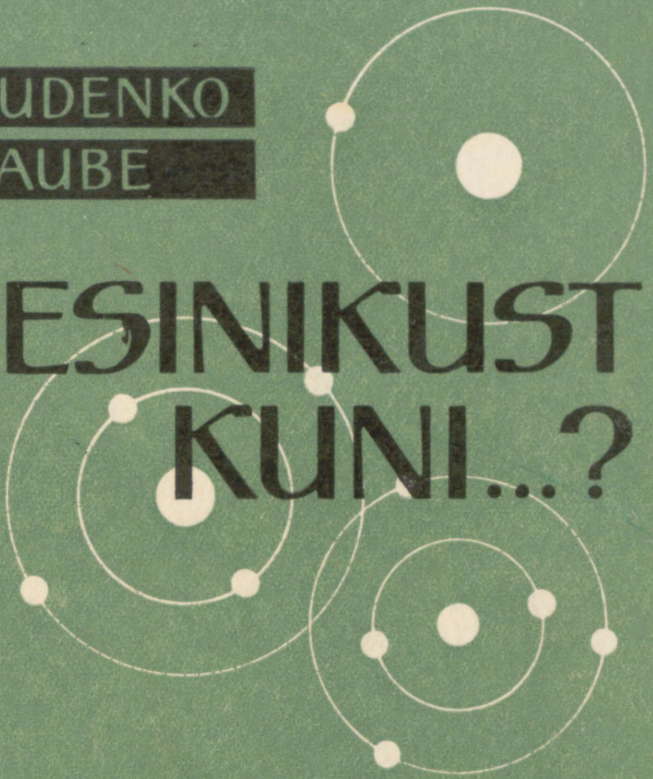
J. RUDENKO
P. TAUBE

VESINIKUST KUNI...?



4499

ARH A-27792

P. TAUBE, J. RUDENKO

VESINIKUST KUNI...?



4481

Tartu Ülikooli Raamatukogu
ARHIIVKOGU

KIRJASTUS «VALGUS» * TALLINN 1966

Originaali tiitel:
П. Р. Таубе, Е. И. Руденко
ОТ ВОДОРОДА ДО . . . ?
Издательство «Высшая школа»
Москва 1964

Tõlkinud *Õ. Karask*
Kõite kujundanud *E. Tali*

Tartu Ülikooli Raamatukogu
ARHIIVKOGU

EESSÕNA EESTIKEELSELE VÄLJAANDELE

Käesoleva raamatu kolm venekeelset väljaannet, mis on ilmunud viimase viie aasta jooksul, erinevad mitte ainult pealkirja, vaid eelkõige mahu ja sisu poolest. See on tingitud faktide kiirest kuhjumisest keemias, keemiliste ainete kasutamisalade harukordsest laienemisest, uute ja ootamatute omaduste leidmisest, silmapaistvatest avastustest, mis nõuavad mitte ainult vanade seisukohtade, vaid ka traditsiooniliste terminite otsustavat revideerimist.

Kaks aastat tagasi ei kutsunud väide nullrühma elementide täieliku keemilise inertsuse kohta esile mitte mingisuguseid kahtlusi ning oli niisama harilik nagu määratlus ise — «inertsed» gaasid. Praegu on teada rohkem kui kolmkümmend «inertsete» gaaside keemilist ühendit, millel on kindel keemiline koostis.

Lantaanirea elementide haruldased ja üliharuldased ühendid määrasid paljudel juhtudel tervete tehnikaharude edasise progressi. Pooljuhid muutsid sidevahendite konstruktsioone, keemiamasinatööstuses kerkisid esiplaanile titaan, tantaal ja uued polümeersed ühendid. See ei ole kaugeltki täielik faktide ja sündmuste loetelu, mis põhjustasid raamatu pideva ümbertöötamise.

Veelgi keerukam oli raamatule pealkirja leidmine. Esimese väljaande ilmumise momendiks oli teada ainult sada üks elementi, ning raamatu pealkirjaks sai «Sada üks». Vaevalt möödus kaks kuud, kui ilmus teade elemendi nr. 102 sünteesist, mis kiiresti «ristiti» nobeeliumiks.

Teise väljaande pealkiri oli «Vesinikust kuni ... nobeeliumini?» Küsimärk lõpus pidi autorite arvates tähendama otsingute jätkamist ja teadlaste kahtlusi selle kohta,

kas elemendi nr. 102 nimetus on seaduspärane. Trükikojas kestis alles töö teise väljaande trükkimisel, kui ajakirjade ja ajalehtede veergudel ilmus teade järjekordsest sensatsioonist — avastati element nr. 103, ning see nimetati lavrentsiumiks. Kuigi elementidel nr. 102 ja 103 ei olnud veel ametlikke nimesid, sai meie raamatu slovakikeelse tõlke pealkirjaks «Vesinikust lavrentsiumini».

Arvestades, et kirjastuse tempo jääb maha teaduse võidukäigust, ilmus kolmas väljaanne lühikese nimetuse all «Vesinikust kuni . . .?». Mõttepunktid võimaldavad juurde kirjutada uusi elemente, mille aatomeid arhitektid-füüsikud meisterlikult ehitavad mitmesugustel kiirendajatel tuumareaktsiooni laboratooriumides.

Eestikeelne väljaanne erineb palju viimasest, kolmandast väljaandest. Raamat on põhiliselt ümber töötatud ja täiendatud peaaegu poole võrra. On ära märgitud inertsete gaaside inertsuse suhtelisus ja uuesti kirjutatud peatükid lantaniidide ja transuraansete elementide kohta. Püüdes kaasaja «alkeemikutega» sammu pidada, andsime väärilise koha kõige uuematele elementidele nr. 101, 102 ja 103 ning muidugi ka kõige nooremale — saja neljandale elemendile.

Pideva ümbertöötamise ja teksti parandamise põhjuseks olid mitte ainult teaduslikud andmed, vaid ka lugejate kirjad, mille arv lakkamatult kasvab.

Raamatu ilmumine teise rahva keeles on igale autorile rõõmustavaks sündmuseks. Me oleme selle üle kahekordselt rõõmsad, sest loodame kohata mitte ainult teadmishimulisi lugejaid, vaid ka uusi nõudlikke ja heasoovlikke kriitikuid, kelle arvamust me peame kalliks.

P. R. Taube
Pensa

J. I. Rudenko
Astrahan

Detsember 1964. a.

LUGEJALE

Käesolev raamat ei ole kütkestav romaan, teaduslik traktaat ega ka käsiraamat, vaid jutustuste kogumik keemilistest elementidest, s. o. aatomite liikidest, millest koosnevad tähed ja planeedid, maa, vesi, õhk, taimed, loomad ja meie ise.

Need on jutustused keemilistest elementidest, millel on kindel koht suure vene keemiku, Dmitri Ivanovitš Mendelejevi poolt loodud perioodilisuse süsteemis. Selles looduslikus süsteemis on võimalik koha järgi, mis on ühel või teisel elemendil, määrata mitte ainult elemendi keemilisi ja füüsikalisi omadusi, vaid ka teiste elementidega moodustunud ühendite koostist ja omadusi.

Enne jutustusi elementidest on sissejuhatus. Selles on lühidalt antud materialistlike vaadete arengu ajalugu.

Autorid püüdsid võimaluse piirides esitada iga jutustuse iseseisvana ja lõpetatuna.

Raamat võib eriti kasulik olla keemia üldkursuse õppimisel keskkooli vanemate klasside õpilastele ja kõrgemate õppeasutuste üliõpilastele, kellel keemia ei ole põhierialaks. Iga jutustus on sel juhul omapäraseks illustratsiooniks neile, mõnikord küllalt kuivadele õpiku lehekülgedele, mille lugemine on ette nähtud programmis ja õppeplaanis.

Iga teadmishimuline lugeja võib ühes või teises jutustuses leida talle veel teadmata andmeid teda huvitava elemendi kohta. Juhul kui need andmed laiendavad lugeja silmaringi, on autorite ülesanne, mille nad püstitasid raamatu koostamisel, täidetud.

VENE KEEMIKU SUUR SEADUS



Iga inimese elus, kel isegi ei ole suhteid teadusega, on selliseid hetki, mil ta tahtmatult süveneb mõtisklustesse maailma ehituse saladuste üle. See sünnib peaaegu alati siis, kui inimene, nagu öeldakse, satub silm silma vastu looduse rahuliku ülevusega. Nii on see praegu, nii oli ka minevikus.

Mida grandioossem on looduspilt, seda tugevamini köidab see inimese tähelepanu, seda sagedamini peatab inimene sellel oma pilgu ja tähelepanu, ning läheb vähehaaval passiivselt kaemuselt üle aktiivsele vaatlusele ja uurimisele. Sellepärast ongi tähistaeval, kõige grandioossemal kõikidest igavese looduse piltidest, peatunud juba ammust ajast mõtleva inimese pilk.

Tumesinine, peaaegu must öise taeva kuppel loendamatu hulga vilkuvate, suurte ja heledate, väikeste ja tuhmide tähtedega, kord üksikute, kord fantastilisteks kujunditeks koondatud tähekogudega, mis on läbi lõigatud Linnutee laia lindiga, mille udusse on koondunud tohutu hulk meie nägemistaju piiril olevaid tähti, tekitab omapärase üleva mulje.

Tahtmatult libiseb pilk mööda öise taeva sügavusi ühelt tähelt teisele, ühelt universumi avarustesse kadunud maailmalt teisele, grupeerides neid korrapärasteks tähekogudeks, millest paljud on tuntud igale inimesele. Me ei räägi Kuust, mida on ülistanud ja luules kiitnud kõikide aegade ja rahvaste poeedid. Me ei räägi Päikesest, mis annab meile valgust, soojust ja elu. Me räägime tähistaevast, mis on köitnud juba kaugetest aegadest inimese tähelepanu.

Vabanedes igapäevase leiva ja elu pisimuredest, on inimene iidsest ajast peale püüdnud mõttes tungida maailma ehituse sügavusse, mitte ainult vaadates, vaid vaa-

deldes, mitte ainult vaimustudes, vaid püüdes aru saada mõningatest maailma ehituse saladustest. Millest ja millisest ainest koosnevad inimest ümbritsevad kehad, tema ise, kogu universum — see oli üheks esimeseks küsimuseks, mis tekkis inimese peas.

Vastused sellele küsimusele, mis olid küll vastavuses oma aja eesrindlike kujutlustega, näivad meie päevil naiivsetena. Nii näiteks muistsed egiptlased, kelle kogu materiaalne heaolu ja ka elu ise sõltus Niiluse üleujutustest, ning kes ei küündinud oma loodusetunnetuses veel natuurfilosoofia esimeste astmeteni, pidasid ikkagi vett kogu looduse algeks, mida tõendab kiri muistse katedraali seinal: «Vesi sünnitas kõik elava, kõik tekib veest.» Ka Vana-Kreeka filosoof-materialist Tales Mileetosest (624—547. a. e. m. a.) pidas vett kõikide asjade algeks.

Vee laialdane levik looduses ja selle tohutu kontsentreerumine (mered, ookeanid) ning hädavajalikkus inimese, loomade ning taimede eluks olid aluseks sellele, et mõte veest kui maailma algest võimutses kaua aega filosoofide ja teadlaste mõistuses.

Antiikaja teine teadlane Anaksimenes (585—528. a. e. m. a.) pidas kõikide asjade algeks õhku, mille tihenemisest tekkisid tema arvates pilved, neist aga vesi, maa ja kõik ülejäänud looduse kehad. Õhu hõrenemisest tekkis aga tuli. Antiikdialektika rajaja filosoof Herakleitos (530—470. a. e. m. a.) nägi kõikide asjade algainet tules. Tulest tekkis kunagi Päike, tähed, kogu universum, mis Herakleitose õpetuse järgi muutub lõpmata pika aja möödumisel tuleks ning annab alguse uuele maailmale. Nii jääb igavesti, kinnitas Herakleitos, nii nagu on igavene mateeria ja tema liikumine. «... Ühtne maailm ... oli, on ja jääb igavesti elavaks tuleks, mis seaduspäraselt süttib ja seaduspäraselt kustub ...,» õpetas Herakleitos.

Filosoof Ksenofanes (565—473. a. e. m. a.) pidas algaineks maad, milles tekib kõik ja milleks muutub kõik.

Ent antiikaja teadlaste hulgas oli levinud ka vaade, millele vastavalt arvati, et universum ei koosne ühest, vaid mateeria mitmetest lihtsatest liikidest. Algainete või «elementide» arv määrati muistsete hindude seisukohalt kindlaks paaritute arvudega 3, 5, 7. Hiina käsikirjades räägiti universumi viiest koostisosast: veest, maast, puust, metallist ja tulest.

Antiik-Kreeka filosoof-materialist, väljapaistev poliitikategelane, oraator, poeet ja arst Empedokles Akragasest väitis samuti, et universum on ehitatud mateeria mitmest põhiliigist. Arendades edasi õpetust igavesest mateeriast, oletas ta, et mateeria «juurteks» on vesi, maa, tuli ja õhk, mille erinevatest kombinatsioonidest koosnevad kõik looduse kehad, kogu universum.

Empedoklese õpetust universumi neljast «juurest» muudeti põhjalikult Aristotelese poolt (384—322. a. e. m. a.). Aristoteles asendas Empedoklese materialistliku looduskäsitluse idealistliku kujutlusega kehade põhiomaduste kohta, mida ta nimetas «printsiipideks». Niisuguseid «printsiipe» oli Aristotelesel neli: soojus, külmus, kuivus, niiskus. Ta kinnitas, et kõik looduse kehad koosnevad nende «printsiipide» erinevatest kombinatsioonidest, kusjuures liitumisest kahekaupa moodustuvad nende kõige puhtamad kandjad — «elemendid»: maa = kuivus + külmus, vesi = külmus + niiskus, õhk = soojus + niiskus, tuli = soojus + kuivus. Aristoteles seletas looduse kehade erinevust sellega, et ühtedes kehades on rohkem niiskust, teistes rohkem soojust jne. Sel viisil lahutati aine omadused ainest ja muudeti nad maailma põhielementideks. Peale selle juhib põhiomadusi Aristotelese õpetuse järgi mingisugune mittemateriaalne jõud, mida ta nimetas «viiendaks olemuseks» (kvintessentsiks). Aristotelese õpetus, mida toetas katoliku kiriku preestrite autoriteet, eksisteeris sajandeid ning avaldas üldiselt negatiivset mõju teaduse arengule.

Aristotelese õpetus oli soodsaks pinnaseks terve suuna arengule keemias, mis sai nimetuseks alkeemia. Alkeemikud arendasid mõtet, et mitteväärismetalle on võimalik muuta kullaks. Nad arvasid, et selle võimaluse teostamiseks oli vaja ainult leida aine, mis nagu Aristotelese kvintessents, võiks muundatavatele kehadele anda puuduolevad omadused. Alkeemikute vaated lähenesid aja jooksul religioossetele uskumustele. Hüpoteetilisele ainele, mis võis muuta mitteväärismetallid kullaks, omistati üha rohkem ja rohkem imepäraseid omadusi. F. Engelsi väljenduse järgi oli tal «palju jumalasarnaseid omadusi». Mitte juhuslikult ei kulunud kaksteist sajandit selle imepärase aine otsimiseks, mida tuntakse nimetuste all «universaal», «tarkade eliksiir», «punane tinktuur», «suur magister» ja eriti «filosoofiline kivi».

