on ühe võrra suurem kui elemendil, millest lähtuti. Ta nagu rändaks Mendelejevi tabeli järgmisesse ruutu.

Nii tuligi mõtte teostada selline operatsioon Mendelejevi süsteemi viimase elemendiga — uraaniga, mille tuuma laeng on 92.

Uraani pommitati neutronitega. Neutron tungib küllaltki kergelt uraani tuuma ning jääbki sinna, suurendades elemendi aatomikaalu ühe võrra. Uraan-238-st saab uraani uus isotoop, mida looduses ei tunta — uraan-239. Nagu teisedki liigse neutroniga aatomituumad, nii on ka uraan-239 püsimatu; ta tõukab enesest välja elektroni, kusjuures neutron muundub tuumas prootoniks. Tuuma laeng tõuseb ühe võrra — ning tekib uus element tuumalaenguga 93 ja aatomikaaluga 239, mida looduses ei tunta.

Uus element asus Mendelejevi süsteemis kohale nr. 93, mis järgneb uraanile. Element nr. 93 nimetati neptuuniumiks päikese-süsteemi eeskujul, kus planeet Uraani järel tuleb planeet Neptuun.

Selgus, et suhe prootonite ja neutronite vahel on neptuuniumituumas muutuv. Neptuuniumituum tõukab elektroni enesest välja ilma täiendava pommitamiseta, kusjuures üks neptuuniumituum neutroneist muundub uuesti prootoniks. Tulemusena tekib veel ühe uue elemendi tuum, elemendi, mille tuuma laeng on 94 ja aatomkaal 239. See element asus Mendelejevi tabelis kohale nr. 94 — neptuuniumi järele. Planeetideperes järgneb Neptuunile Pluto. Neptuuniumile järgnev element nr. 94 nimetati plutooniumiks.

Niiviisi ei õppinud inimesed aatomituumas saladusi lahendada looduses leiduvaid elemente mitte ainult tundma, vaid löid ka uusi, mida looduses ei leidu. Ka selles valdkonnas tähistasid looduse allutamist inimesele hiilgavad edusammud. Peale neptuuniumi ja plutooniumi saadi veel elemendid järjenumbritega 95 ja 96, mis nimetati ameriitsiumiks ja curiumiks. Ning võib-olla pole kaugel aeg, mil me hakkame oma vajaduste rahuldamiseks kasutama „vanade“, ammu tuntud elementide — raua, vase, alumiiniumi ja teiste — kõrval, mida me hangime loodusest, ka uusi, kunstlikult loodud elemente meile seni tundmatute omadustega.

Tuumaprotsesside ahelik.

Alustades katseid uraaniga, täitsid uurijad ühe soovitustest, mis suur Mendelejev oli teadusele püüdanud. „Keemia põhi-
aluste“ 2. köite lisaköites kirjutas Mendelejev: „Uraan paistab
kõigi tuntud keemiliste elementide seas silma selle poolest, et
tal on suurim aatomkaal... Suurimat kaalu omava aine tuntud
kontsentratsioonidest aatomi jagamatus massis, mis on uraanil,
peab tooma enesega kaasa silmapaistvaid iseärasusi... Olles
veendunud selles, et uraani uurimine toob enesega kaasa veel
paljugi uusi avastusi, soovitan ma julgesti neile, kes otsivad
ainet uuteks uurimistöökdeks, uurida eriti hoolsasti uraaniühendeid...“

Uraani erilisele tähtsusele tähelepanu juhtinud geniaalse
teadlase ettenägelikkus leidis seegi kord tõestuse. Just uraani
uurimine tõi kaasa võimu saavutamise aatomituuma energia
üle.

Uraani tulistamisel neutronitega pöörasid õpetlased eelkõige
tähelepanu ainult uraan-238-le. See on ka arusaadav: loodusliku
uraani 1000 aatomi seast langeb isotoobile aatomkaaluga 238
993 aatomit, tema kaksikvennale uraan-235-le aga ainult 7. Ent
just see haruldane uraani isotoop võimaldas esmakordselt val-
lutada aatomienergia. Peab ütlema, et uraan-235 pommitamine
neutronitega tegi teadlastele küllaltki palju muret. Tuumafüüsi-
kute poolt seda liiki uurimistel kogutud rikkalikud kogemused
ütlesid, et mingi elemendi tuumade tulistamisel neutronitega
tekib uus element, mis asetseb Mendelejevi tabelis kõrvuti selle
elemendiga, millest lähtuti. Uraan-238-st, mis asetseb kohal
nr. 92, saab neptuunium, mis asetseb kohal nr. 93, ruutu nr. 11
paigutatud naatriumist tekib magneesium, mis on mahutatud
ruutu nr. 12 jne. Asudes uraani-235 tuumade pommitamisele,
lootsid teadlased ka siin saada mõne naaberelementidest.

Ent nad ei leidnud ees midagi selletaolist. Uraan-235 tuumad
neelasid korralikult (ja väga kergesti) neutroneid, mille kiirus
polnud mitte liiga suur. Seejärel toimus aga mingi ebatavaline
tuumaprotsess, mille tulemusena tekkisid uute elementide tuu-
mad — ent need polnud ei uraani parempoolsed naabrid — ele-
mendid nr. 93 või nr. 94 — ega ka vasakpoolsed naabrid —
elemendid nr. 91 või nr. 90.

Mõistatuslik juhtum tõmbas enesele paljude tuumafüüsika

eriteadlaste tähelepanu. Ja kui oli viimaks välja selgitatud, millised ained uraan-235-st pärast neutronitega tulistamist lõppkokkuvõttes tekivad, siis jättis uus avastus kogu maailmasse väga sügava mulje.

Need elemendid, mis uraan-235-st tekivad, ei vääri iseene-
st erilist tähelepanu. Need on ammutuntud baarium ja krüp-
ton (või nende lähedased naabrid Mendelejevi tabelis). Ebatava-
line oli see, et need elemendid seisavad uraanist, millest nad on
tekkinud, kaugemal kui ükski teine varem läbi viidud tuuma-
protsessides saadud element oma „vanemaist“. Uraanist, mis
asetseb kohal nr. 92 — päris Mendelejevi tabeli lõpus — tekki-
sid tabeli keskel kohtadel nr. 56 (baarium) ja nr. 36 (krüpton)
seisvad elemendid ja nende lähimad naabrid. See aga tähendab,
et erinevalt kõigist varem tundma õpitud tuuma muundusist ei
löö „mürsk“ uraan-235 tuuma tulistamisel neutronitega „mär-
klauast“ välja mitte mingi väikese osa, nagu elektron, positron,
prooton või heeliumituum. Käesoleval juhul lõhub neutronist
mürsk uraani tuuma kaheks suureks osaks, mis on suuruselt
üksteisele küllaltki lähedased.