Praegu on raske leida esialgset põhjust, mis oli tõukeks «filosoofilise kivi» otsingutel. Kahtlemata on nende otsingute tekkimise aluseks iidsetest aegadest tuntud ainete muundumine. Võib-olla kinnitas esimesena mõtet ühtede ainete muundumisest teisteks lõkketulle sattunud tinamaagitüki juhuslik leidmine. Väliselt ei erinenud see teistest kividest, millele lõke oli laotud, kuid pärast põlemist andis hõbedase metallkangi. Kui kivi «muutus» metalliks, miks ei või siis igasugune metall muutuda kullaks?

Niisuguste «muutumiste» võimalikkust kinnitasid kujukad näited metallurgiast, mille alged eksisteerisid juba kauges minevikus, eriti aga värvuselt kullaga sarnase pronksi saamine punasest vasest ja hõbedasest tinast. Värvuse, läike ja teiste metalli omaduste muutumine, mis oli ammust ajast teada india ja egiptuse juveliiridele, kinnitas mõtet ühtede metallide muundamisest teiseks ja loomulikult tõukas kulla saamise meetodite otsingutele teistest metallidest.

Feodalismi tingimustes, millal kuld kui materiaalne väärtus omandas ekspluataatorlike klasside esindajate rikkuse ja võimu kasvu, maal talupoegade ja linnas käsitööliste vaesumise, pauperiseerimise, vaenu tugevnemise ja poliitilise õiglusetuse olukorras ennekuulmatu jõu, luuakse alkeemia ideedele soodne pinnas. Rikkusejanu, püüd väärtusi üldse ja eriti kulda kokku ajada, sünnitab alatuid ajendeid ja inimeste ahnust. Rikkuste omandamine muutub üheks kõige tähtsamaks elu eesmärgiks. Sõjad, mida peetakse nendes tingimustes ainult röövimise eesmärgil, muutuvad väikeste feodaalriikide alaliseks tegevuseks.

Feodaalne kord avas rikkuse kogumiseks ka teisi teid, kuid mitte ükski nendest, nagu kaubandus, liigkasuvõtmine ja mitmesugused pärisorjade ekspluateerimise vormid, ei andnud nii kiiret efekti kulla kokkuajamiseks kui röövsõjad. «Mitte asjata ei kerki võimsad müürid uute kindlustatud linnade ümber.»[1]

Ent inimese fantaasia avas veel ühe tee kulla piiramatuks saamiseks: mitteväärismetallide muundamine väärismetalliks, kullaks. Nagu teada, sündis juba kauges minevikus Assüüria ja Babüloonia taeva all astronoomia.

---

[1] F. Engels. Perekonna, eraomanduse ja riigi tekkimine. K. Marx ja F. Engels. Valitud teosed. II köide, lk. 257, Tallinn, 1960.

Esimesed uurijad tegid tähtede, nende asetuse ja liikumise vaatlemise järgi «taevavõlvil» kindlaks teatud seose olemasolu Maa ja taeva vahel. Uni, mis tuleb öösel, aastaaegade vaheldumine Päikese liikumise järgi taevas, meretõusude sõltuvus Kuu asendist ja terve rida taolisi nähtusi viisid vaatlejaid mõttele, et kõikidel maapealsetel nähtustel ja asjadel on vahetu side taeva ja tema tähtedega. Nii tekkis astroloogia — «kunst» ennustada tulevikusündmusi ja eriti inimese saatust tähtede asetuse järgi taevavõlvil.[1]

Astroloogide «õpetuse» järgi avaldavad tähed salapärast mõju metallidele, mis tekivad vastavalt sellele «õpetusele» taevaplaneetide kiirtest. Kuna antiikajal võrdus tuntud planeetide arv tuntud metallide arvuga, siis igale planeedile ja selle planeedi «juhatajale» omistati mingisugune metall.

Seepärast oligi ring, mille keskkohas on punkt ☉, mis muistsetel egiptlastel ja babüloonlastel oli päikese, jumaluse ja täiuslikkuse sümboliks, samal ajal ka kulla kui täiusliku ja väärismetalli sümboliks. Kuud, mida nähti kord kitsa sirbina, kord hõbedaselt helkiva täisringina, kujutati nagu ka teda sümboliseerivat metalli, hõbedat, poolkuumärgiga ☾ .

Egiptlased, kes võtsid astroloogia üle babüloonlastelt, kujutasid hilisemal ajal taevakehade tiirlemist tõusuna mööda seitset redelit läbi seitsme värava, millest esimesed olid pliist, teised tinast, kolmandad vasest, neljandad rauast, viiendad elavhõbedasulamist, kuuendad hõbedast ja lõpuks seitsmendad kullast.

Veelgi hiljem andsid kreeklased, personifitseerides oma jumalaid planeetidel, metallidele samad märgid, mis olid nende jumalate iseloomulike tunnuste tähistamise sümboliteks. Nii olid sõjajumala Marsi tunnused oda ja kilp, mida kujutati märgiga ♂, raua sümboliks. Jumalat Jupiteri iseloomustav tunnus — välk, millel oli märk ♃ , oli läikiva tina sümboliks. Saturn, mille märgiks oli ♄ , oli

[1] Astroloogia mõningaid seisukohti kasutatakse ebateadlikult vahel ka praegu, kui ühe või teise inimese õnneliku elu iseloomustamisel räägitakse näiteks, et «ta sündis õnne tähe all». Astroloogid arvasid, et igal inimesel on oma täht, mis määrab tema saatuse, tema elu, halvad ja head teod. Astroloogiliste kujutluste hulka kuuluvad ka niisugused harvaesinevad väljendid, nagu näiteks «niisugune on kord minu saatus» või «asub seitsmendas taevas» jne.

plii tähistamiseks. Välejalgne jumalate saadik Mercurius, mida tähistati märgiga ☿ , sümboliseeris liikuvat elavhõbedat. Lõpuks, jumalanna Veenuse omapärane märk, tema peegel ♀, omistati vasele vaid sel põhjusel, et Veenus olevat tekkinud merevahust Küprose saarte lähedal, mis on tuntud vasemaagi lademete poolest.

Nii tekkisid esimesed sümbolid sel ajal tuntud metallide tähistamiseks. Neid märke kasutasid egiptlased ja kreeklased, pärslased ja araablased. Araablastelt juurdusid need märgid alkeemiasse. Püsinud seal sajandeid, täienesid need märgid paljude sümbolitega, mida iga alkeemik meelevaldselt kasutusele võttis.

Alkeemikud uskusid, et metallid sarnanevad elusolenditega ning sünnivad, elavad ja surevad maa peal. Tähed ei avaldanud alkeemikute arvates mõju mitte ainult metallide tekkimisele, vaid ka nende edasisele arengule ja täiustumisele. Täiustumise lõpptulemuseks olevat kulla moodustumine. Mitmesugused põhjused aga segavad metallide täiustumist, mistõttu saadakse mitteväärismetallid vask, plii ja raud, mida võib edasi täiustada, s. t. muuta kullaks. Aristotelese õpetuse järgi oli erinevus kulla ja teiste metallide vahel ainult «põhiprintsiipide» kuivuse, niiskuse, soojuse ja külma hulgas. Nende «printsiipide» vajalike kombinatsioonide leidmine oligi alkeemia ülesandeks. Seda ülesannet oli võimalik lahendada ainult «filosoofilise kivi» abil. Alkeemikud proovisid erinevates tingimustes kõikvõimalike ainete ja nende segude mitmekesiseid kombinatsioone, meteoriitidest — «taevakivi» tükkidest — täide ekskrementideni, surnud kaunitaride sõrmedelt äralõigatud sõrmeküüntest kuni pulbristatud embrüoteni.

Alkeemikud tegid lugematuid katseid kulla või «filosoofilise kivi» saamismeetodite otsimisel. Need katsed võimaldasid kindlaks teha rea fakte, mis olid aluseks maailma uute alkeemiliste «elementide» loomisel. Nii tõid alkeemikud, jälgides mõningate metallide lahustumist (sel ajal arvati neeldumist) elavhõbedas, millest kuumutamisel eraldusid uuesti need metallid, igapäevasesse tarvidusse abstraktse kujutluse «filosoofilisest elavhõbedast» kui metalliliste omaduste kandjast. Väävli omadus ühineda paljude metallidega ning moodustada mullataoline mass, millest teatud tingimustes (põletamisel) eraldus uuesti metall, oli põhjuseks, miks alkeemikute igapäeva-

sesse tarvidusse ilmus uus «maailmaelement» — «filosoofiline väävel». See oli metallide muutlikkuse kandjaks tule toimel. Hiljem lisandus alkeemikute «maailmaelementide» arvule «filosoofiline sool» — maitse, tugevuse, lahustuvuse ja üldse vee toimest tingitud muutuvuste kandja.

Maailma alkeemilised «elemendid» ei võinud muidugi soodustada teaduse arengut. Keemia-alaste teadmiste areng oli tühine ning piirdus ainult üksikute keemiliste elementide avastamisega, mis saadi juhuslikult «filosoofilise kivi» otsingutega seotud arvutute katsete tulemusena. Teadmiste skolastiline suund, pime dogmatism, metafüüsika, usk nõidusse, astroloogia väärteaduslik teooria, millele toetus alkeemia — kõik see oli ehituseks liival, mis pidi paratamatult kokku varisema.

Majanduselu ja niisuguste tööstusharude, nagu metallurgia, klaasivalmistamise, värvimistööstuse jt. edasine areng linnades muutus võimatuks keemia-alaste praktiliste teadmisteta. Alkeemia, mis oli «filosoofilise kivi» otsingutes takerdunud abstraktsete «maailmaelementide», «elavhõbeda», «väävli» ja «soola» keskel, ei võinud muidugi rahuldada elu praktilisi nõudeid. Ent «alkeemiata ei oleks olnud ka keemiat» (F. Engels).

Sajanditepikkuste viljatute katsete tulemusena sai selgeks, et loodusseaduste ja -nähtuste olemuse tunnetamiseks on vähe Aristotelese autoriteedi ees kummardamisest, vaid loodusnähtusi ja nende seaduspärasusi on vaja katseliselt uurida. Katsed näitasid, et põhiainete arv, millest koosneb universum, on tunduvalt suurem neljast Aristotelese ja kolmest alkeemilisest «elemendist» ning mitteväärismetallid on ise lihtsad metallid, mis ei lagune ega muutu looduse teisteks aineteks.

1668. a. avaldati Yorki krahvi Richard neljateistkümnenda poja, XVII sajandi silmapaistva teadlase, Robert Boyle'i raamat pealkirja all «Skeptik-keemik ehk kahtlused ja paradoksid alkeemikute elementide suhtes». Selles raamatus eitas Boyle Aristotelese omadus-elemente ja alkeemikute «elemente» ning andis esmakordselt teaduse ajaloos aine kohta elemendi mõiste, mis tulenes eksperimentaalsetest vaatlustest. Metallide olemuse kohta kirjutas Boyle: «Ma tahaksin väga teada, mil viisil võib metalli lagundada elavhõbedaks, väävliks ja soolaks. Ma kohustun katma kõik kulud, kui keegi suudab seda teha. Kinnitan, et ma ei suutnud seda mitte kunagi saavutada.»

Boyle nimetab arvukate katseandmete alusel «... elementideks ... mõningaid primaarseid ja täiesti segamata lihtkehasid, mis ei koosne teistest kehadest ega üksteisest. Nad on täielikult segatud kehade koostisosadeks, milleks viimased lõpuks lagunevad.»

Niisuguseid keemiliste vahenditega lagundamata lihtaineid ehk Boyle'i elemente oli XVII sajandi lõpuks viisteist. Kui palju on neid aga looduses? Keegi ei teadnud seda. Näis, et sellele küsimusele ei saa anda vastust isegi katse abil, millega võis kindlaks teha, kas antud aine on liht- või liitaine. Kuna keemilise analüüsi vahendid olid aga väga puudulikud, siis ei lahendanud ka katse alati seda küsimust.

Kui öeldule lisada, et alkeemia minevikulast lasus veel rängalt teadlaste mõtlemise üle ning Boyle ise oli «tule ülipeene mateeria» (flogistoni) õpetuse rajajaks, siis on selge, kui kaugel oldi vastusest esitatud küsimusele.[1] Enne, kui küsimus elementide kohta sai teadusliku aluse, kulus veel palju aega. Oli vaja M. V. Lomonossovi geeniust, kes oskas metallide kuumutamisel kinnijoodetud nõudes (õhu juurdepääsuta) katseliselt tõestada, et «ülipeent mateeriat» — soojust, külmust, tuld jt., mille poolest XVIII sajand oli nii viljakas, ei ole olemas, enne kui elementide küsimus sai teadusliku aluse.

Sajand pärast R. Boyle'i tööde ilmumist koostas prantsuse teadlane Antoine Lavoisier keemiliste elementide esimese nimekirja. Selles nimekirjas oli 35 nimetuse hulgas tegelikult ainult 23 elementi. XIX sajandi esimese veerandi lõpuks ulatus keemiliste elementide arv kolmekümneni, sajandi keskel aga oli nende arv üle viiekümne. Kuigi keegi enam ei kahelnud elementide määramise keemilistes meetodites, ei teadnud endiselt mitte ükski teadlane, kui palju on looduses elemente. Mitte keegi ei teadnud ka seda, kas elementide arv on lõplik või lõputu. Kuna XIX sajandi viiekümnendatest aastatest alates ei möödunud ühtegi aastat, millal mõni keemikutest ei oleks avastanud mõnda uut elementi, siis hakkas osa teadlasi arvama, et erinevate elementide arv võib olla niisama suur kui looduskehade arv.

---

[1] On huvitav märkida, et näiteks Prantsusmaal suleti viimane alkeemiaühing valitsuse eridekreediga alles XIX sajandi teisel poolel.

Paljudele elemendiküttidele näis, et püüe leida nendele küsimustele vastuseid on niisama mõttetu kui omal ajal «filosoofilise kivi» leidmine. Seetõttu kerkibki niisuguste uurijate hulgast eriti ilmekalt esile geniaalne vene keemik ja teadlane Dmitri Ivanovitš Mendelejev, kes püstitas endale eesmärgi orienteeruda keemiliste elementide ja nende ühendite kogu mitmekesisuses, viia nad ühtsesse looduslikku süsteemi, leida loodusseadus, mille abil võiks ennustada veel avastamata keemiliste elementide ja nendest moodustuvate ühendite omadusi.

Mil viisil lahendati Mendelejevi poolt püstitatud ülesanne? Vastates talle korduvalt esitatud küsimusele, kirjutas D. I. Mendelejev: «Pühendades kogu oma jõu aine uurimisele, näen ma aines kahte tunnust või omadust: massi, mis võtab enda alla ruumi ning avaldub külgetõmbejõus, selgemini ja kõige reaalsemalt aga kaalus, ning individuaalsust, mis avaldub keemilistes muundumistes, kõige selgemini aga on formuleeritud kujutustes keemiliste elementide kohta ... Siit,» jätkas D. I. Mendelejev, «... tekib tahtmatult mõte, et massi ja keemiliste elementide vahel peab olema seos, sest aine mass, kuigi mitte absoluutne, vaid ainult suhteline, väljendub lõplikult aatomite näol, mistõttu on vaja otsida ... seost elementide individuaalsete omaduste ja nende aatomkaalude vahel.» Nii nägi Mendelejev erinevate ainete omaduste lõputus mitmekesisuses seda kõikidele keemilistele elementidele ühist omadust, mis viis teda kõige suurema loodusseaduse avastamiseni. See seadus ei saanud mitte ainult füüsikute ja keemikute, vaid iga aine uurimisega tegeleva spetsialisti juhtivaks seaduseks. Niisuguseks kõikidele ainetele ühiseks omaduseks oli neid aineid moodustavate aatomite kaal — aatomkaal[1].

Kõrvutades omavahel sel ajal tuntud keemilisi elemente, avastas Mendelejev pärast kolossaalset tööd lõpuks selle tähelepanuväärse sõltuvuse, üldise seaduspärase seose üksikute elementide vahel, milles nad esinevad ühtse tervikuna, kus iga elemendi omadused ei ole isoleeritud ja iseseisvad, vaid on perioodiliselt ja korrapäraselt korduvaks nähtuseks.

---

[1] Rahvusvaheline Komisjon Aatomkaalude alal tegi ettepaneku asendada termin «aatomkaal» terminiga «suhteline aatommass», kuid senini ei ole see kinnitatud.

D. MENDELEJEVI

Perioodid	Read	Keemiliste ele				
		I	II	III	IV	V
I	1	H 1 1,00797 Vesinik				
II	2	Li 3 6,939 Liitium	Be 4 9,0122 Berüllium	5 10,811 B Boor	6 12,01115 C Süsinik	7 14,0067. N Lämmastik
III	3	Na 11 22,9898 Naatrium	Mg 12 24,312 Magneesium	13 26,9815 Al Alumiinium	14 28,086 Si Räni	15 30,9738 P Fosfor
IV	4	K 19 39,102 Kaalium	Ca 20 40,08 Kaltsium	Sc 21 44,956 Skandium	Ti 22 47,90 Titaan	V 23 50,942 Vanaadium
	5	29 63,54 Cu Vask	30 65,37 Zn Tsink	31 69,72 Ga Gallium	32 72,59 Ge Germaanium	33 74,9216 As Arseen
V	6	Rb 37 85,47 Rubiidium	Sr 38 87,62 Strontsium	Y 39 88,905 Ütrium	Zr 40 91,22 Tsirkoonium	Nb 41 92,906 Nioobium
	7	47 107,870 Ag Hõbe	48 112,40 Cd Kaadmium	49 114,82 In Indium	50 118,69 Sn Tina	51 121,75 Sb Antimon
VI	8	Cs 55 132,905 Tseesium	Ba 56 137,34 Baarium	La* 57 138,91 Lantaan	58-71 Lantanniidid	Hf 72 178,49 Hafnium	Ta 73 180,948 Tantaal
	9	79 196,967 Au Kuld	80 200,59 Hg Elavhõbe	81 204,37 Tl Tallium	82 207,19 Pb Plii	83 208,980 Bi Vismut
VII	10	Fr 87 (223) Frantsium	Ra 88 (226) Raadium	**Ac 89 (227) Aktiinium		
Kõrgeimad soolatekitavad oksiidid		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5
Kõrgeimad gaasilised vesinikuühendid					RH_4	RH_3

*Lanta

58 140,12 Ce Tseerium	59 140,907 Pr Praseodüüm	60 144,24 Nd Neodüüm	61 (147) Pm Prometeium	62 150,35 Sm Samaarium	63 151,96 Eu Euroopium	64 157,25 Gd Gadoliinium

**Akt i n i

Ac 89 (227) Aktiinium	Th 90 232,038 Toorium	Pa 91 (231) Protaktiinium	U 92 238,03 Uraan	Np 93 (237) Neptuunium	Pu 94 (242) Plutoonium	Am 95 (?*3) Ameriitsium	Cm 96 (247) Küürium

PERIOODILISUSE SÜSTEEM

mentide rühmad					
VI	VII	VIII			0
	(H)				2 4,0026 He Heelium
8 15,9994 O Hapnik	9 18,9984 F Fluor				10 20,183 Ne Neoon
16 32,064 S Väävel	17 35,453 Cl Kloor				18 39,948 Ar Argoon
Cr 24 51,996 Kroom	Mn 25 54,9380 Mangaan	Fe 26 55,847 Raud	Co 27 58,9332 Koobalt	Ni 28 58,71 Nikkel	
34 78,96 Se Seleen	35 79,909 Br Broom				36 83,80 Kr Krüptoon
Mo 42 95,94 Molübdeen	Tc 43 (97) Tehneetsium	Ru 44 101,07 Ruteenium	Rh 45 102,905 Roodium	Pd 46 106,4 Pallaadium	
52 127,60 Te Telluur	53 126,9044 I Jood				54 131,30 Xe Ksenoon
W 74 183,85 Volfram	Re 75 186,2 Reenium	Os 76 190,2 Osmium	Ir 77 192,2 Iriidium	Pt 78 195,09 Plaatina	
84 (210) Po Poloonium	85 (210) At Astaat				86 (222) Rn Radoon
RO_3	R_2O_7	RO_4			
RH_2	RH				

nitid						
65 158,924 Tb Terbium	66 162,50 Dy Düsproosium	67 164,930 Ho Holmium	68 167,26 Er Erbium	69 168,934 Tm Tuulium	70 173,04 Yb Ütterbium	71 174,97 Lu Luteetsium

umiride						
Bk 97 (247) Berkeelium	Cf 98 (248) Kalifornium	Es 99 (254) Einsteinium	Fm 100 (253) Fermium	Md 101 (256) Mendeleevium	No 102 (255) Nobeelium	Lw 103 Laurentsium

Mendelejev avastas seaduse, mida nimetati aatomkaalu suurenemise järjekorras paigutatud elementide perioodiliselt korduvate omaduste järgi perioodilisuse seaduseks. Mendelejevi suure teene tunnustuseks hakati tema poolt avastatud seadust nimetama Mendelejevi perioodilisusseaduseks.

Paigutanud omadustelt sarnased keemilised elemendid üksteise alla aatomkaalu suurenemise järjekorras ning teinud kindlaks omaduste kindla perioodilisuse, lõi Mendelejev loodusliku klassifikatsiooni, mida käesoleval ajal tuntakse keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi nimetuse all kogu maailmas. Praegu nimetatakse seda süsteemi tema looja auks Mendelejevi elementide perioodilisuse süsteemiks ehk sageli lihtsalt Mendelejevi tabeliks.

Mendelejevi tabelis on igal keemilisel elemendil kindel koht, mis on märgitud vastava numbriga — keemilise elemendi järjekorranumbriga.

Mõned kohad Mendelejevi poolt loodud tabelis jäid täitmata, kuna elemendid, mis pidid nendel kohtadel asuma, olid veel avastamata. Tühjad kohad viitasid seega looduses veel avastamata keemiliste elementide olemasolule. Vabade kohtade arvu järgi tabelis võis kindlaks teha ka avastamata elementide arvu. Uurides tuntud keemiliste elementide omadusi, mis ümbritsesid vaba kohta tabelis, võis ennustada veel avastamata elementide omadusi.

1869. a. märtsis teatas Mendelejev artiklis «Omaduste suhe elementide aatomkaaluga» Vene Keemiaühingule tema poolt avastatud seadusest ning formuleeris samal ajal ka avastatud seaduse põhialused, millest eriti märkimisväärne on järgmine: «Aatomkaalu *suurus* määrab elemendi iseloomu, nagu osakeste suurus määrab liitkeha omadused. Tuleb oodata veel paljude *tundmatute* lihtainete avastamist... Elementide mõned *analoogid*[1] avastatakse nende aatomkaalu suuruse järgi.»

Kasutades avastatud seadust, ennustas Mendelejev ja kirjeldas üksikasjaliselt mõningaid veel tundmata elemente. Keemiliste elementide hilisemad avastused kinnitasid Mendelejevi ennustuste õigsust ning, olles teaduse

[1] Analoog (kreekakeelsest sõnast «analoogia» — vastav) — sarnane, teatud suhtes identne.

tõeliseks triumfiks, asetasid Mendelejevi nime esikohale mitte ainult keemia, vaid ka kogu loodusteaduse ajaloos. Mendelejev ennustas kokku 11 keemilist elementi, nende hulgas ka niisugused, nagu poloonium, raadium ja protaktiinium.

Mendelejevi seadus on looduse ja selle seaduspärasuste tunnetamise võimas relv. Käesoleval ajal on sel seadusel õigusega juhtiv koht teaduses aine kohta. Teadlased avastasid ja avastavad ka tulevikus Mendelejevi seaduse abil edukalt looduse saladusi. Kui XIX ja XX sajandi piiril avastati radioaktiivsed elemendid, aitas perioodilisuse seadus teadlastel mitte ainult uurida nende omadusi, vaid tungida ka aatomi sisemusse, mida kroonis XX sajandi kõige suurem saavutus — aatomienergia praktiline kasutamine. Mitte ainult keemia, vaid paljud teadused, nende hulgas ka füüsika, bioloogia, meditsiin jt. kasutavad Mendelejevi seadust. Kahtlemata on väljapaistval teadlasel akadeemik Fersmanil õigus, kes, hinnanud Mendelejevi seaduse tähtsust, kirjutas: «Uued teooriad muidugi tekivad ja surevad välja, füüsika ja keemia hiilgavad õpetused muudavad vananenud mõisteid, avanevad uued perspektiivid, kuid pole kahtlust et Mendelejevi perioodilisuse seadus jääb elama alatiseks.»

Juhindunud perioodilisuse seadusest, vastas Mendelejev ka tuhandeaastasele küsimusele looduse põhiainete arvu kohta, nende ainete teisendite arvu kohta, millest koosneb Maa, Kuu, Päike, tähed ja kogu universum.

Oma artiklis «Keemiliste elementide perioodilisuse seadus» kirjutas Mendelejev 1871. a.: «... otsustades selle järgi, et meteoriitidel, päikesel ja tähtedel on needsamad elemendid, mida meie teame, ... võib arvata, et meile kättesaadavate elementide arv on väga piiratud, ja kui mõned uued rasked elemendid eksisteerivadki maa massi sisemuses, siis on nende arv ja hulk väga piiratud.»

Praegu on kõik tühjad kohad perioodilisuse süsteemis täidetud. Kunstlikult saadud elementide ja uraani järel oleva kümne elemendi aatomid on radioaktiivsed, ebapüsivad ja lagunevad kiiresti. Kui arvestada, et aatomkaalu edasisel suurenemisel on aatom vastavalt kaasaja teaduse andmetele niivõrd ebapüsiv, et ta praktiliselt ei eksisteeri, siis võrdub teaduses kindlalt teadaolevate keemiliste elementide arv saja kolmega.

Lühikese sissejuhatuse lõpul jutustustele elementidest

refereerime lühidalt tekstis esinevaid põhimõisteid ja definitsioone.

Ained võivad olla liht- ja liitained. Liitaines, näiteks raudsulfiidis on elemendid väävel ja raud. Enne väävli ja raua ühinemist on nad mõlemad lihtained. Vesinik ja hapnik on normaaltingimustes lihtained — gaasid. Kuid nende ühendis, vesinikülihapendis, ei ole nad lihtained, vaid elemendid.

Lihtaineid ei saa muuta teisteks aineteks tavaliste keemiliste meetoditega. Tuumamuundumised, mille abil võib niisuguseid muundumisi teostada, erinevad printsipiaalselt keemilistest meetoditest.

Liitained võivad laguneda, kuid sel puhul ei teki alati lihtaineid. Elavhõbeoksiid annab lagunemisel kaks lihtainet — elavhõbeda ja hapniku, kuid kaltsiumkarbonaat laguneb kuumutamisel liitaineteks — kaltsiumoksiidiks ja süsihappegaasiks. Liitaine ei moodustu alati lihtainest. Nii näiteks saadakse naatriumhüdroksiidi naatriumioksiidist ja veest. Sellest järeldub, et lihtained koosnevad ühest, liitained aga mitmest elemendist. Lihtaine vesinik koosneb ühest elemendist — vesinikust, liitaine vesi aga mitmest elemendist.

On üldtunnustatud ja vaieldamatu, et kõik materiaalsed kehad koosnevad aatomitest. Aatom on elemendi kõige väiksem osa, mida ei saa antud elemendi omadusi kaotamata enam peenestada ja tükeldada.

Aatomid moodustavad omavahelisel reageerimisel liht- ja liitainete molekule. Paljude lihtainete, näiteks inertsete gaaside molekulid koosnevad ühest aatomist.

Keemiliste elementide aatomitel on keerukas struktuur.

AATOMI EHITUS

Vastavalt kaasaegsetele kujutlustele on aatomil keeruline ehitus. Et endale paremini ette kujutada aatomi ehitust, sooritame mõttes teekonna mõne kõige enam levinud ja kõigile hästituntud aine, näiteks vee sisemusse.

Kui vee teatud ruumalast võtta üks tilk ja hakata seda mõttes jagama üha väiksemateks tilgakesteks, siis lõpptulemusena võime saada niivõrd väikese tilga, mille edasine jagamine, et säiliksid kõik vee omadused, muutub võimatuks. Niisuguseid kõige väiksemaid aine osakesi, mis võivad iseseisvalt eksisteerida, nimetataksegi molekulideks. Nende nimetus tuleneb ladinakeelsest sõnast *moles,* mis tähendab massike.

Kõik looduse kehad koosnevad molekulidest. Isegi suured molekulid on niivõrd väikesed, et neid ei ole võimalik näha kaasaja kõige tugevamate optiliste mikroskoopidega. Et otsustada selle üle, kui väikesed on molekuli mõõtmed ning kui suur on nende arv, võib tuua niisuguse näite. Kui tavalisse veega täidetud sõrmkübarasse teha auk, millest ühes sekundis voolaks välja üks miljon molekuli vett, siis vesi voolaks sõrmkübarast välja alles miljardi aasta pärast.

Nagu teada, võib vett keemiliste meetoditega lagundada kaheks gaasiks — vesinikuks ja hapnikuks. On ilmne, et ka kõige väiksema vee osakese, molekuli, võib lagundada vesinikuks ja hapnikuks. Vesiniku ja hapniku kõige väiksemaid osakesi, mis moodustavad vee molekuli, nimetatakse aatomiteks (kreekakeelsest sõnast *atomos,* mis tähendab jagamatu). Aatomid on molekulidest veel väiksemad osakesed. Näiteks on vesiniku aatomite mõõtmed nii väikesed, et neid mahub joonlaua 1 cm pikkusele lõi-

gule 100 miljonit. Kuni XX sajandini langes aatomi nimetus ühte kujutlusega aatomist kui kõige väiksemast jagamatust ja muutumatust osakesest. Uurimistega tehti kindlaks, et looduses on 92 erinevat aatomite (elementide) liiki, mille kombinatsioonidest koosnebki kogu universum.

XIX sajandi lõpuks hakkas kogunema fakte, mis tõestasid, et kujutlus aatomite jagamatusest ja muutumatusest on ekslik. Vene teadlased N. N. Beketov ja A. M. Butlerov avaldasid teineteisest sõltumata esmakordselt mõtte, et aatomid on jagatavad ning koosnevad lihtsamatest osakestest. Nii näiteks kirjutas A. M. Butlerov oma töö «Keemia põhimõisted» teises väljaandes, mis ilmus 1902. a., et aatomid «... ei ole jagamatud oma olemuselt, vaid on jagamatud ainult meile praegu kättesaadavate vahenditega ning säilivad ainult nendes keemilistes protsessides, mis praegu on tuntud, kuid võivad jaguneda uutes tulevikus avastatavates protsessides...»