Ent on täiesti selge, et need jõud, mis on vajalikud prooto-
nite ja neutronite kooshoidmiseks pärast pommitamist saadud
baariumi ja krüptoni tuumades, on tunduvalt väiksemad kui
jõud, mis neidsamu osi uraanituumas tervikuks seovad —
uraanituumas on ju neid osakesi peaaegu kaks korda rohkem.
Seepärast peab uraani tuuma kaheks-jagunemisel eralduma tuu-
maenergia ülejääk. Ja tõepoolest — iga uraan-235 aatomituum
jagunemisel eraldub tohutu energiahulk — peaaegu 50 miljonit
korda suurem kui ühe süsinikuaatomi ärapõlemisel.

Ent uue tuumaprotsessi — aatomituumade jagunemisprot-
sessi (nii hakati nimetama tuumade lagunemist kaheks suureks,
suuruselt küllaltki lähedaseks osaks) — eriline tähtsus ei seisne
isegi mitte selles. Kõige tähtsam on siin see, et uraan-235
aatomituumade jagunemisprotsessi saadab 2—3 neutroni välja-
tõukamine.

See tähendab, et see esimene neutron — protsessi algataja
— mis sattus uraan-235 tuuma ja kutsus esile tema jagunemise
kaheks osaks, ei jäänud mängust lihtsalt kõrvale, vaid lõi uraani
tuumast välja enesele asendajaid, ning pealegi kahekordses või
kolmekordses koguses.

Need kaks-kolm neutronit võivad ise sattuda naabruses asu-

vaisse uraan-235 tuumadesse ning lõhkuda nad kaheks osaks, sealjuures lendab igal jagunemisel välja veel kaks-kolm neutronit, mis sattuvad omakorda järgmistesse uraan-235 tuumadesse jne. Tekib terve ahel tuuma muundusi, mis toimuvad juba ilma väljaspoolsete pommitavate neutronite kaasabit. Protsess jätkub nüüd iseenesest, vajadus iga tuuma eraldi purustamiseks langeb ära.

Nii avastati tuumas iseseisvalt kulgev protsess, või nagu teda teisiti nimetatakse, ahelreaktsioon. Koos sellega ilmub ka reaalne võimalus võimu saamiseks aatomisese energia (tuumaenergia) üle, mis vabaneb iga aatomi jagunemisel.

Väikese tähe plahvatus.

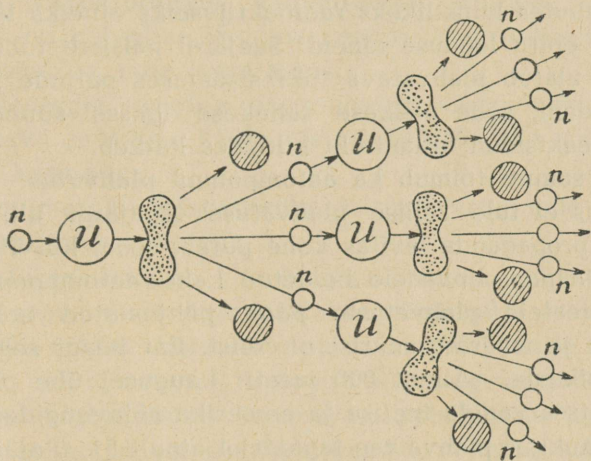
Võimaluse ilmumisest tema teostumiseni on vahel väga pikk ja raske tee.

Et uraani tuumasisest energiat kasutada, selleks tuli õppida esiteks tema isotoope üksteisest eristama. Jaguneb ju ainult uraan-235 kergesti kaheks pooleks, tõugates välja 2—3 neutronit. Ent tema kaksikvenna — uraan-238 — tuumad purunevad ainult väga kiirete elektronide toimel, enamikul juhtudest aga jäävad tuuma sattunud neutronid nendesse, neid lõhkumata. Tähendab, uraan-238 kasutamine langeb esialgu ära. Looduslikes uraanimaakides leidub protsessi kulgemiseks vajalikku isotoopi aatomkaaluga 235, 140 korda vähem kui uraan-238. Isotoopide eraldamine üksteisest on aga erakordselt raske probleem. Erinevus nende vahel on igas suhtes vaevalt märgatav: nad lahustuvad samades vedelikes samasuguselt, neil on peaaegu võrdsed elektrilised ja magnetilised omadused... Kõige „tunduvam“ vahe uraan-235 ja uraan-238 aatomite vahel on kaalu erinevus. Ent ka see pole palju suurem kui üks protsent. Tonnist looduslikust uraanist saadakse usutamatute raskustega ainult 10 grammi uraani-235.

Teiseks tuli lahendada küsimus: kas aatomisest energiat on võimalik juhtida?

Kõikide ühes uraan-235 kilogrammis leiduvate tuumade purunemisel ei eraldu ju mitte vähem energiat kui 15—20 tonni lõhkeaine trinitrotoluooli (trotüüli) plahvatusel, mis on üks tugevaimaist lõhkeaineist. On arusaadav, milline hädaoht tekiks, kui lagunemisprotsessi poleks võimalik juhtida.

Selgus, et ahelreaktsiooni saab reguleerida. Eelkõige ei teki ahelreaktsioon ise kaugeltki mitte igal juhul. Mitte iga neutron ei suuda uraan-235 tuuma purustada. Selleks on võimalised ainult suhteliselt aeglasel neutronid. Jagunevaist uraanituumadest lendavad aga välja niivõrd kiired neutronid, et nad peavad läbima küllaltki pika tee, „tõuklema“ aatomite seas küllaltki kaua, enne kui nende kiirus väheneb vajaliku suuruseni. Kui uraan-235 tükk pole küllalt suur, siis lendavad need kiired



Sattudes uraan-235 tuuma, kutsub neutron esile tema lagunemise kaheks osaks, kusjuures samal ajal tõugatakse välja 2–3 neutronit, mis kutsuvad omakorda esile uraan-235 tuumade jagunemise.

neutronid temast lihtsalt välja, jõudmata teisi uraanituumi purustada. Tuumade jagunemise ahelreaktsioon ei hakka kulgema väikeses tükis.

See protsess võib alata alles sellises uraan-235 tükis, mis on suurem kui teatud kindel suurus, mida nimetatakse „kriitiliseks massiks“. See on mõne kilogrammi raskune. Väiksemad tükid on ohutud. Neid võib täie rahuga säilitada. Ent tarvitseb ainult liita mitu väikest uraan-235 tükki üheks tükiks, mis ületab suuruselt „kriitilise massi“, ja kõik muutub. Enamik tuumast välja lendavaist neutronitest lakkab välja tungimast. Nende tee uraaniaatomite seas pikeneb niivõrd palju, et nad kaotavad liigse kiiruse enne uraaniaatomist väljajõudmist, ning lendavad vältimatult mõne uraani tuuma otsa. Algab ahelreaktsioon.