Keemia ajalooline areng kinnitas täies ulatuses suurte vene teadlaste ettenägelikkust. Esimeseks osakeseks, mis avastati aatomi koostises, oli elektron. Ta kannab negatiivset elektrilaengut ning on tühiselt väikese massiga (0,000 000 000 000 000 000 000 000 910 g).

Vanade kujutluste purustamine aatomite jagamatuse ja muutumatuse kohta oli kodanlikele teadlastele materialismi «põhjendamatuse» teaduslikuks tõendiks, mateeria «kadumise» ja idealistlike kujutluste triumfi tõendiks.

Suur osa idealistide paljastamisel, kes püüdsid kasutada kõige uuemaid teaduse saavutusi võitluses materialismi vastu ja idealismi positsioonide tugevdamiseks, oli V. I. Leninil. Oma raamatus «Materialism ja empiriokrititsism», mis on kirjutatud 1908. a. ning ilmus 1909. a., näitas V. I. Lenin, et radioaktiivsuse avastamine, ühtede aatomite muundumine teisteks, elektronide olemasolu ja teised avastused ainult süvendavad kujutlusi ainest. Nad mitte ainult ei lükka ümber materialismi, vaid vastupidi, tugevdavad tema positsioone, mis alati tunnustas ja ka tulevikus tunnustab iga kõige väiksema osakese (aatom, elektron jne.) keerukust ning mateeria omaduste ammendamatust.

V. I. Lenini tööd aitasid eesrindlikel teadlastel puruks rebida idealistlikud võrgud, mis olid asetatud looduse seaduspärasuste tunnetamise teele, ning tungida aatomi sisemusse.

XX sajandi algul õnnestus teadlastel kindlaks teha aatomi ehituse põhijooned. Aatomi keskel on väga väike, aatomi mõõtmetest mitu tuhat korda väiksem tuum, kuhu on koondunud peaaegu täielikult (99,9%) aatomi mass. Tuuma ümber, nagu planeedid ümber Päikese, tiirlevad elektronid. Mendelejevi tabeli järgi võib iga elemendi aatomis kindlaks määrata elektronide arvu, mis võrdub elemendi järjekorranumbriga tabelis. Elektronid paiknevad tuumast mitmesugustel kaugustel. Neid elektrone, mis asuvad väliskihis, s. t. tuumast kõige kaugemal, nimetatakse välis- ehk valentselektronideks. Keemilistes muundumisprotsessides on «väliselektronidel» peamine osa. Minnes keemilistes reaktsioonides ühelt aatomilt üle teisele aatomile, määravad nad aatomi keemilised omadused ning tema valentsuse. Valentselektronide arvu aatomis võib samuti määrata Mendelejevi tabeli järgi. See võrdub reeglipäraselt rühma numbriga, milles asub vastav element perioodilisuse süsteemis.

Aatomituum, millel on väga väike ruumala, sisaldab ainet väga tihedas olekus. Tuumaaine tiheduse üle võib otsustada järgmiste andmete järgi. Kui üks kuupsentimeeter täita ainult aatomituumadega, siis selle kuubiku mass oleks 100 miljonit tonni. Ühel kuupmillimeetrisel «kuubikul» (ligikaudu kahe nõelapea ruumala), mis on täidetud tuumaainega, oleks kahe 50 tuhande tonnise liinilaeva mass. Tuumastruktuuri edasine uurimine, mida teostas nõukogude teadlane D. D. Ivanenko, kinnitas taas dialektilise materialismi põhiseisukohta aatomiosakeste keerulise ehituse kohta. Aatomituum on keerukas moodustis, mis sisaldab oma koostises prootone ja neutrone, mida koos nimetatakse nukleonideks.

Prooton on positiivset elektrilaengut kandev osake, mille laeng võrdub suuruselt elektroni laenguga. Prootonil on tühiselt väike mass (0,000 000 000 000 000 000 000 001 672 g).

Kuna normaaltingimustes on aatomid elektriliselt neutraalsed, siis see tähendab, et prootonite arv tuumas on võrdne elektronide arvuga, s. o. võrdub elemendi järjekorranumbriga Mendelejevi perioodilisuse süsteemis.

Neutron on neutraalne osake, s. t. tal ei ole elektrilaengut. Neutroni mass on tühine. See võrdub praktiliselt prootoni massiga (0,000 000 000 000 000 000 000 001 674 g). Seetõttu ei avalda neutronite olemasolu tuumas mõju tema

laengule, vaid mõjub massile. Järelikult määratakse tuuma mass prootonite ja neutronite summaga, mida nimetatakse massiarvuks ning väljendatakse täisarvudes. Arvates sellest suurusest maha prootonite arvu (järjekorranumber), on kerge määrata ka iga elemendi neutronite arvu.

On kokku lepitud tähistada elementide tuumasid nendesamade sümbolitega, nagu neile vastavaid elementide aatomeidki, märkides numbriga sümbolist vasemal all prootoni arvu, sümbolist vasakul ülal aga massiarvu. Heeliumi aatomituum väljendub sellisel üleskirjutusel: $^{4}_{2}He$.

Tuumaehituse keerukusega on seletatav ühel ja samal keemilisel elemendil eri liiki aatomite olemasolu, mis erinevad massiarvu poolest. Niisuguseid ühe ja sama keemilise elemendi aatomite teisendeid nimetatakse isotoopideks — samakohalisteks (kreekakeelsest sõnast *iso* — samane ja *topos* — koht). Nimetus tuleneb sellest, et teatud elemendi isotoopidel, mis erinevad massiarvu poolest, on ühesugune tuumalaeng ja järelikult ka ühesugused keemilised omadused. Seepärast on nad perioodilisuse süsteemis ühel ja samal kohal. Iga keemiline element on mitme isotoobi segu. Erinevate keemiliste elementide isotoopide arv ei ole ühesugune. Nii näiteks on tinal 10, plaatinal 6, uraanil 3 isotoopi jne. Isotoobid jagunevad püsivateks ehk mitteradioaktiivseteks ja ebapüsivateks ehk radioaktiivseteks isotoopideks. Püsivate isotoopide arv ulatub 250-ni, radioaktiivsete isotoopide arv aga läheneb tuhandele.

Radioaktiivsuseks nimetatakse mõnede ainete aatomite omadust spontaanselt välja saata nähtamatuid, kuid suhteliselt kergesti avastatavaid kiiri. Selliseid aineid hakati nimetama radioaktiivseteks aineteks (ladinakeelsest sõnast *radius,* mis tähendab kiir). Radioaktiivsetel kiirtel on täiesti ebatavalised, mitmekesised omadused. Õhk, millest on läbi tunginud radioaktiivsed kiired, muutub elektrijuhiks. Radioaktiivsed kiired muudavad valgustundlikud materjalid (filmi, fotoplaadid, paberi) mustaks; tungivad läbi paksudest läbipaistmatutest kehadest; muudavad värviliste ainete värvust ja värvivad värvitu klaasi mitmevärviliseks; põhjustavad kehade helendumist; lagundavad vee tema koostiselementideks; avaldavad tugevat bioloogilist toimet: hävitavad mikroorganisme, purustavad

elusorganismide kudesid ja sõltuvalt annusest aktiviseerivad või pidurdavad eluprotsesse.

Radioaktiivsuse uurimine näitas, et teaduses tuntud tavalised mõjud, nagu kuumutamine, jahutamine, rõhk ja aktiivsete keemiliste ainete toime ei muuda radiatsiooni tugevust. Teades, et aatomite keemilised omadused on seotud väliselektronidega, jäi oletada, et radioaktiivsus on aatomite sisemiste osadega seotud nähtus, mis ei ole tavaline keemiline, vaid sügav tuumaprotsess. Kuna radioaktiivse kiirgusega kaasneb energia äkiline eraldumine, siis tõestab viimane ka seda, et aatomituumades on peidus aatomisisese- ehk tuumaenergia suured varud.

Radioaktiivsed kiired jagunevad omadustelt ja olemuselt kolme liiki, mida nimetatakse kreeka tähestiku esimeste tähtede järgi alfa-, beeta- ja gammakiirteks. Ainult gammakiired on nendest tegelikult kiired, s. o. väga lühikesed elektromagnetilised lained, mis levivad valguse kiirusega (300 000 km/sek.). Analoogiliselt röntgenikiirtega on neil suur läbitungimisvõime, mida õhus mõõdetakse sadade meetritega. 15—20 cm paksune pliikiht neelab gammakiired täielikult. 1,5 cm paksune pliikiht või 3 cm paksune rauakiht, 10 cm paksune betoonikiht või 25 cm paksune puukiht nõrgendavad gammakiirte toimet kaks korda.

Beetakiired on negatiivselt laetud osakeste voog, mis oma olemuselt, laengu ja massi suuruselt vastavad elektronidele. Beetakiirte läbitungimisvõime on gammakiirtest tunduvalt väiksem. Õhus läbivad nad 18—20 m. 3 mm paksune pliikiht peab beetakiired täielikult kinni.

Alfakiired on positiivselt laetud osakeste voog, mida nimetatakse alfaosakesteks, ning mis kujutavad endast heeliumi aatomite tuumi. Iga alfaosake sisaldab kaks prootonit ja kaks neutronit, s. t. tema massiarv on neli, laeng aga kaks ühikut. Alfaosakeste levimiskiirus ulatub 20 000 km/sek. Alfakiirte läbitungimisvõime on veel väiksem kui beetakiirtel. Alfakiired läbivad õhku 10—12 cm. Tavalise kirjutuspaberi leht peab nad juba peaaegu täielikult kinni. Radioaktiivse kiirguse koostises ei pea alati samaaegselt olema kõik kolm kiirteliiki.

Käesoleval ajal eristatakse looduslikku ja kunstlikku radioaktiivsust. Looduslikuks radioaktiivsuseks nimetatakse looduslike, s. o. looduses esinevate keemiliste elementide või nende isotoopide radioaktiivsust. Kunstlikul

teel saadud radioaktiivsust, mis on elementidel või nende isotoopidel, nimetatakse kunstlikuks radioaktiivsuseks.

Radioaktiivsuse uurimine näitab, et ühtede või teiste kiirte eraldumisega kaasneb ühtede keemiliste elementide aatomite lagunemine ja teiste moodustumine. Teiste sõnadega, elementide aatomid võivad muunduda teineteiseks. Nii näiteks läheb tahke radioaktiivne element raadium kiirgusprotsessis üle teiseks, samuti radioaktiivseks, kuid juba gaasiliseks elemendiks radooniks. Lagunedes uuesti kiirgusprotsessis, muundub viimane uueks elemendiks polooniumiks jne.

Kõiki kiirgusprotsessis moodustuvaid produkte võib asetada ühtsesse radioaktiivsesse ritta või elementide perekonda. Ühe radioaktiivse aine muundumine teiseks toimub senikaua, kuni radioaktiivse lagunemise tulemusena moodustuvad püsiva, mitteradioaktiivse elemendi aatomid. Käesoleval ajal on tuntud 4 radioaktiivset rida: uraani, tooriumi, aktiiniumi ja neptuuniumi rida. Iga rida lõpeb plii mitteradioaktiivse isotoobiga. Seetõttu on kõik elemendid, mis on paigutatud D. I. Mendelejevi tabelis plii järel, tavaliselt looduslikult radioaktiivsed. Radioaktiivse elemendi eksisteerimise aja või, nagu öeldakse, «eluea» iseloomustamiseks kasutatakse spetsiaalset mõistet, mida nimetatakse poolestusajaks. Poolestusajaks nimetatakse aega, mille jooksul väheneb radioaktiivse aine hulk poole võrra. Nii näiteks on raadium-226 poolestusaeg 1590 aastat. See tähendab, et ühest grammist raadiumist jääb 1590 aasta pärast järele pool grammi, järgmise 1590 aasta pärast üks neljandik grammi jne. Poolestusajad võivad kõikuda väga suurtes intervallides. Nii on uraan-238 poolestusaeg 4,5 miljardit aastat, samal ajal aga on polooniun-213 poolestusaeg üks miljondik sekundit.

Radioaktiivsuse uurimine lõi aatomituuma mõjutamiseks uue meetodi — radioaktiivse kiirgusega aatomituuma mõjutamise. 1919. a. kasutas inglise füüsik Rutherford aatomituuma lõhustamiseks alfaosakeste energiat. «Pommitades» nendega lämmastiku aatomeid, sai ta hapniku ühe istoobi tuumad. Peagi õnnestus alfaosakeste abil lõhustada ka teiste keemiliste elementide tuumasid.

Uurides alfaosakeste toimet stabiilsete elementide aatomitele, avastasid tuntud prantsuse teadlased Irene ja Frederic Joliot-Curie paljude elementide radioaktiivsete isotoopide saamise võimaluse kunstlikul teel. Nende poolt

avastatud meetod seisneb keemiliste elementide aatomite kiiritamises suure kiirusega osakestega. Käesoleval ajal kasutatakse osakestele suurte kiiruste andmiseks spetsiaalseid seadmeid — kiirendajaid. Need on hiiglasuured ehitised, mis võimaldavad elektrienergia abil anda osakestele suuri kiirusi ja järelikult ka energiat. Et otsustada sel viisil saavutatava kiiruse üle, piisab öelda, et ühes sekundis sooritab osake tee, mis ületab mitu korda ekvaatori ringjoone pikkuse. Kõige suuremas kiirendajas, nõukogude sünkrofasotronis, mis lasti käiku 1957. a., saavad osakesed ülisuure energia — 10 miljardit elektronvolti. Nõukogude sünkrofasotroni mõõtmete üle võib otsustada elektromagneti järgi, mis kaalub 36 000 tonni.

Tuumareaktsioonide avastamine, mis viib uute, looduses olematute radioaktiivsete isotoopide saamisele, oli inimgeeniuse suureks saavutuseks. See võimaldab luua D. I. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi iga elemendi jaoks radioaktiivseid isotoope. Kuigi käesoleval ajal saadud radioaktiivsete isotoopide arv läheneb tuhandele, nagu juba eespool mainiti, leiab kõige suuremat praktilist kasutamist neist suhteliselt väike arv.

MEIST, TEADLASTEST

Palju sajandeid oletasid teadlased, et kõik looduses eksisteerivad värvid ja värvivarjundid tekivad valguse segamisel... «pimedusega». Kuna «pimedus» oli musta värvi kandjaks, siis arvati, et must värv, mille lahjendamisel värvitu «valgusega» saadakse kõik ülejäänud värvid, on looduses põhivärviks. Sellest tulenes, et sinises värvis on näiteks palju «valgust» ja vähe «pimedust».

Nii mõeldi, arvati ja kinnitati. Mitte keegi ei osanud aga tõestada niisuguse arvamuse õigsust, mitte keegi ei suutnud lagundada mõnda värvi «pimeduseks» ja «valguseks».

Alles 1666. a. teostas sel ajal veel noor ja vähetuntud, hiljem aga kuulus füüsik, matemaatik ja astronoom Isaac Newton esmakordselt kuulsa katse valguse lahutamiseks klaasprisma abil. Katse olemus seisneb selles, et kui valgust lasta läbi klaasprisma, siis läbides prismat moodustab valgus heleda riba, mis koosneb erinevatest, järk-järgult üksteiseks üleminevatest värvidest. Värvilisel ribal, mida nimetatakse spektriks (ladinakeelsest sõnast *spectrum* — nägemus), on seitse värvi. Newton tõestas, et seni eksisteerinud värvide seletus ei ole õige. Selgus, et mitte «pimedus» ei ole põhiline, vaid hoopis värvusetu valgus või valge värv, nagu teda hakati hiljem nimetama, mis omakorda koosneb seitsmest värvist.

Heidelbergi ülikooli keemiaprofessor Robert Bunsen leiutas peaaegu kakssada aastat (1858. a.) pärast Newtoni katseid põleti põlevgaaside põletamiseks. Bunseni põleti abil võis saada väga kõrge temperatuuriga leeki. Asetanud põleti leeki mitmesuguseid aineid, märkas Bunsen, et hõõgudes ja aurustudes värvivad nad leegi erinevat

värvi. Tähelepanuväärne oli see, et iga aine andis leegile kindla värvuse. Nii näiteks annab vask rohelise, naatrium kollase ja strontsium vaarikpunase leegi.

Algul arvas Bunsen, et ta avastas erakordselt lihtsa, täpse ja, mis peamine, kiire analüüsimeetodi. Aine pikaajalise keemilise uurimise asemel tarvitses vaid viia uuritav aine põleti leeki, ning leegi värvuse järgi lahendada küsimus aine olemuse kohta. Roheline värv viitab vasele, kollane värv «ütleb» naatrium, vaarikpunane «avastab» strontsiumi.

Ent peagi tuli pettumus. Selgus, et liitium näiteks annab ühesuguse leegi strontsiumiga, kaaliumileegi nõrk violetne värvus kaob, kui ta on koos naatriumiühenditega. Olles veendunud, et erinevad ained annavad leegis kuumutamisel väga sageli ühesuguse värvusega leegi, pidi Bunsen juba oma uurimused katkestama. Kuid talle tuli appi sama Heidelbergi ülikooli füüsikaprofessor Gustav Kirchhoff.

Kirchhoff otsustas lasta värvilise leegi valguse läbi prisma, lootes kindlaks teha erinevate ainete spektri seaduspärasusi. Kirchhoffi arvestus oli õige. Selgus, et iga erineva aine leek annab erilise, kõikidest teistest ainetest erineva spektri. Seejuures erinesid leegi spektrid väliselt valge valguse spektrist. Nad ei olnud tihedad spektrid, vaid koosnesid üksikutest kitsastest värvilistest ribadest, peaaegu joontest, mis asusid erinevatel spektriosadel. Nii koosnes liitiumispekter ühest erepunasest ja ühest nõrgast oranžist joonest. Strontsiumispekter, mille aurud värvisid bunseni põleti leegi liitiumiga ühesugust vaarikpunast värvi, koosnes ühest helesinisest, kahest punasest, oranžist ja kollasest joonest. Naatriumi aurud andsid kaks kollast, teineteisele niivõrd lähedalasuvat joont, et neid peeti algul üheks jooneks.

Täiustanud riista spektrite vaatlemiseks ja nimetanud selle spektroskoobiks (sõnadest *spectrum* ja *skopeo* — vaatlen, vaatan), andis Kirchhoff oma aparaadi Bunsenile, kes hakkas uurima sõna otseses mõttes kõike, mis kätte sattus. Bunsen uuris palju erinevaid aineid, asetades neid põleti kuuma leeki ja vaadeldes kuumutatud aurude spektreid. Nüüd ei kahelnud ta enam selles, et oli avastanud uue meetodi keemiliste ainete uurimiseks. Peagi veendus Bunsen ka uue uurimismeetodi ebatavalises tundlikkuses ja täpsuses. Uurides Heidelbergi ümbruse kalju-

delt raiutud graniiditükke, avastas Bunsen nendes spektroskoobi abil liitiumi. Seda ainet leidis ta ka allikavees, mis voolas välja sama kalju jalamilt. Seejärel otsustas Bunsen uurida kaljunõlvadel kasvavate taimede lehti, et kontrollida liitiumi olemasolu lehtedes. Bunseni arvates pidi liitium sattuma taimedesse koos veega, mida taimede juured neelavad pinnasest, mis katab õhukese kihina graniitrahne. Spektroskoop näitas, et liitiumi on ka taimede lehtedes. Bunsen söötis taimede lehti lehmale ning pärast seda avastas liitiumi ka lehmapiimas. Veelgi enam, liitium avastati ka nende inimeste veres, kes olid joonud selle lehma piima.

Uue meetodi täpsus ja tundlikkus oli ainulaadne. Nii näiteks piisas vaid sõrmede hõõrumisest põleti leegi kohal, et spektroskoobis tekiks kudede koostises oleva naatriumi kollane leek. Sõna otseses mõttes kaalututes osakestes, mis hõõruti maha naha pinnalt, ei sisaldu üle ühe kümne miljondiku milligrammi[1] ainet. Niisuguseid aine hulki ei ole võimalik avastada mitte mingisuguste teiste meetoditega. Tõepoolest piisas inimesel, kes kandis näiteks vaskraamidega prille, neid kohendada nina peal, et spektroskoobi abil avastada tema sõrmedel vaske.

Nagu palju hiljem kindlaks tehti, on spektrite tekkimine ja olemus seotud aine aatomi ehitusega. Kuna erinevad aatomid annavad ka erinevaid spektreid, siis arvatavasti on looduses nii palju erinevaid spektreid, kui palju on erinevaid aatomite «sorte». Analoogiliselt mikroskoopiliste raadiojaamadega on iga aine aatomid võimelised andma oma, ainult neile omase «signaali» — spektri, mille järgi võib neid aatomeid, kus nad ka ei asuks, avastada.

Uurides Saksimaalt saadud mineraali lepidoliidi spektreid, nägid Bunsen ja Kirchhoff 1860. a. punaseid jooni, mis ei ühtinud sel ajal tuntud elementide spektrites liitiumi asukohaga. Samasugune fakt esines ka Dürkheimi kuurordi allikavee aurutamisel saadud tahke jäägi spektri uurimisel. Ainult et sel korral olid spektris ilusat taevassinist värvi jooned. Bunsen otsustas, et lepidoliit ja Dürkheimi vesi sisaldavad uusi veel senitundmata elemente.

Selsamal aastal eraldas Bunsen lepidoliidist ja mineraalveest uued elemendid. Üks nendest nimetati spektri-

[1] Milligramm — üks tuhandik grammi.

joonte punase värvuse järgi rubiidiumiks (ladinakeelsest sõnast *rubidius* — punane), teine helesiniste joonte järgi — tseesiumiks (*caesius* — ladina keeles helesinine).

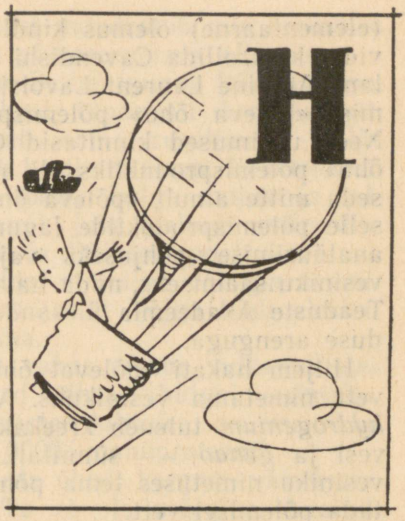
Lõbusa kurioosumina jutustame tuntud füüsiku Robert Woodi tembust. Üliõpilastel, kes elasid erapansionaadis, tekkis kahtlus toidu kvaliteedi suhtes. Kas perenaine ei valmista hommikueinet lõunasöögi jäätmetest? Wood jättis lõunasöögi ajal taldrikule tüki liha ja puistas sellele liitiumkloriidi. Saanud hommikueine, tuhastas ta selle muhvelahjus, ning kontrollis tuhka spektroskoobi abil. Ilmus reetlik punane joon.

Pansionaadi perenaise tegevus oli paljastatud!

Uute elementide avastamine oli spektraalanalüüsi, looduse uurimise uue meetodi hiilgavaks võiduks. Spektraalanalüüs levis laialt teaduses ja rikastas seda arvukate tähelepanuväärsete avastustega. Spektroskoobi abil määras inimene kaugete tähtede, Päikese, kõrgel Maa kohal ereda plahvatusega põlevate meteooride jt. koostise. Käesoleval ajal on spektroskoop iga hästisisustatud laboratooriumi hädavajalikuks aparaadiks. Spektroskoop on vajalik füüsikule ja keemikule, astronoomile ja geoloogile, agronoomile ja mineraloogile, arstile ja bioloogile, insenerile ja metallurgile.

MAAILMAHOONE ALUSMÜÜRID

MAAILMAHOONE
ALUSMÜÜRID



TULEST SÜNDIV ... VESI

1. VESINIK — *Hydrogenium* (H)

Vesi tulest! See näib uskumatuna, kuid see on fakt, mille esmakordselt tegi kindlaks (1781—1782) inglise teadlane Henry Cavendish. Ta põletas suletud nõus värvuseta, maitseta ja lõhnata gaasi, mida sel ajal nimetati «põlevaks õhuks», ning avastas, et põlemisproduktiks oli vesi. Cavendish ei uskunud algul saadud tulemust, ent sooritanud rea täpseid katseid «põleva õhu» põletamisel, veendus ta, et põlemisproduktiks oli ainult vesi, «millel ei olnud maitset ega lõhna ning kuivaksaurutamisel ei jätnud kõige väiksemat nähtavat jääki».

Tuleb märkida, et juba enne Cavendishi jälgis inglise looduseuurija J. Priestley niiskuse tekkimist «põleva õhu» segu põlemisel ja plahvatamisel, kuid ... ei pööranud sellele küllaldast tähelepanu.

Vaatamata sellele, et «põlev õhk» oli teada juba keskaja saksa arstile ja looduseuurijale Paracelsusele (XVI saj.) ning kuulus inglise keemik, füüsik ja filosoof Robert Boyle oskas 1660. a. mitte ainult saada «põlevat õhku» väävelhappest ja rauast, vaid ka koguda seda nõusse, mida enne teda ei suudetud teha, tehti selle gaasi lihtne

(elementaarne) olemus kindlaks alles 1783. aastal. Soovides kontrollida Cavendishi katseid, tegi prantsuse teadlane Antoine Laurent Lavoisier 1783. aastal täpseid uurimisi «põleva õhu» põlemisprodukti tundmaõppimiseks. Need uurimused kinnitasid Cavendishi katseid: «põleva õhu» põlemisproduktiks oli ainult vesi. Lavoisier tõestas seda mitte ainult «põleva õhu» põletamise teel, vaid ka selle põlemisproduktide lagundamisel. Tegelikult oli vee analüüsimise põhjuseks vajadus leida odav meetod vesiniku saamiseks, mida Lavoisier püüdis teha Prantsuse Teaduste Akadeemia ülesandel seoses algava õhulaevanduse arenguga.

Hiljem hakati «põlevat õhku» selle võime tõttu toota vett nimetama vesinikuks. Vesiniku teaduslik nimetus *hydrogenium* tuleneb kreekakeelsetest sõnadest *hydōr* — vesi ja *genao* — sünnitan, toodan. Seega peegeldub vesiniku nimetuses tema põhiomadus — võime moodustada põlemisel vett.

Vesiniku aatomitel on kõige väiksem kaal teiste keemiliste elementide kõikide aatomite hulgas, ning seetõttu on ta esimesel kohal D. I. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis.

Vesinik on üks looduses kõige enam levinud elemente, mida on avastatud kogu universumis — Päikesel, tähtedel, udukogudes ja maailmaruumis. Maa peal on vesiniku põhimass seotud olekus mitmesuguste ühendite näol, peamiselt veena maakera pinnal. Vesiniku üldhulk maakoores moodustab umbes 1% maakoore kaalust.

Tähtedevahelises ruumis on vesiniku aatomeid mitusada korda rohkem kui kõikide ülejäänud elementide aatomeid kokku. Vesinik domineerib teiste elementide üle tähtede atmosfääris ning on Päikese atmosfääri põhikoostisosaks.

Vesiniku tähtsus universumis on erakordselt suur. Olles «kosmiliseks kütuseks», mis annab tähtedele, nende hulgas ka meie Päikesele energiat, on tal eriline osa.

Päikese sisemuses, kus temperatuur ulatub 20 miljoni kraadini ning aine on kaheksa miljardi atmosfääri rõhu all, annavad vesiniku aatomid ära elektronid. Nende aatomite tuumad (prootonid) saavad kiiruse, mille puhul hakkavad kulgema tuumareaktsioonid. Tuumareaktsioone, mis toimuvad väga kõrgel temperatuuril, nimetatakse termotuumareaktsioonideks. Termotuumareaktsioon, mille

puhul neljast vesiniku tuumast moodustub uue keemilise elemendi, heeliumi tuum, on päikeseenergia allikaks.

Nagu näitas saksa teadlane Bethe, toimub Päikesel heeliumi moodustumine vesinikust tunduvalt keerukamalt, kuid reaktsiooni lõpp annab sama resultaadi: nelja vesiniku tuuma asemele tekib heeliumi tuum. Reaktsioonil vabanev energia tagab selle tohutu hulga soojus- ja valguskiirguse, mida Päike annab juba paljude miljardite aastate kestel. Et ette kujutada Päikese poolt kiiratava energia hulka, piisab kui öelda, et sellise energia saamiseks oleks vaja 180 000 000 miljardit Volga hüdroelektrijaama võimsusega elektrijaama.

Maa peal leidub vesinikku vabas olekus vulkaanilistes gaasides. Ka taimed eritavad vähesel hulgal vesinikku. Atmosfääris, isegi selle ülemistes kihtides, on vesinikku tühisel hulgal, mis ei ületa 0,00005 mahuprotsenti.

Puhas vesinik on 14,45 korda õhust kergem, värvuseta, lõhnata ja maitseta gaas. Ta ei ole mürgine. Vesinik difundeerub ja efundeerub kõikidest gaasidest kiiremini ning juhib kõige paremini soojust (vesiniku soojusjuhtivus on 7 korda suurem õhu soojusjuhtivusest).

Vesinik esineb looduses kolme isotoobina: tavaline, raske ja üliraske vesinik. Tavalises vesinikus on rasket vesinikku vähesel hulgal. Tavalise vesiniku 5 tuhande aatomi kohta tuleb 1 aatom rasket vesinikku. Rasket vesinikku kui vesiniku teist isotoopi nimetatakse deuteeriumiks (kreekakeelsest sõnast *deuteros,* mis tähendab teine).

Analoogiliselt prootoniga nimetati deuteeriumi aatomituum deutoniks, sageli nimetatakse seda deutroniks.

Deuteeriumi tähistatakse ladina tähega D või säilitatakse vesiniku keemiline märk, märkides tema massiarvu numbriga 2, ning kirjutatakse ^2H.

Deuteerium erineb tavalisest vesinikust tuumaehituse poolest. Deuteeriumi tuum koosneb prootonist ja neutronist, mistõttu deuteeriumi massiarv on kaks korda suurem tavalise vesiniku aatomi massist. Niisugune järsk erinevus ühe ja sama keemilise elemendi isotoopide massides on ainuke juhus mitmesuguste elementide tuntud isotoopide hulgas. Tavalist vesinikku, mille aatomid on kõige lihtsamad (koosnevad ühest prootonist ja ühest elektronist), nimetatakse vahel prootiumiks (sõnast *prõtos* — esimene).

Vett, milles prootium on asendatud deuteeriumiga, nimetatakse raskeks veeks. See erineb oma omadustelt tavalisest veest. Nii ei külmu raske vesi nagu tavaline vesi temperatuuril 0° C, vaid +3,8° C, ei kee 100° C, vaid 101,4° C juures. Raskel veel on tavalisest veest suurem tihedus (1,1056). Raskes vees ei ole võimalik elu. Tavaline vesi sisaldab alati vähesel hulgal rasket vett, mis moodustab 0,02% vee üldmassist. Kuid kogu maakeralt kokkukogutud raske veega võiks täita basseini, mille ruumala on võrdne Mustas meres oleva vee ruumalaga.