Mõne hetkega suureneb jagunevate tuumade arv tohutul määral, samal ajal kasvab aga ka vabanenud tuumaenergia hulk. Uraanitüki temperatuur tõuseb peaaegu silmapilkselt fantastiliste suurusteni — üle 20 miljoni kraadi: toimuks nagu väikese tähe plahvatus.

Sellest kunstlikust tähekesest purskavad välja võimsad joad valguse-, soojuste- ja röntgenikiiri, terved valangud neutroneid, prootoneid, elektrone ja positrone, põletades ja hävitades organismide rakke ja kudesid, mida nad oma teel kohtavad, purustades ja muutes kunstlikeks radioaktiivseiks aineiks lähikonnas asetsevaid elutu looduse aineid. Seejärel paiskab tohutu rõhuline, mis ulatub plahvatava tüki sisemuses paljude miljardite atmosfäärideni, selle pisikese tähekesega igasse suunda laiali, ning ahelreaktsioon uraanitüki kildudes katkeb.

Umbes samuti toimub ka aatompommi plahvatus.

Muuseas ei tule sellise plahvatuse tagajärgi üle hinnata. Ameerika propaganda levitas kohe pärast seda, kui 1945. aasta suvel oli jaapani linnadele heidetud kaks aatompommi, kogu maailmas teateid plahvatuste poolt põhjustatud erakordseist purustusist ja määratu suurist ohvrest. Ent peagi selgus huvitavaid üksikasju. Ainult 800 meetri kaugusel ühe plahvatuse kohast asetsees vangla inglise ja ameerika sõjavangidega. 211-st inimesest hukkus plahvatuse tagajärjel ainult 31, ülejäänud, kes olid vanglaõuel, jäid ellu. Purunemine ja tulekahjud tabasid peamiselt kergeid bambusest ja paberist jaapani majakesi, telliskivi- ja betoonhooned aga, mis polnud plahvatuskohast kuigi kaugel, ei saanud peaaegu üldse kannatada, samuti ka nendes olnud inimesed. Siit järeldub, et aatompommi plahvatusel tekkivate radioaktiivsete ja soojuskiirguste vahetu toime piirdub võrdlemisi väikese maa-alaga.

See ei tähenda muidugi, et aatompomm on ohutu mänguasi. Olles kasutatav peamiselt tagalas, mitte aga frondil, võib see massilise hävitamise vahend tekitada elanikkonnale suuri kahjustusi. Seepärast on arusaadav, et kogu eesrindlik ja progressiivne inimkond toetab palavalt seda võitlust, mida nõukogude valitsus peab järjekindlalt ja kõrvale kaldumata, taotledes aatomirelva keelamist ja olemasolevate aatompommivarude hävitamist.

See relv, millega „külma“ ja „kuuma“ sõja pooldajad USA-s ja Inglismaal ähvardavad, ei suuda hukkuvat imperialismi

päästa. Seoses sellega ütles seltsimees Stalin: „Ma ei pea aatompommi nii tõsiseks jõuks, nagu teda kalduvad pidama mõned poliitikategelased. Aatompommid on määratud nõrganärviliste hirmutamiseks, kuid nad ei saa otsustada sõjasaatust, kuna selleks hoopiski ei piisa aatompommidest.“¹

Rahulik tuumaprotsess.

Selline katastroofiline aatomituumade energia vabastamise vorm, mis on kõlvuline teenima peamiselt purustamise ja hävitamise eesmärke, pole mitte ainus.

Tuumaeenergia saamine on võimalik ka rahuliku, kergesti reguleeritava protsessi näol, mis võimaldab teda tööstuse otsustavateks kasutada.

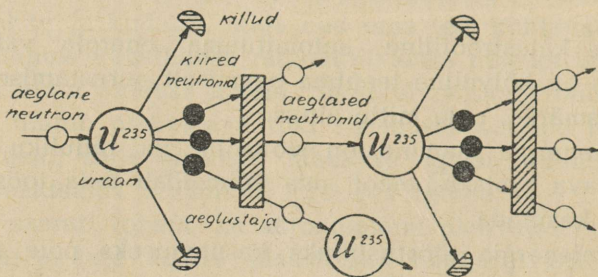
Aatomienergia tööstuslikuks kasutamiseks pole uraaniisotoopide eraldamine vajalik.

Kasutatakse tavalist, looduslikku uraani — uraan-235 ja uraan-238-segu. Seda segu võetakse väga palju — mitu tonni. Ent tavalise uraani tonne on palju kergem saada kui puhta uraan-235 milligramme. Uraanitükid paigutatakse erilistest „neutronite aeglustajast“ koosnevate vahekihtide vahele. Aeglustajaks on ained, mille aatomituumad võtavad kiirete neutronitega kokku põrgates neilt osa liikumisenergiast, nagu piljardimuna, mille paneb liikuma teine piljardimuna, mille liikumise kiirus seejuures järsult väheneb. Tuleb aga valida selline aeglustaja, mille aatomituumad ise suurel hulgal aeglustavaid neutroneid ei neelaks. Kõige parema toimega on selles suhtes niinimetatud „raske vesiniku“ — vesiniku isotoobi — tuumad, mis tavalisest vesinikust erinevalt ei koosne mitte ainult prootonist, vaid prootonist ja neutronist (seetõttu võrdub raske vesiniku aatomkaal 2-ga, olles kaks korda suurem kui tavalisel, „kerge“ vesinikul). Aeglustajana ei tarvitata mitte gaas vesinikku, vaid raske vesiniku ühendit hapnikuga — niinimetatud „rasket vett“ (hapnik siin ei sega — ka tema neelab väga vähe elektrone).

¹ Sm. J. V. Stalini vastused küsimustele, mis „Sunday Times“ Moskva kirjasaatja hr. A. Vert esitas oma kirjas sm. J. V. Stalini nimele 17. sept. 1946. a. („Eesti Bolševik“ nr. 18 1946. a.).

Kuid raske vesi on liiga kallis. Asi seisneb selles, et tavalise vee kilogrammis kaalub raske vee lisand ainult 0,16 grammi, ning teda on väga raske eraldada.

Tuumaprotsessi teostamiseks vajatakse aga terveid tonne rasket vett. Seepärast kasutatakse peale nii kalli aeglustaja veel väga puhast grafiiti. Tõsi küll, grafiit toimib aeglustajana kümneid tuhandeid kordi halvemini kui raske vesi; seepärast



Tuumade jagunemise ahelreaktsioon aeglustaja osavõtul.

vajatakse teda tuumaprotsessi teostamiseks palju rohkem kui rasket vett. See-eest on puhast grafiiti aga ka palju kergem saada kui rasket vett.

Uraani ja aeglustajat tuleb korralikult puhastada, kuna isegi tühised lisandid neelavad palju neutrone ja katkestavad tuumade ahelreaktsiooni täiesti.

Aatomienergia tootmiseks kasutatakse erilist aparati, mida nimetatakse sageli „uraanikatlaks“. See kujutab endast küllaltki suurt konstruktsiooni, milles uraanvarvad vahelduvad aeglustaja vahekihtidega. Kiired neutronid, mis tungivad uraan-235 tuumade jagunemisel välja, sattuvad aeglustaja vahekihti ning kaotavad suurema osa oma kiirusest tema aatomite vahelt „läbi tõugeldes“. Olles läbinud aeglustajakihi, lendavad neutronid — nüüd juba aeglasemalt — uuesti uraanikihti, kohates teel uraan-235 ja uraan-238 tuumi. Uraan-238 tuumades aeglasel elektronid peaaegu ei peatu, ning enamik neist jätkab oma teed, kuni ta lõpuks lendab otsa uraan-235 tuumadele.

Ahelreaktsioon areneb siin märksa aeglasemalt kui puhtas uraan-235-s ning selle reaktsiooni kiirust on võimalik mõõta ja reguleerida. Selleks tarvitatakse erilisi varbu metall kadmiumist. Viimane on tähelepanuväärne selle poolest, et ta neelab aeglasi neutroneid vägagi tugevasti. Kui tuumaprotsess muutub liiga

ägedaks ning see ähvardab kogu uraanikatla aatomisese energia kulul eralduva soojuse abil lubamatult kuumaks ajada ja purustada, siis lükatakse kadmiumvarvad sügavamale katlasse, ning nad tõkestavad tee „liigsetele“ neutronitele. Neutronid jäävad kadmiumituumadesse peatuma ning järelikult ei satu uraanituumadesse. Niiviisi katkestub tuumaprotsess osaliselt, ning katla töö muutub rahulikumaks. Kui aga temperatuuri on vaja tõsta, siis tõmmatakse kadmiumvarvad katlast välja, ning protsess muutub intensiivsemaks.

Eralduva energia võib ära kasutada vee kuumutamiseks, mis muutub aparadi ümber voolates suure rõhumise all olevaks ülekuumendatud auruks. See aatomisese energia asemel saadud aur võib panna käima auruturbiine või muid mootoreid. Uraanikatlas eralduv energia on võimeline auruks muutma hiiglasuuri veehulki.

Ühe kilogrammi uraani lagunemisel eraldub nii palju soojust, et tema abil võib keema ajada 80 tuhat tonni jääkülma vett.

Eriti tähtis on see, et sellise „rahuliku“ protsessi puhul kasutatakse uraanikatlas ära ka uraan-238. Osa kiireid neutroneid tungib veel aeglustajakihini jõudmata uraan-238 tuumadesse, samuti osa aeglasi neutroneid; nad kohtavad ju neid tuumi oma teel 140 korda sagedamini kui uraani-235. Tekib uraan-239. Ent me teame juba, et uraan-239 ei püsi, vaid muutub algul element neptuuniumiks, seejärel aga — plutooniumiks.

Selgub, et ka plutoonium käitub aeglaste neutronite suhtes peaaegu samuti kui uraan-235. Ka plutooniumi tuum jaguneb pooleks, ning seejuures vabaneb samasugune määratu suur hulk tuumaenergiat ning lendab välja niisama palju uusi neutroneid — edasise tuumaprotsessi algatajad, nagu uraan-235 jagunemiselgi.

Uraan-238 tõmbamine tuumaprotsessi kergendab erakordselt aatomisese energia tootmist. Looduslikku uraani 140 korda paremini ära kasutada — see on juba midagi väärt!

Kui aatomisest energiat ei vajata mitte energijaamade jaoks, vaid mõne hiigellõhketöö jaoks, näiteks suurte polaarmeraalade puhastamiseks jääst või teede läbimurdmiseks kaljumägedes, — siis pole ka sel puhul uraani isotoope vaja üksteisest eraldada. Uraan-235 asemel võib tarvitada uraan-238-st saadud plutooniumi. Eraldada plutooniumi tema segust uraaniga on aga märksa kergem kui eraldada üksteisest uraani isotoope.

Plutoonium on ju hoopis teine keemiline element ja erineb uraanist paljude omaduste poolest.

Kui „rahulik“ tuuma ahelreaktsioon uraanikatlas ka ei oleks, saadab teda alati raadiumi enese kiirtest miljoneid kordi võimsamate radioaktiivsete kiirte levimine. Et kaitsta katelt teenidavaid inimesi radioaktiivse kiirguse eest, ümbritsetakse katel paksu betoonkattega ning teostatakse kõik uraani sisse- ja väljalaadimisega ning kadmiumivarbade sisselükkamise ja väljatõmbamisega seotud operatsioonid, samuti ka kogu protsessi kontroll automaatsete aparatuuride abil, mida juhitakse kaugelt.

Ilma Päikese abita.

Uraani lagunemisel eraldub miljon korda rohkem energiat kui sama suure süsinikuhulga ärapõlemisel. Üks kilogramm uraani annab niisama palju energiat kui 1 700 000 kilogrammi bensiini. Siit selgub, kui suurt kasu tõotab tuua aatomisisese energia kasutamine tööstuslikeks otstarbeiks.

Kõik energialiigid, millega inimesel oli seniajani tegu, on lõppkokkuvõttes pärit Päikese energiast. Päikesekiired panevad liikuma õhumassid maapinna kohal, tekitades selle, mida me nimetame tuuleks. Päikesekiired aurustavad ookeanide vee, luues pilvi ja äikesepilvi, millest oleneb veevoolude — jõgede — veerohkus. Päikesekiired varustasid soojuse ja valgusega kummalisi eelajaloolisi taimi, mis aja jooksul muutusid turbaks ja söeks. Tuule ja vee energia ning küttaaine soojusenergia — see kõik on lõppkokkuvõttes kauge Päikese energia.

Ent kus on Päikese enese energiaallikas?

Tänapäeva teaduse oletuste järgi saab Päike oma energia aatomituumade muundumisprotsesside kulul. Päikese energia on aatomisisene tuumaenergia. Ainult nii võimas allikas võib pidevalt anda paljude miljardite aastate jooksul neid tohutuid energiahulki, mis Päike maailmaruumi kiirgab.