Rasket vett kasutatakse tuumareaktorites aatomienergia saamisel ainena, mis aeglustab neutrone.

Raske vee saamine puhtal kujul on kauakestev ja kulukas protsess. See põhineb vee elektrolüüsil (lagundamine elektrivoolu abil), mille puhul «tavalise» vee molekulid lagunevad esimeses järjekorras, raske vesi aga koguneb samal ajal jääki. Lääne-Euroopas tootsid sakslased Teise maailmasõja ajal esmakordselt rasket vett tööstuslikus mastaabis okupeeritud Norra territooriumil, kus oli saadaval hüdroelektrijaamade odav energia. Raske vesi määras uut liiki relva (aatomipommi) loomise, millele fašistliku armee juhtkond pani oma viimased lootused. 28. veebruaril 1943. a. lasksid norra patrioodid koos inglise parašütistidega õhku raske vee tsehhi. Seejärel sundisid inglise lennuväe rünnakud fašistlikku juhtkonda tehase sisseseade ja kogutud vee tagavara üle viima Saksamaale. Norra vastupanuliikumise võitlejad lasksid 20. veebruaril 1945. a. õhku laeva, hävitades koos seadmetega ka 16 m^3 rasket vett.

Raske vee hind on ikka veel kõrge. Välismaa ajakirjanduse andmetel maksab üks kuupmeeter rasket vett mitte vähem kui 300 tuhat dollarit.

On tuntud ka kolmas «üliraske» isotoop. Seda isotoopi nimetatakse triitiumiks (kreekakeelsest sõnast *tritos* — kolmas). Triitiumi võib saada kunstlikult tuumareaktsiooniproduktina, näiteks kerge metalli liitiumi aatomite «pommitamisel» neutronitega. Triitiumi aatomi tuumades on kaks neutroni ja üks prooton. Triitium on looduses äärmiselt vähe levinud. Miljard miljardi tavalise vesiniku aatomi kohta tuleb üks triitiumi aatom. Triitium on vesiniku radioaktiivne isotoop. Ta kiirgab beetaosakesi ning muundub heeliumi isotoobiks, mille aatomkaal on 3. Triitiumi poolestusaeg on umbes 12,5 aastat.

1962. a. lõpul teatas grupp itaalia füüsikuid — Aragan, Bedisuiolli, Bisi, Piazolli, Pirogino ja Ferrero Kõrgete Energiate Rahvuslaboratooriumist Frascatis (Rooma lähedal) vesiniku uue isotoobi, massiarvuga 4, avastamisest. Uus isotoop saadi heeliumi kiiritamisel intensiivse gammakiirte kimbuga. Heelium asus 9 at rõhu all. Katsed viidi läbi sünkrotroni abil. Katsetulemused määrati kindlaks Wilsoni kambris saadud trekkide (osakeste tee pärast kokkupõrkumist) 15 tuhande foto analüüsi alusel.

Eksperimentaatorite arvates toimub vesiniku uue isotoobi moodustumine gammakvandi sattumisel heeliumituuma pii-mesonite kiirgamisega. Seejuures kaotab heeliumituum kahest prootonist ühe prootoni ning järele jääb ühe prootoni ja kolme neutroniga tuum, s. o. vesinik-4. Tekkinud uus vesiniku isotoop eksisteerib üks kümnemiljardik sekundit ning muutub pärast seda, kui on välja saatnud ühe neutroni, triitiumiks. Oletatakse, et vesiniku-4 aatomid moodustuvad mõningal määral atmosfääri heeliumist kosmiliste kiirte toimel.

Vabas olekus võib vesinikku saada mitmesuguste meetoditega. Tehnilisteks vajadusteks saadakse vesinikku peamiselt kõrgel temperatuuril veeauru ja vingugaasi vastastikusel reaktsioonil. Vesinikuga samaaegselt moodustunud süsihappegaas on vesinikust kergesti eraldatav sel teel, et ta muudetakse vedelikuks jahutamisel kõrgendatud rõhu all. Vesiniku keemis- ja sulamistemperatuur on aga väga madal (vastavalt —253° C ja —259° C) ning ta jääb gaasilisse olekusse.

Mõnedel juhtudel saadakse vesinikku veeauru toimel hõõguvale rauale. Vesiniku saamine veest viimase lagundamisel elektrivoolu abil on samuti sobiv meetod, mida soovitas 1802. a. tuntud vene füüsik ja elektrotehnik V. V. Petrov.

Peale tavaliste vesiniku molekulide, mis koosnevad kahest aatomist, oletatakse ka kolmeaatomilise molekuli, hüsooniumi saamise võimalust. Ei ole välistatud, et hüsoonium on niisama lühikese elueaga kui «üliraske» vesinik.

Vesiniku praktiline kasutamine on väga laiaulatuslik. Olles kõige kergem gaas, kasutatakse seda õhupallikestade, meteoroloogiliste sondide, stratostaatide ja teiste õhusõiduaparaatide täitmiseks. Õhulaevanduse ajalugu, alates prantsuse füüsiku Charles'i poolt loodud 18 m^3 õhupallist kuni saksa konstruktori Zeppelini gigantsete, juhi-

tavate dirižaabliteni, on lahutamatult seotud vesinikuga. Vesiniku võime põleda, tema kerge süttivus juhuslikest ja raskelt kõrvaldatavatest põhjustest (äikeselaengud, sädemed hõõrdumisel jt.) piirasid vesiniku kasutamise võimalusi õhulaevanduses.

... Teise maailmasõja ajal langesid Ameerika Ühendriikide territooriumile selgest ja pilvitust taevast pommid, kostsid plahvatused ja leegitsesid tulekahjud. Kuid isegi sensatsioonihimuline ajakirjandus säilitas vaikuse nendest vaenlase lennukite salajastest ja signaalideta lendudest õhus. Alles mõni aasta tagasi teatati, et see salapärane pommitamine viidi läbi õhupallidega, mis lasti õhku Jaapani saartelt. Niisuguseid palle lasti õhku üle tuhande.

Ameerika luure püüdis ka sõjajärgsetel aastatel lasta meie territooriumile polüetüleenkilest läbipaistvaid palle (ruumala kuni 10 000 m^3), mis olid täidetud vesinikuga ja varustatud seadeldistega spionaažiks.

Keemiatööstuses on vesinik lähtematerjaliks mitmesuguste ainete saamisel (ammoniaak, tahked rasvad jne.). Vesiniku kõrget põlemistemperatuuri hapnikus (2500° C) kasutatakse kvartsi, raskesti sulavate metallide sulatamiseks, terasplaatide jne. lõikamiseks spetsiaalsete põletite abil.

Sisepõlemismootori idee, kus kütusena kasutatakse vesinikku, on väga ahvatlev oma odavuse poolest. Niisugune mootor, tarvitades vesinikku ja õhku, eraldab põlemisproduktina vett.

Agressiivse NATO bloki spetsialistid oletavad, et vesinikupallid on sobivad aatomipommide transportimiseks ja rakettide kohaletoimetamiseks tehastest stardiväljakutele.

Vesiniku saamiseks kütusena on vaja ainult ... vett. Veevarud, mis on vesiniku peamiseks «tooraineks», on maakeral sõna otseses mõttes ammendamatud ja moodustavad $2 \cdot 10^{18}$ (2 miljard miljardit) tonni. Samuti on ammendamatu ka suurte jõgede voolava vee energia. Muundudes elektrijaamades elektrienergiaks, võib see olla energiaallikaks vesiniku saamisel veest viimase lagundamisel elektrivoolu abil.

Aatomifüüsika ja -keemia edusammud avasid tee vesiniku isotoopide praktiliseks kasutamiseks. Kahjuks

aga tarvitati neid võimalusi esmajärjekorras sõjaliseks otstarbeks — vesinikupommi loomiseks.

Vesinikupommis kasutatakse termotuumareaktsiooni energiat (deuteeriumi ja triitiumi vahel), mis viib heeliumi moodustumisele ja neutronite eraldumisele.

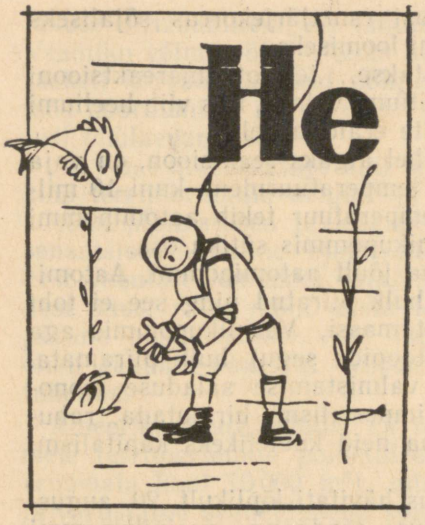
Et vesiniku isotoopide vahel algaks reaktsioon, on vaja neid soojendada ülikõrgete temperatuurideni, kuni 10 miljoni kraadini. Niisugune temperatuur tekib aatomipommi plahvatusel, millel on vesinikupommis sütiku osa.

Vesinikupomm ületab oma jõult aatomipommi. Aatomipommis on lõhkematerjali hulk piiratud ning see ei tohi ületada teatud, nn. kriitilist massi. Vesinikupommis aga on lõhkeaine (vesiniku isotoopide segu) hulk piiramata.

Lootnud vesinikupommi valmistamise saladuse monopolile, püüdis ameerika imperialism hirmutada rahuarmastavaid rahvaid ja teha neid kuulelikeks kapitalismi huvidele.

Ent sõjaõhutajate arvestus hävitati lõplikult. 20. augustil 1953. a. avaldati valitsuse teadaanne vesinikupommi edukast katsetusest NSV Liidus. Selles teadaandes, nagu reas järgnevates avaldusteski, kinnitas NSV Liidu valitsus veel kord oma valmisolekut kõikide aatomi- ja vesinikurelva liikide keelustamiseks, mis peegeldus ka Moskva kokkuleppes tuumarelvakatsetuste keelustamise kohta vees, atmosfääris ja kosmilises ruumis.

Kõige kergema elemendi ammendamatu energia peab teenima rahu ja rahvaste õnne.



TA LEITI PÄIKESEL

2. HEELIUM — *Helium* (He)

18. augustil 1868. a. oodati täielikku päikesevarjutust. Kogu maailma astronoomid valmistusid aktiivselt selleks päevaks. Nad lootsid lahendada päikese helenduvate, väljaulatuvate osade, protuberantside saladuse, mis on nähtavad täieliku päikesevarjutuse momendil päikeseketta äärtel. Osa astronoome arvas, et protuberantsid on kõrged kuumäed, mida päikesekiired valgustavad täieliku päikesevarjutuse momendil. Teised arvasid, et protuberantsid on mäed Päikesel endal; kolmandad nägid protuberantsides päikese atmosfääri tulepilvi. Enamik teadlasi pidas aga protuberantse optiliseks petteks.

1851. aasta päikesevarjutuse ajal, mis oli nähtav Euroopas, nägi saksa astronoom Schmidt mitte ainult protuberantse, vaid jõudis ka jälgida, et nende kontuurid aja jooksul muutuvad. Schmidt tuli oma vaatluste alusel järeldusele, et protuberantsid on hõõguvad gaasilised pilved, mis heidetakse hiigelpursetena päikese atmosfääri. Ent paljud astronoomid pidasid ka pärast Schmidti vaatlusi tulepilvi endiselt nägemispetteks.

Alles pärast täielikku päikesevarjutust 18. juulil 1860. a., mis oli nähtav Hispaanias, kui paljud astronoomid nägid päikese protuberantse oma silmaga, astronoomidel itaallasel Secchil ja prantslasel De la Rue'l aga õnnestus neid mitte ainult joonistada, vaid ka fotografeerida, ei kahelnud enam keegi protuberantside olemasolus.

1860. aastaks oli juba leiutatud spektroskoop — riist, mis võimaldab optilise spektri nähtava osa vaatluse abil määrata kindlaks keha, millelt saadakse vaadeldav spekter, kvalitatiivne koostis. Ent päeval, millal toimus päikesevarjutus, ei kasutanud mitte ükski astronoom protuberantside vaatlemiseks spektroskoopi. Spektroskoop meenus alles siis, kui päikesevarjutus oli juba lõppenud.

Valmistudes aga 1868. a. päikesevarjutuseks oli seetõttu iga astronoomi vaatlusinstrumentide nimekirjas ka spektroskoop. Seda aparaati ei unustanud ka prantsuse tuntud teadlane Jules Janssen, suundudes protuberantse jälgima Indiasse, kus olid astronoomide arvutuste järgi päikesevarjutuse vaatlemiseks kõige paremad tingimused.

Momendil, kui Kuu oli täielikult varjanud Päikese helendava ketta, nägi Jules Janssen, uurides spektroskoobi abil Päikese pinnalt eralduvaid oranžikas-punaseid leegikeeli, spektris peale vesiniku kolme tuntud joone: punase, rohekas-sinise ja sinise joone, uut tundmatut erekollast joont. Mitte ühelgi ainel, mis olid tuntud tolle aja keemikutele, ei olnud niisugust joont selles spektriosas, kus Jules Janssen selle avastas. Astronoom Joseph Norman Lockyer tegi samasuguse avastuse oma kodumaal, Inglismaal.

25. oktoobril 1868. a. sai Pariisi Teaduste Akadeemia kaks kirja. Üks kiri, mis oli kirjutatud järgmisel päeval pärast päikesevarjutust, tuli Jules Janssenilt Gunturist, väikesest linnakesest India idakaldal. Teine kiri, mis oli kirjutatud 20. oktoobril 1868. a., oli Joseph Norman Lockyer'ilt Inglismaalt.

Saadud kirjad loeti ette Pariisi Teaduste Akadeemia professorite istungil. Jules Janssen ja Joseph Norman Lockyer teatasid nendes kirjades teineteisest sõltumata, ühe ja sama «päikeseaine» avastamisest. Lockyer tegi ettepaneku nimetada uus aine, mis leiti Päikese pinnalt spektroskoobi abil, heeliumiks (kreekakeelsest sõnast *helios* — päike).

Niisugune kokkulangevus hämmastas Akadeemia professorite õpetatud nõukogu ja tõestas samal ajal uue keemilise elemendi avastuse objektiivset iseloomu. Päikese protuberantside aine avastamise auks vermiti medal, mille ühel poolel olid Jansseni ja Lockyer'i portreed, teisel poolel aga Vana-Kreeka päikesejumal Apolloni kujutis sõjavankril, mille ette on rakendatud neli hobust. Sõjavankri all paistis prantsuskeelne pealdis: «Päikese protuberantside analüüs 18. aug. 1868. a.».

1895. a. pööras Londoni keemik Henry Miers tuntud inglise füüsiku ja keemiku William Ramsay tähelepanu geoloog Hildebrandi sel ajal juba unustatud artiklile. Selles artiklis kinnitas Hildebrand, et mõned haruldased mineraalid eraldavad väävelhappes kuumutamisel gaasi, mis ei põle ega soodusta põlemist. Niisuguste haruldaste mineraalide hulgas oli kleveiit, mis leiti Norras tuntud rootsi polaaruurija Nordenskiöldi poolt. Londoni kõikidest keemiakauplustest õnnestus Ramsay abilistel osta ainult üks gramm kleveiiti, makstes selle eest kõigest 3,5 šillingit.[1] Eraldanud saadud kleveiidist mõne kuupsentimeetri gaasi ja puhastanud selle lisanditest, uuris Ramsay teda spektroskoobi abil. Tulemus oli ootamatu: kleveiidist eraldunud gaas oli heelium.