Niisiis on kogu energia, mida me seniajani oleme kasutanud, lõppkokkuvõttes aatomisisene energia, tuumaenergia. Kuid ainult lõppkokkuvõttes, sest Päikesel eralduv aatomisisene energia läbib terve rea vahepealseid etappe, enne kui ta meie mootoreis ära kasutatakse.

Tuumaenergia eraldub Päikese sügavusis. Kiirgusenergiaks muundunult jõuab ta Maale. Siin kasutavad rohelised taimed oma kasvu jaoks temast tähtsusetu osa. Taimejäänuste põletamisel eraldub see energia soojuse näol ja me tarvitame teda selleks, et muuta vett auruks. Aurumasinais muundub soojusenergia mehaaniliseks energiaks. Tema jõul pannakse käima dünamod, mis annavad hõlpsasti kasutatavat elektrienergiat.

Selle pika ahela iga lüli on seotud määratu suurte energiakadudega. Piisab sellest, kui öelda, et rohelised taimed ei kasuta ära mitte rohkem kui mõned sajandikud kogu Maale langevast päikeseenergiast.

Minnes mööda teed, millest kõneles juba Mendelejev, andis tänapäeva teadus võimaluse vahetult ära kasutada tuumaenergia meie juures, Maal.

Kõige vähemtasuvad ahela lülid kõrvaldatakse seejuures täielikult. Tuumaenergia, mis eraldub uraani ja plutooniumi purustamise aparaatides, muudab vee vahetult suure rõhumise all olevaks auruks, mis jõuab elektrijaamade turbiinidesse.

Edaspidi avastatakse kindlasti veelgi lihtsamaid energeetilisi ahelaid. Tänapäeva teaduse poolt saavutatud edusammud lubavad loota, et inimkond suudab tulevikus ära kasutada mitte ainult selle aatomisise energia, mis on saadud uraani ja plutooniumi jagunemisprotsesside tulemusena, vaid ka selle, mis on saadud teiste, energeetilises suhtes veelgi kasulikumate protsesside tulemusena.

Leitakse meetodid tuumaprotsesside vahetuks kasutamiseks uut tüüpi mootoreis. Sellised mootorid võivad töötada aastate kaupa ilma energeetilise materjali korduva lisamiseta. Uhe kilogrammi uraan-235 tuumaenergiast piisab 25 000-hobujõulise võimsusega mootoriga lennuki seitsmeaastaseks vahemaandumiseta lennuks. Aatomisise energia abil töötavad reaktiivmootorid annavad võimaluse inimese sajanditepikkuse unistuse — planeetidevaheliste teekondade — täidesaatmiseks.

Paljud teised probleemid, mis näivad praegu fantastilistena, näiteks ilmastiku valitsemine, muutuvad pärast aatomisise energia lõplikku alistamist täiesti reaalseiks. Samal ajal lahenduvad ka arstiteaduse tähtsad probleemid. Rahuliku tuumareaktsiooni kulgemisel tekkivate kõrvalsaaduste hulgas on nii palju kunstlikke radioaktiivseid aineid, et iga haigla varustamine

nende hinnalisimate vähi ja teiste raskete haiguste arstimise vahenditega ei ole siis raskem kui haiglate varustamine joodiga, sidemetega või vatiga.

Nõukogudemaa hüvanguks.

Kapitaliste ei huvita üldse aatomisese energia kasutamine rahulikeks eesmärkideks. Sõe ja nafta leiukohtade, raudteede ja aurikute omanikud kardavad, et aatomituuma energia kasutuselevõtmine jätab nad ilma kütteainete tootmiselt ja veolt saadavaist kasudest. Kapitaliste ei huvita see, et aatomisese energia kasutuselevõtmine kergendaks tööliste tööd ja suurendaks kõigi töötajate heaolu.

Ammu ja tagasipöördumatult on möödunud need ajad, mil noor arenev kapitalism andis tõuke teaduse ja tehnika edasilükkumisele, ning sundis keemiat heitma eneselt temale kitsaks jäänud alkeemia mähkmed, toetades võitlust keskaja igandite vastu. Tänapäeva kapitalism — imperialism —, mis mandub ja oma elu viimseid päevi elab, on juba ammugi muutunud teadusele piduriks, eesrindlike tehniliste ideede hukutajaks. Imperialistid püüavad inimteenuse suurepäraseid saavutisi, mis on võimelised tõstma paljumiljoniliste rahvamasside kultuuri ja heaolu, kasutada ära ainult oma kasu jaoks, inimvaenulikel eesmärkidel. Ning pole ime, et kapitalistlikes maades pühendatakse tähelepanu aatomisese energia kasutamisele ainult sõjaliseks otstarbeks — aatompommide tootmiseks. Kapitalistlike maade reaktsioonilised ringkonnad ning eelkõige ameerika imperialistid, kes fašistliku Saksamaa purustamisest pole nähtavasti midagi õppinud, hellitavad unistust ülemvõimu vallutamisest kogu maailmas aatompommide abil. „Teatavasti on Ameerika Ühendriikide ekspansionistlikes ringkondades,“ ütles seltsimees V. M. Molotov oma kõnes Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsiooni kolmekümnenda aastapäeva puhul, „levinud uus omapärane religioon: oma sisejõududes mitteuskumise juures usk aatompommi saladusse, kuigi seda saladust pole enam ammu olemas. Nähtavasti vajavad imperialistid seda usku aatompommisse, mis teatavasti on mitte kaitsevahend, vaid kallal tungirelv.“

Hoopis teisiti suhtub tuumaenergia kasutamise probleemi suur Nõukogude Liit. Meie maal üles ehitatud sotsialism kind-

lustas nii hooga teaduse ja tehnika arengu, millest kapitalism ei näinud oma parimail aastail undki. Kommunistlik partei ja nõukogude valitsus pühendavad suurt tähelepanu kõigele, mis võib kergendada tööliste tööd, tõsta meie maa rahvamajanduse taset ja suurendada nõukogude inimeste heaolu.

Jäädes kindlalt oma rahuarmastava poliitika juurde, tegi nõukogude valitsus esimesena kõigile maadele ettepaneku keelata aatomrelva kasutuselevõtt, hävitada olemasolevad aatompommide varud ja keskendada tähelepanu aatomisese energia rahulikult otstarbel kasutamise küsimustele.

Nõukogude tööliste, tehnikute, inseneride ja teadlaste ees seisavad vastutusrikkad probleemid aatomisese energiaga seotud küsimuste uurimise alal tööstuse ja transpordi huvides. Ning need probleemid lahendatakse. Selles veenab meid kogu teaduse arengu ajalugu meie maal.

Vene teadlane Lomonossov muutis esimesena maailmas aatomõpetuse lihtsad oletused tõeliseks, rangelt põhjendatud teooriaks — teadusliku uurimistöö tööriistaks. Suur teadlane avastas ühe tänapäeva loodusteaduse tähtsaimast seadusist — massi ja energia jäävuse ühtse seaduse.

Vene teadlane Butlerov juhtis esimesena maailmas tähelepanu aatomite jagatavusele ja purustatavusele ning ennustas isotoopide olemasolu.

Vene teadlane Mendelejev avastas aatomite põhiseaduse — perioodilisuse seaduse, ning ennustades, et aatomite lagunemise ja tekkimisprotsessides peab muutuma ka nende energia, juhataks kätte ka tee selle energia vallutamiseks.

Nõukogude teadlased kannavad auga teadusliku progressi lippu. Lomonossovi, Butlerovi ja Mendelejevi ideede pärijaina püstivad ja lahendavad nad ülikeerukaid probleeme looduse alustamise alal ja loodusjõudude rakendamise alal nõukogude inimese teenistusse. Piisab vihjamisest kas või ainult D. D. Ivanenko töödele, kes lõi tänapäeval kogu maailmas vastuvõetud aatomituuma ehituse neutroni-prootoni-teooria.

Esinedes 9. veebruaril 1946. aastal Moskva linna Stalini valimisringkonna valijate valimiseelsel koosolekul, tõstis nõukogude rahva suur juht J. V. Stalin teiste tähtsate ülesannete seas esile mitmesuguste teadusliku uurimistöö instituutide rohkearvulise ehitamise, mis annab teadusele võimaluse oma jõudude väljaarendamiseks.

„Ma ei kahtle selles,“ ütles seltsimees Stalin, „et kui me osutame vajalikkudele meie teadlastele, siis suudavad nad lähemal ajal mitte ainult järele jõuda teaduse saavutustele väljaspool meie maa piire, vaid need ka ületada.“

Pole mingit kahtlust selles, et nõukogude teadlased õigustavad partei, valitsuse ja kogu nõukogude rahva usaldust ning rakendavad aatomisese energia meie maa rahvamajanduse teenistusse, kommunistliku ühiskonna ehitamise teenistusse, suure nõukogude rahva hüvanguks.

Mitte asjata ei öelnud V. M. Molotov: „Ka meil on kord aatomienergia ja paljugi muud.“

Lõppkokkuvõte.

Meie suur õpetaja Vladimir Iljitš Lenin kõneles sellest, et teaduse eesmärgiks on anda õige pilt maailmast. Teel selle õige pildi loomise poole läbib teadus arvukad astmed. Ta hangib esialgu ainult osalisi, suhteliselt õigeid tõdesid, millest järkjärgult kujuneb absoluutne tõde, s. o. õige kujutus loodusest, õige pilt maailmast.

Mida kaugemale sammub teadus oma arenguteel, mida täielikumalt ja täpsemalt ta tunnetab looduseadusi, seda võimsamaks muutub inimene. „...Niikaua kui me ei tunne looduseadust,“ kirjutas Lenin, „teeb ta, eksisteerides ja toimides ilma meie tunnetuseta ja väljaspool meie tunnetust, meid „pimedada paratamatuse“ orjadeks. Aga niipea kui oleme tundma õppinud seda seadust, mis toimib (nagu Marx tuhandeid kordi on korranud) sõltumatult meie tähtest ja meie teadvusest, oleme me looduse isandad. Looduse üle valitsemine, mis avaldub inimeso praktikas, on looduse nähtuste ja protsesside objektiivselt õige peegelduse tulemus inimese peas, on selle tõenduseks, et see peegeldus (selle piirides, mis praktika meile näitab) on objektiivne, absoluutne, igavene tõde.“

Üheks sellistest seadustest, mis kujutavad endast loodusnähtuste ja looduse protsesside õiget peegeldust, objektiivset, absoluutset, igavest tõde, on Mendelejevi perioodilisuse seadus.

Perioodilisuse seaduse avastamine oli aineid ja nende muundumisi käsitleva teaduse sajanditepikkuse arengu tulemuseks. Samal ajal oli ta ka teaduse uueks hiigelhüppeks edasi. Hõlmates haruldaselt laia loodusnähtuste valdkonda, tungis Mendelejevi seadus ka nende varjatuimasse olemusse. Ta tõi nähtavale ja peegeldas tihedaimat sõltuvust aatomeist ehitatud liht- ja liitainete omaduste ja aatomite eneste omaduste, nende põhiliste iseloomulike omaduste — tuumade laengu ja kaalu ning elektronkestadete ehituse — vahel.

Mendelejevi seadus kinnitab üht dialektilise materialismi — looduse tunnetamise ainuõige teadusliku meetodi — põhiteesi, kvantiteedi hüppeliselt kvaliteediks ülemineku seadust.

Mendelejevi perioodilisuseseaduse sellele küljele pööras tähelepanu juba Friedrich Engels, kes kirjutas: „Me teame nüüd, „et elementide keemilised omadused on aatomkaalude perioodiliseks funktsiooniks“ ... et nende kvaliteet on järelikult tingitud nende aatomkaalu kvantiteedist. Seda on õnnestunud hiilgavalt tõestada. Mendelejev tõestas, et aatomkaalude järgi järjestatud sugulaselementide ridades on mitmesuguseid lünki, mis viitavad sellele, et siin peab veel uusi elemente avastatama. Ta kirjeldas ette ühe sellise tundmatu elemendi omadused ... ning ennustas ligikaudselt tema erikaalu ja aatomkaalu ja tema aatomiruumala. Mõni aasta hiljem avastas Lecoq de Boisbaudran tõesti selle elemendi, ning selgus, et Mendelejevi ennustused läksid täide väga tühiste kõrvalekaldumistega.“

Hõlmates ja õieti peegeldades avara loodusnähtuste valdkonna olemust, sai Mendelejevi seadus üheks teadusliku tunnetuse peamistest tööriistadest.

Perioodilisuseseadus aitab tungida nende protsesside saladusse, mis toimuvad sügaval Päikese ja tähtede sisemuses. Ta lõi seal toimuvast ühtede aatomituumade lagunemisest ja teiste tekkimisest — keemiliste elementide muundumisest — kujutluse kui elementide rändamisprotsessidest Mendelejevi tabeli ühest ruudust teise. See võimaldas teoreetiliselt läbi uurida selliste protsesside võimalikke suundi ja seejuures välja arvutada eralduva aatomienergia hulka.