Uskumata oma avastust, pöördus Ramsay tolleaegse Londoni kõige suurema spektraalanalüüsi spetsialisti William Crookesi poole palvega, uurida kleveiidist eraldatud gaasi.

Crookes uuris gaasi. Uurimuse tulemus kinnitas Ramsay avastust. Nii avastati 23. märtsil 1895. a. Maa peal aine, mis 27 aastat tagasi leiti Päikesel. Saatnud ühe teate Londoni Kuninglikule Ühingule, teise aga tuntud prantsuse keemikule akadeemik Berthelot'le, avaldas Ramsay samal päeval oma avastuse. Kirjas Berthelot'le palus Ramsay teatada oma avastusest Pariisi Akadeemia professorite õpetatud nõukogule.

15 päeva hiljem eraldas rootsi keemik Langlet, Ramsay'st sõltumata, kleveiidist heeliumi ning, nagu Ramsay, teatas oma avastusest keemik Berthelot'le.

Kolmandat korda avastati heelium õhus, kuhu ta pidi Ramsay arvates sattuma haruldaste mineraalide (kleveiit jt.) lagunemisel ja keemilistel muundumistel maa

[1] Umbes 20 kopikat.

peal. Vähesel hulgal avastati heeliumi ka mõnede mineraalveeallikate vees. Nii näiteks leidis Ramsay heeliumi Coteret tervisveeallikas Pürenee mägedes, inglise füüsik John William Rayleigh aga avastas heeliumi tuntud kuurordi Bathi allikate vees, saksa füüsik Kayser avastas heeliumi Schwarzwaldi mägede purskuvates allikates. Kõige rohkem avastati aga heeliumi mõnedes mineraalides. Heeliumi on samarskiidis, fergusoniidis, kolumbiidis, monatsiidis ja uraniniidis. Eriti palju on heeliumi Tseiloni saarelt pärinevas mineraalis torianiidis. Ühe kilogrammi torianiidi kuumutamisel hõõguvpunaseks eraldub 10 liitrit heeliumi.

Peagi tehti kindlaks, et heeliumi on ainult nendes mineraalides, mille koostises leidub radioaktiivset uraani ja tooriumi. Alfakiired, mida mõned radioaktiivsed elemendid kiirgavad, ei ole midagi muud kui heeliumi aatomituumad, mis elektronidega ühinedes muunduvad heeliumi aatomiteks.

Heelium on läbipaistev, maitseta ja lõhnata gaas. Ta on aatomkaalu suuruselt järgmine element pärast vesinikku. Kategooriline väide, et «heelium on absoluutselt inertne, s. t. ei astu mitte mingisugustesse reaktsioonidesse» oli alles üsna hiljuti õige. Praegu on epiteet «inertne» heeliumi suhtes väär. On juba saadud ja uuritud heeliumi püsivat ühendit — heeliumvesinikdifluoriidi, mis on võib-olla alles esimeseks liikmeks analoogiliste ühendite peres.

Taoliste ühendite saamisviis kuulub tuumamuundumiste, mitte aga klassikaliste keemiliste meetodite valdkonda. Kuid tähtis on ju tulemus.

Kui kaaliumvesinikdifluoriidi (KHF_2) kristalli viia tavalise püsiva prootiumi isotoobi asemele tema radioaktiivne isotoop triitium, siis viimane moodustab beetalagunemisel heeliumi. Omades siseenergia varu, reageerib ergastatud heeliumi aatom tekkemomendil fluoriga.

Kas heeliumi uusi ühendeid saadakse tulevikus just sel teel, on raske öelda. Peamine aga on see, et heelium ei ole inertne. Heeliumil on kõikidest ainetest kõige madalam keemistemperatuur —269° C. Vedel heelium on kõige külmem vedelik. Heelium «külmub» —272° C juures, mis on ainult ühe kraadi võrra kõrgem absoluutse nulli temperatuurist.

Heelium on kõige sobivam gaas õhusõiduvahendite

jaoks. Tavaliselt kasutatakse nende täitmiseks heeliumi (85%) ja vesinikku (15%) segu. Suured kogused heeliumi (kuni 200 000 m³), mis minevikus oli vaja dirižaablite täitmiseks, saadi põhiliselt looduslikest gaasidest.

Esimese maailmasõja ajal kasutas saksa sõjavägi suurte linnade, peamiselt Inglismaa ja Prantsusmaa pealinna, pommitamisel tsepeliine. Nende täitmiseks kasutati vesinikku. Seepärast oli võitlus tsepeliinide vastu suhteliselt lihtne: tsepeliini kestale sattunud süütemürsk süütas vesiniku põlema, tsepeliin süttis momentaalselt ja põles ära. 123 tsepeliinist, mis ehitati Saksamaal Esimese maailmasõja ajal, põles 40 tsepeliini süütemürskude toimel.

Ent ükskord oli Inglise armee peastaap hämmastunud erilise tähtsusega teatest. Süütemürskude otserünnakud saksa tsepeliinide pihta ei andnud tulemusi. Tsepeliin ei süttinud, vaid, voolanud nähtavasti tühjaks mingisugusest tundmatust gaasist, lendas tagasi.

Sõjaväe spetsialistid olid nõutud. Vaatamata küsimuse erakorralisele ja üksikasjalisele arutamisele tsepeliini mittesüttivuse kohta süütemürskude toimel, ei suutnud nad anda vajalikku seletust. Inglise keemik Richard Threlfall lahendas tsepeliini mõistatusliku käitumise. Kirjas Briti admiraliteedile kirjutas ta: «... oletan, et sakslased leiutasid mingisuguse meetodi suurte heeliumihulkade tootmiseks ning täitsid sel korral oma tsepeliinikesta mitte vesinikuga, nagu tavaliselt, vaid heeliumiga ...»

Suurte heeliumiallikate puudumine Saksamaal aga vähendas Threlfalli argumentide usutavust. Heeliumi on õhus aga väga vähesel hulgal. Ühes kuupmeetris õhus on ainult 5 kuupsentimeetrit heeliumi. Linde süsteemi külmutusmasin, mis veeldab ühes tunnis mõnisada kuupmeetrit õhku, ei saanud anda selle aja jooksul rohkem kui 3 l heeliumi.

3 liitrit heeliumi tunnis! Tsepeliini täitmiseks on aga vaja 5—6 tuhat kuupmeetrit heeliumi. Niisuguse hulga heeliumi saamiseks peaks üks Linde masin vahetpidamata töötama umbes kakssada aastat, kakssada sellist masinat annaksid aasta jooksul vajaliku hulga heeliumi. Kuid 200 tehase ehitamine õhu veeldamiseks, et saada heeliumi, ei ole majanduslikult kasulik ning on praktiliselt mõttetu.

Kust said saksa keemikud heeliumi?

Nagu hiljem selgus, lahendas saksa imperialism selle küsimuse suhteliselt lihtsalt. Ammu enne sõda anti Saksa

laevakompaniile, kes vedas kaupa Indiasse ja Brasiiliasse, korraldus laadida tagasipöörduvad laevad mitte tavalise ballastiga, vaid monatsiitliivaga, mis sisaldab heeliumi. Nii loodi «heeliumi tooraine» tagavara — umbes 5 tuhat tonni monatsiitliiva, millest saadigi tsepeliinide jaoks heeliumi. Peale selle saadi heeliumi Nauheimi mineraalveeallikatest, mis andis iga päev umbes 70 m^3 heeliumi.

Juhtum mittesüttiva tsepeliiniga oli tõukeks uutele heeliumi otsingutele. Keemikud, füüsikud ja geoloogid hakkasid heeliumi intensiivselt otsima. Heelium omandas ootamatult suure väärtuse. 1916. aastal maksis 1 m^3 heeliumi 200 000 rubla kullas, s. o. 200 rubla liiter. Kui arvestada, et üks liiter heeliumi kaalus 0,18 g, siis 1 g heeliumi maksis üle 1000 rubla.

Heelium muutus suurkaupmeeste, spekulantide ja börsitegelaste jahiobjektiks. Suurtes kogustes avastati heeliumi looduslikes gaasides, mis väljusid maapõuest Kansase osariigis Ameerikas. Pärast Ameerika sõtta astumist ehitati Fort Worth'i linna lähedale heeliumi tootmise tehas. Kuid sõda lõppes, heeliumi varud jäid kasutamata, tema hind langes järsult ning 1918. a. lõpuks maksis 1 m^3 heeliumi umbes 4 rubla.

1923. a. kasutasid ameeriklased suure vaevaga saadud heeliumi dirižaabli «Shenandoah» täitmiseks. See oli maailmas esimeseks ja ainsaks õhulaevaks, mis oli täidetud heeliumiga. Ent tema «elu» oli lühike. Torm hävitas «Shenandoah» kaks aastat pärast ehitamist. 55 tuhat m^3, peaaegu kogu maailma heeliumi tagavara, mida koguti 6 aastat, hajus jäljetult atmosfääri tormi ajal, mis kestis ainult 30 minutit.

Veealustel töödel kasutatakse heeliumi kunstliku õhu saamiseks. Kunstlikku õhku, mille koostises lämmastik on osaliselt asendatud heeliumiga, kasutatakse eriti kõrge rõhu all töötavate tuukrite hingamise kergendamiseks.

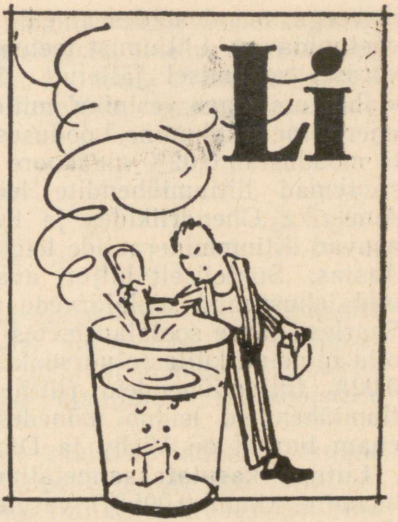
Nagu teada, on gaaside lahustuvus vedelikes normaaltingimustes võrdeline rõhuga. Tuukritel, kes töötavad suure rõhu all, on veres tunduvalt rohkem lahustunud lämmastikku kui normaaltingimustes, veepinnal. Sügavusest tõusmisel, kui rõhk läheneb normaalsele rõhule, väheneb lämmastiku lahustuvus ning selle ülejääk hakkab eritama. Kui tõus toimub kiiresti, on ülejäägi eraldumine niivõrd äge, et veri ja organismi veerikkad koed, mis on gaasist küllastunud, hakkavad lämmastikumullikeste

tõttu vahutama nagu vahuvein pudeli avamisel. Lämmastikumullikeste moodustumine veresoontes häirib südame tegevust, halvab peaaju funktsioone, põhjustab organismi elutalitluse raskeid häireid ja isegi surma. Selleks et vältida kirjeldatud nähtuste tekkimist, mis on tuntud «kessoontõve» nime all, toimub tuukritel tõus, s. o. üleminek suurendatud rõhult normaalrõhule, väga aeglaselt. Seejuures eraldub lahustunud gaaside ülejääk pikkamööda, mistõttu ei esine mitte mingisuguseid haiguslikke nähtusi.

Kunstliku õhu kasutamisega, milles lämmastik asendatakse vähem lahustuva heeliumiga, kaovad kahjulikud häired peaaegu täielikult. See võimaldab suurendada tuukrite laskumise sügavust (kuni 100 ja rohkem meetrit) ja pikendada vee all viibimise aega.

«Heeliumiõhu» tihedus on kolm korda väiksem tavalise õhu tihedusest. Seetõttu on «heeliumiõhku» tavalisest õhust kergem hingata (väheneb hingamislihaste töö). Sel asjaolul on suur tähtsus hingamislihaste haigestumise ja mõningate teiste hingamisega seotud haiguste puhul. Seepärast kasutatakse «heeliumiõhku» ka meditsiinis astma, lämbumiste ja teiste haiguste ravimisel.

Heeliumi kasutatakse madalate temperatuuride saamiseks ka tehnikas.



KÕIGE KERGEM METALL

3. LIITIUM — *Lithium* (Li)

1817. aastal avastas rootsi keemik A. Arfvedson suhteliselt haruldase mineraali pentaliidi analüüsil uue keemilise elemendi. Hiljem avastati see element ka mõnedes mineraalides, mis kuuluvad kõvade kivimite koostisse. Käesoleval ajal on teada üle 20 mineraali, mille koostises on Arfvedsoni poolt avastatud keemiline element. Seda elementi nimetatakse liitiumiks (kreekakeelsest sõnast *lithos*, mis tähendab kivi).

Saksa keemik R. Bunsen ja inglise füüsik O. Matthiessen said teineteisest sõltumata ehedat liitiumi 38 aastat pärast selle avastamist. Liitium on hõbevalge, erakordselt kerge metall. Liitium on kerguse poolest esikohal teiste metallide hulgas. Ta on 5 korda kergem alumiiniumist ja peaaegu kaks korda kergem veest. Seepärast ujub liitium mitte ainult vee peal, vaid isegi petrooleumis. Kui liitiumist valmistada lennuk, võiksid seda pingutuseta tõsta kaks inimest.

Kuid liitiumist ei ole võimalik teha mitte ainult lennukit, vaid isegi teelusikat. Liitium ühineb energiliselt õhu

Tartu Ülikooli Raamatukogu
ARHIIVKOGU

ja veega, moodustades aineid, mis ei ole mehhaaniliselt vastupidavad. Liitiumist teelusikas kaoks kuuma tee ühekordsel segamisel jäljetult. Seejuures kaasneks lusika «lahustumisega» vesiniku, mille liitium tõrjub veest välja, energiline eraldumine. Looduses on liitiumi suhteliselt palju, ta moodustab 0,02% maakoore aatomite üldhulgast. Kõige suuremad liitiumiühendite leiukohad asuvad Kanadas, Ameerika Ühendriikides ja Kagu-Aafrikas. NSV Liidus asuvad liitiummineraalide leiukohad Kasahstanis ja Kesk-Aasias. Suhteliselt hiljuti avastati liitiumiühendeid, mis olid lahustunud soolajärvede vetes. Nii näiteks avastati Searles'i järve soolalademetes Kalifornias tühimikud, mis olid täidetud küllastatud soolalahusega, mis sisaldas kuni 0,02% liitiumiühendeid (liitiumkloriidi). Lahustunud liitiumiühendeid leidub mõnedes allikates. Nendest kõige enam tuntud on Vichy ja Dürkheimi kuurortide allikad.

Liitiumi kasutatakse metallurgias. Tühise hulga liitiumi lisamine (kuni 0,005%) vasele parandab vase kvaliteeti. Oma keemilise aktiivsuse tõttu reageerib liitium vases lahustunud hapniku, lämmastiku ja väävliga ning, sidudes neid, on vases degasaatori osas. Liitiumi vähesed lisandid alumiiniumile, magneesiumile ja teistele metallidele suurendavad viimaste vastupidavust ja muudavad nad püsivamaks hapete ja leeliste suhtes. Liitiumi aurudes võib keevitada alumiiniumi.