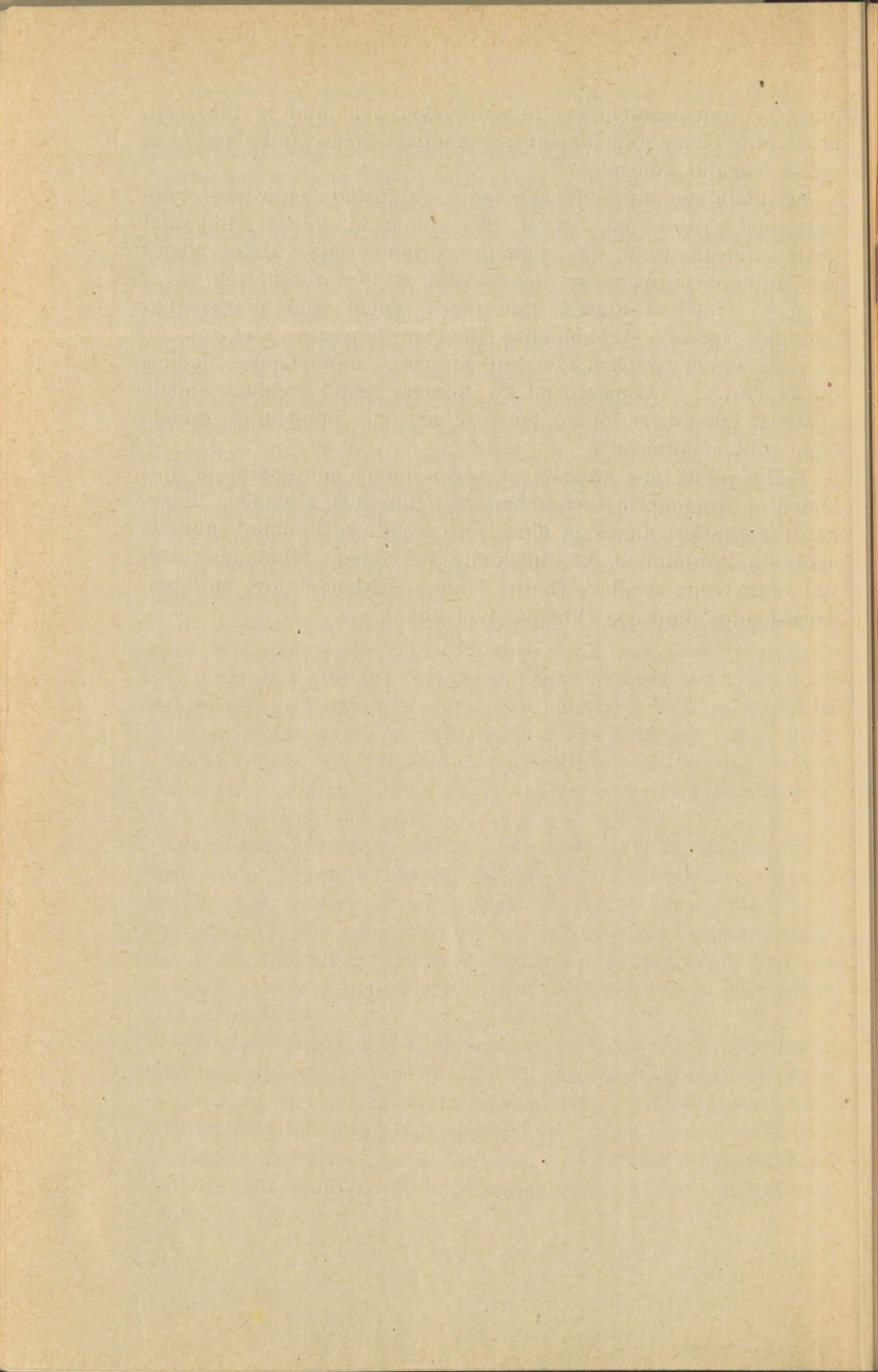
Perioodilisuseseadus annab võimaluse jälgida mitmesuguste elementide aatomite saatust taevakehade jahtumisprotsessis, nende kattumise protsessis kristalsete mäekivimite kõva koorega. Ta juhatab kätte nende aatomite ümberpaigutamise, nende ringkäikude võimalikud suunad, mis toimuvad looduses pidevalt suurema või väiksema kiirusega suuremas või väiksemas mõõtkavas.

Perioodilisuseseadus aitab lahendada kõige mitmesugusemaid tehnilisi probleeme, mis on seatud parimate materjalide väljalimimisega ja nende õietikasutamisega. „Mendelejevi tabel määrab tehnilise progressi uusi suundi,“ ütles tuntud nõukogude teadlane akadeemik A. E. Fersman, „ta heidab valgust seadusele, millele allub metallide jaotus maakera kooses, nende haju-

mine ja kontsentratsioon. Ta soodustab otsinguid ja uurimusi, ütleb ette elementide ühendite omadusi, annab tõuke tehnilise mõtte edasilükkamisele.“

Mendelejevi perioodilisuse seadus valgustab teaduslike otsingute teed ka edaspidi: Ta on juba viinud aatomi varjatud saladuste avastamisele ja aidanud orienteeruda ülikeerulistes aatomituuma purustamise protsessides, mille uurimine tegi revolutsiooni loodusteaduses, kinnitades samal ajal marksistlik-leninliku looduse tunnetamise õpetuse õigsust. „Elektron on niisama a m m e n d a m a t u kui aatomgi,“ ütleb Lenin, „loodus on lõpmatu...“ Lõpmatu on ka inimese püüd loodust endale alistada, lahendada lõpuni tema saladused, joonistades endale õiget pilti maailmast.

Sellel pildil, mis hõlmab materia ruumis piiramatu ja ajas lõpmatu arenguprotsessi kosmoses leiduvaist alamaist, lihtsamaist vormidest alates ja elusoleste maailmas ilmunud mõtlema materia kõrgeimate, keerulisimate vormidega lõpetades, asetseb suure vene teadlase Dmitri Ivanovitš Mendelejevi perioodilisuse seadus õigusega silmapaistval kohal.



Sisukord.

	Lk.
1. peatükk. Teaduse sünn	3
2. peatükk. Tuli ja keemia	14
3. peatükk. Saladuslike „mateeriate” vastu	26
4. peatükk. Lomonossovi seadus	47
5. peatükk. Flogistoniteooria lõpp	58
6. peatükk. Teaduste alusmüür	78
7. peatükk. Viimane lüli	91
8. peatükk. Mendelejevi seadus	117
9. peatükk. Mendelejevi arv	141
10. peatükk. Aatomi sügavustes	161
Lõppkokkuvõte	193

24

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880

*Vastutav toimetaja R. Siirak.
Kaane kujundus H. Rooneem.
Kunstiline toimetaja A. Koemets.
Tehniline toimetaja E. Lellep.*

Ladumisele antud 2. II 1951. Trükkimisele antud 14. III 1951. Trükiarv 2500. Paber 60 × 92, ¹/₁₆. Trükipoognaid 12,5 + lisa 0,25. Arvutuspoognaid 10,83. MB-03310.

Trükikoda „Hans Heidemann“, Tartu, Vallikraavi 4. Tellimise nr. 458.

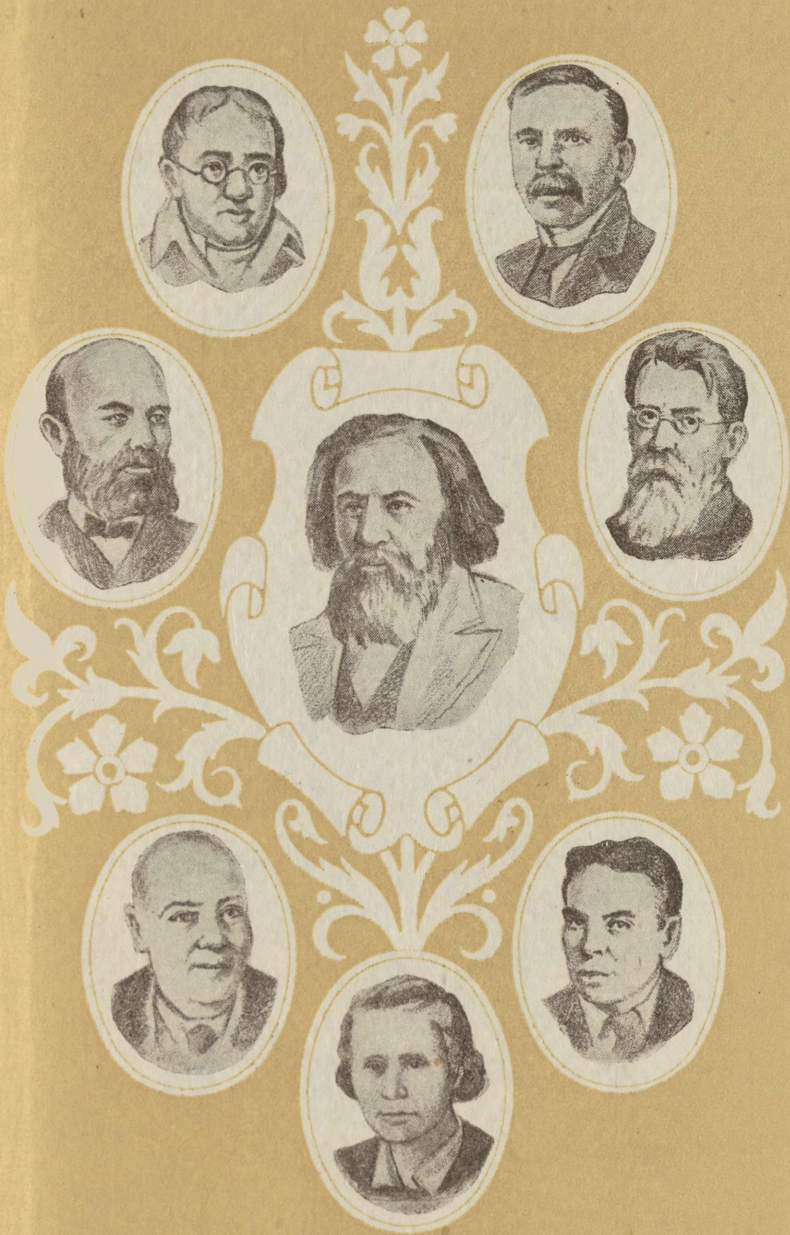
На эстонском языке.

Hind rbl. 5.55

12



4



Rbl. 5.55

A

18895

17275

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00448188 5

Rbl. 5.55

A

18895

17275



1 0300 00448188 5

B. Stepanov SUURE SEADUSE AJALUGU

A-18895 II



B. Stepanov

SUURE SEADUSE AJALUGU



Read	ELEMENTIDE RÜHMAD										
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	—	Vesinik H 1,008	—	—	—	—	—	—	—		
2	Heelium He 4,0	Liitium Li 7,03	Berüllium Be 9,1	Boor B 11,0	Süsinik C 12,0	Lämmastik N 14,01	Happik O 16,00	Fluor F 19,0	—		
3	Neoon Ne 19,9	Naatrium Na 23,05	Magneesium Mg 24,36	Alumiinium Al 27,1	Räni Si 28,2	Fosfor P 31,0	Väävel S 32,06	Kloor Cl 35,45	—		
4	Argon Ar 38	Kaalium K 39,15	Kaltsium Ca 40,1	Skandium Sc 44,1	Titaan Ti 48,1	Vanaadium V 51,2	Kroom Cr 52,1	Mangaan Mn 55,0	Raud Fe 55,9	Koobalt Co 59	Nikkel Ni (Cu) 59
5	—	Vask Cu 63,6	Tsink Zn 65,4	Gallium Ga 70,0	Germaanium Ge 72,5	Arseen As 75	Seleen Se 79,2	Broom Br 79,95	—	—	—
6	Krüntoon Kr 81,8	Rubiidium Rb 85,5	Strontsium Sr 87,6	Ütrium Y 89,0	Tsirkoonium Zr 90,6	Noobium Nb 94,0	Molübdeen Mo 96,0	—	Ruteenium Ru 101,7	Roodium Rh 103,0	Pallaadium Pd (Ag) 106,5
7	—	Hõbe Hg 107,93	Kadmium Cd 112,4	Indium In 115,0	Tina Sn 119,0	Antimon Sb 120,2	Telluur Te 127	Jood J 127	—	—	—
8	Ksenoon Xe 128	Tseesium Cs 132,9	Baarium Ba 137,4	Lantaan La 138,9	Tseerium Ce 140,2	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Ütterbium Yb 173	—	Tantaal Ta 183	Volfram W 184	—	Osmium Os 191	Iriidium Ir 193	Plaatina Pt (Au) 194,8
11	—	Kuld Au 197,2	Elavhõbe Hg 200,0	Tallium Tl 204,1	Seatina Pb 206,9	Vismut Bi 208,5	—	—	—	—	—
12	—	—	Raadium Rd 225	—	Toorium Th 232,5	—	Uraan U 238,5	—	—	—	—
	R	R ² O	RO Kõrgemad gaasitaolised vesinikuhapendid	R ² O ³ Kõrgemad soolataolised hapendid	RO ² RH ⁴	R ² O ⁵ RH ³	RO ³ RH ²	R ² O ⁷ RH	RO ⁴		

D. Mendelejev
1869 - 1905

D. I. Mendelejevi perioodilisusesüsteem sel kujul, nagu ta ilmus „Keemia aluste“ viimases trükis tema eluajal.