Ka liitumiühendid leiavad praktilist kasutamist. Erilist tähelepanu pälvib nendest liitiumi ühend vesinikuga — liitiumhüdriid, mis on omapäraseks lähtematerjaliks vesiniku saamisel. Tarvitseb vaid toimida veega sellele ühendile, kui algab vesiniku eraldumine. Ühest kilogrammist liitiumhüdriidist võib saada 2800 liitrit vesinikku. Sel viisil saab kahest kilogrammist liitiumhüdriidist peaaegu niisama palju vesinikku kui seda sisaldab 80 kg raskune terasballoon, milles vesinik on 120—150 atmosfääri rõhu all. Seepärast võib liitiumhüdriidi vaadelda kui vesiniku mugavat «kompaktset pakendit». Liitiumhüdriidi peamiseks kasutamisalaks on termotuumaprotsessid.

Liitiumiühendeid kasutatakse keraamikas glasuuride ja emailide valmistamisel, klaasitööstuses «opaalklaasi» ja filtrite tootmisel, mis lasevad läbi ultravioletkiiri. Liitiumhüdroksiidi lisamine leelisakumulaatoritesse suurendab tunduvalt nende elektrimahtuvust. Mõningaid liitiumiühendeid (liitiumkarbonaati, liitiumsalitsülaati) kasuta-

takse meditsiinis kusihappe lahustamiseks. Selle kogunemine organismi põhjustab podagrat. Nekrassovi teoses «Kellel on Venemaal hea elada» jutustab endine mõisateenija rändduritele, kes otsivad õnnelikku inimest Venemaal, uhkusega podagrast:

«... ainult suurtel härradel
me maal saab osaks au
niisugust haigust põdeda.
Po-dag-ra seda hüütakse...»

Õhu puhastamine süsihappegaasidest liitiumiühendite abil on keerulisemaid tehnilisi ülesandeid allveelaevade sõidupraktikas. Selle probleemi lahendamine oli tähtis kosmonautidele, kes teatasid maailmale inimmõistuse uuest võidust.

Liitium esineb soolades, mis kuuluvad taimorganismide koostisse. Tema funktsiooni taimedes ei ole aga välja selgitatud. Eriti palju sisaldavad liitiumi meredes esinevad pruun- ja punavetikad. Maismaataimedes on liitiumi suhteliselt suurtes kogustes tulilille, onopordonis ja tubakas. Tubakalehtede põlemisel jääb osa liitiumiühendeid tubakatuhka. Kasutades liitiumiühendite võimet kiirendada (katalüüsida) mõningaid reaktsioone, võib näidata liitiumi olemasolu tubakatuhas efektse suhkrusüütamise «triki» abil tuletikuleegist.

Kui tükk suhkrut süüdata põlema tuletikuleegist, hakkab suhkur sulama, kuid ei põle. Kui aga suhkrutükile raputada tubakatuhka, siis võib teda kergesti süüdata. Liitiumisoolade juuresolekul hakkab suhkur põlema nagu paber.

Loomorganismides on liitiumi peamiselt maksas ja kopsudes.



MAGUSA «MULLA» METALL

4. BERÜLLIUM — *Beryllium* (Be)

1798. aastal uuris prantsuse keemik Vauquelin mineraali omadusi, mis on teaduses tuntud berülli nime all. Berülliks (kreekakeelsest sõnast *bēryllos* — kivi nimetus, mis tähendab läikiv) nimetati erilist mineraali, mille läbipaistvaid rohekassiniseid või rohelisi teisendeid peeti ammust ajast vääriskivideks. Rohekassinist värvi kive nimetatakse akvamariinideks, siniseks värvunud kive aga smaragdideks. Täiesti läbipaistvad smaragdid on väga haruldased ja neid peetakse roheliste vääriskivide hulgas kõige hinnalisemateks.

Smaragd on kivi, mille värvust on luules ülistanud maailma kõikide maade poeedid. India legendide järgi smaragd «imiteerib noore papagoi kaelasulgede... noore rohu... paabulinnu sabasulgede värvi...». «Ta on roheline, puhas ja õrn nagu kevadine rohi...,» kirjutas smaragdist A. I. Kuprin. Vaimustudes smaragdidest, rääkis M. V. Lomonossovi kaasaegne akadeemik V. M. Severgin: «Nendega võrreldes ei haljenda rohelisemalt ükski ese.»

Ka Vauquelin andis oma panuse smaragdide uurimisel. Huvitudes selle imeilusa looduse toote, berülli omadustest,

eraldas Vauquelin mineraalist ja kirjeldas küllalt üksikasjaliselt mullale sarnast ainet. Seda «mulda» («muldadeks» nimetati keemias ammust ajast poorseid, mullataolisi produkte, mis saadi metallide kuumutamisel õhus) nimetati glütsiiniks tema võime tõttu anda magusa maitsega ühendeid. See nimetus tuleneb kreekakeelsest sõnast *glykys*, mis tähendab magus.

1828. aastal eraldasid saksa keemik Friedrich Wöhler ja prantslane A. Bussy glütsiinist metalli. Seda metalli nimetati tema lähteaine, «magusa» mulla nime järgi glütsiiniumiks.

Hiljem tuletati selle metalli nimetus mitte magusast «mullast», millest teda saadi, vaid mineraali järgi, millest esmakordselt saadi magus «muld». Nii ilmus keemialeksikoni glütsiiniumi uus nimetus — berüllium. Aja jooksul võtsid peaaegu kõikide maade keemikud kasutusele avastatud metalli uue nimetuse. Muuseas, Prantsusmaal nimetatakse seniajani berülliumi glütsiiniumiks või glütsiiniks ja kasutatakse ladinakeelset sõna *glycinum* ning aatomimärki Gl berülliumi ja Be asemel.

Berüllium moodustab 0,001% (niisama palju kui tsink) maakoore aatomite üldarvust. Seepärast võib berülliumi pidada küllalt levinud elemendiks looduses.

Berüllium on puhtal kujul kerge (tihedus 1,82), kõva (lõikab kergesti klaasi), korrosioonikindel, terashall metall. Berülliumiühendite üksikasjaline uurimine viidi esmakordselt läbi vene keemiku J. Avdejevi poolt, kes määras berülliumi ekvivalentkaalu.

Tehnikas on berüllium suhteliselt noor metall. Hiljuti möödus 25 aastat tema kasutuselevõtmisest tehnilises progressis. Berülliumi kasutatakse metallurgias. Berülliumi väikeste hulkade lisamine mõnedele metallidele annab moodustuvatele sulamitele niisugused omadused, mida ei ole berülliumil ega ka metallidel, millele seda lisatakse. Nii näiteks suurendab berülliumi lisamine vasele viimase kõvadust, vastupidavust ja keemilist püsivust mitu korda, vähendamata seejuures elektrijuhtivust. 2-protsendilise berülliumisisaldusega vase sulam (berülliumpronks) on kaks korda kõvem roostevabast terasest ja väga püsiv mehhaanilise ja keemilise toime suhtes. Niisugusest sulamist valmistatakse mitmesuguseid instrumente (peitleid, haamripäid, kaevuri kirkasid jne.). Erinevalt terastoodetest ei anna berülliumpronks löögil vastu

kivi või metalli sädemeid. See on väga tähtis töötamisel šahtides ning süttivate ainetega taara avamisel, kus juhuslik säde võib põhjustada tugeva plahvatuse. 1% berülliumi lisamine terasvedrule tõstab enneolematult valmistatavate esemete tugevust ja iga. Eriti tähtis on see, et niisugusest sulamist vedrud ei kaota vetruvust isegi kõrgel temperatuuril (punase hõõgeni).

Kõrglennunduse tehnika arenguga omandavad berülliumisulamid magneesiumi, alumiiniumi, titaani ja teiste metallidega erilise tähtsuse stratoplaanide ja rakettide ehitamisel.

Suurt osa etendavad masinate ja mehhanismide eluea ja töövõime suurendamisel nende detailide pindade omadused. Metallipinna vääristamine, selle tugevuse ja vastupidavuse tõstmine on otsustava tähtsusega detailide «eluea» pikendamisel. Need omadused annab detailide pinnale berüllium. Tarvitseb vaid hoida eset berülliumipulbris 900—1000° C juures ning pind muutub kaks korda tugevamaks kui kõige paremad karastatud terasesordid.

Berülliumi võimet läbi lasta kõikidest teistest õhu käes vastupidavatest metallidest kõige rohkem röntgenikiiri, kasutatakse röntgenitehnikas röntgenitorude «akende» valmistamisel (nii nimetatakse berülliumist valmistatud röntgenitoru osi, millest lastakse läbi kiiri).

Berülliumil on tähtis koht aatomi ja selle tuuma ehituse õpetuse arengu ajaloos. 1930. aastal avastati, et berülliumi pommitamisel heeliumi aatomitè tuumadega (alfaosakestega) hakkavad berülliumiaatomid välja saatma «kiiri», mis läbivad mõne sentimeetri paksuse pliikihi.

1932. a. õnnestus Chadwickil kindlaks teha berülliumi kiirguse olemus. Selgus, et see on ligikaudu prootoni massiga võrdsete massiosakeste voog, kuid erinevalt prootonitest ei kanna elektrilaengut. Neid osakesi nimetati neutroniteks.

Elektrilaengute puudumine kergendab tunduvalt neutronite tungimist teiste elementide aatomite tuumadesse, muutes neutronid tuumareaktsioonide läbiviimisel aatomisuurtükiväe efektiivseks «mürsuks».

Klaasampull berülliumipulbri ja vähese hulga raadiumi seguga võib olla neutronite kõige lihtsamaks allikaks. Sellises ampullis annab 0,1 g raadiumisoola mitusada tuhat neutronit igas sekundis.

Berülliumoksiidi (sulamistemperatuur üle 2500° C)

kasutatakse kõrge tulekindluse, samuti ka kuumutatud olekus suure inertsuse tõttu paljude sulametallide ja nende soolade suhtes tulekindlate tiiglite valmistamisel.

Berülliumoksiid kuulub hamba plombeerimismassi — hambatsementide ja mõnede orgaaniliste ainete saamisel kasutatavate kiirendajate (katalüsaatorite) koostisse. Berülliumoksiid leiab kasutamist ka päevavalguslumi-nestsentslampides, mis kiirgavad kollakasvalget valgust.

Kõik lahustuvad berülliumiühendid on mürgised, ena-mikul neist on magus maitse.



TAIMED EI ÕITSE TEMATA

5. BOOR — *Borum* (B)

Booriühendid olid tuntud juba Araabia alkeemikutele. Legendaarse Džabir ibn Haiana, kes elas umbes 721—815. a. Bagdadis Garun al Rašidi tuntud kalifaadis, teostes märgiti ühte nendest ühenditest sõnaga *būraq, būraqa,* mis tähendas särama. Võib-olla nimetati nii boori levinud ühendit boorhapet, valget tahket ainet, mille lamedatel soomusetaolistel kristallidel on iseloomulik pärlmutterläige. Araabia alkeemikud said boorhapet Tiibetist, kus iidsetest aegadest on teada järved, mis sisaldavad seda ainet.

Tiibetist veeti välja ka boori kõige tähtsamat ühendit, suuri värvituid ja läbipaistvaid kristalle, mida araablased nimetasid booraksiks. Boori nimetus tulenes lõpptulemusena vanaaegsest booraksi nimetusest.

Boor on Maal küllalt levinud element. Teda on 5 korda rohkem pliist ja 250 korda rohkem hõbedast. Maakoores sisaldub boori 0,0005%. Boori kõige tähtsamaid ühendeid leidub Tiibeti (Hiina) ja Toskaana (Itaalia) järvedes ning mõnedes kuumaveeallikates. Itaalia vulkaanilistes kohta-

des eraldub boorhape maakoore pragudest koos veeauruga. Boori sisaldavate mineraalide suured varud asuvad Marmara mere kaldal, Bandirma sadama ümbruses, Hiinas, Kalifornias ja Lõuna-Ameerikas.

Booriühendid on naftaleiukohtade puuraukude vete ja kivisõetuha koostises. Vähesel hulgal on boori taimedes (0,0001% kuni 0,1% kuivaine kaalust) ja loomorganismides.

Vaatamata inimese kauaaegsele tutvusele boori keemiliste ühenditega, said prantsuse teadlased Gay-Lussac ja Thenard enam-vähem puhta elemendi alles 1808. aastal. Boor, mis on väga raskelt sulav aine (sulamistemperatuur 2075° C), on tuntud amorfse rohekaspruuni pulbri või peente kristallidena, millel on metalliline läige ning mis kõvaduselt ei jää maha teemandist. Tavalistes tingimustes on boor erakordselt inertne aine. Kõrgetel temperatuuridel muutub boor aktiivseks ja ühineb kergesti hapniku, kloori, broomi, väävli ja lämmastikuga.

Erinevalt oma ühenditest booraksist ja boorhappest, mida kasutatakse reas tööstusharudes (klaasi-, keraamika-, nahatööstuses, samuti ka põllumajanduses ja meditsiinis), ei kasutatud boori kaua aega. Alles suhteliselt hiljuti hakati boori kasutama metallurgias. Alumiiniumi, vase, nikli jt. sulamitesse lisatud sajandikprotsenti boori muudab tunduvalt paremaks nende sulamite omadusi.

Vähese hulga boori lisamine kiirlõiketerasele tõstab viimase lõikeomadusi. See seletub boori võimega anda kõrgel temperatuuril teiste metallidega suure kõvaduse ja vastupidavusega ühendeid (niinimetatud boriide). Boori kasutatakse, nagu berülliumigi, terasdetailide pindade vastupidavuse tõstmiseks kulumise vastu. Terasesemete pindade küllastamine booriga (boreerimine) tõstab eseme vastupidavust kulumisele mitu korda.

Boori suhteliselt väike elektrijuhtivus tavalisel temperatuuril tõuseb kuumutamisel 600° C üle 100 korra. See lubab teda kasutada pooljuhtmaterjalide tehnikas.

Booriühendite haruldased omadused on peegeldunud ka teaduslik-fantastilistes teostes. Nii on fantastilisel tähelennukil, mida kirjeldatakse J. A. Jefremovi teoses «Andromeda udukogu», boornitriidist mootorid («borosoonsilindrid kustusid . . .»). Boornitriidid (borosoonid) on tegelikult erakordselt püsivad ja kõvad ühendid.

Kuigi boori varud looduses on suured (ainuüksi Kalifornia osariigis hinnatakse neid näiteks 100 miljonile tonnile), maksis Ameerika Ühendriikides 1 kg metallilist boori 1957. a. 550 dollarit, samal ajal aga vähemlevinud molübdeen maksis ainult 6 dollarit. Niisuguse vastuolu põhjus seisneb booriühendite laialipaisatuses. Boor on vajalik taimede normaalseks arenguks. Boori puudumisel aeglustub taimede kasv, lakkab õitsemine ja viljade moodustumine. Boori täielik puudumine pinnases viib taimede hävimisele. Kuid selle elemendi liig on samuti taimede elutegevuseks ebasoodne, loomadel (lammastel) aga põhjustab sooltepõletiku, mida tuntakse boorenteriidi nime all. Suhteliselt palju on boori suhkrupeedis ja kaalikas, väga vähe teraviljades, rohkem metsa- kui turba- ja leetmuldades.

Erilist huvi pakuvad booriühendid vesinikuga. Need on ühendid, millel on kõige vastikum lõhn ja ... kõrge küttevääртus. Ameerika ühe satelliidi väljalaskmisel kasutati kütusena niisugust ühendit.

Booril on ainult kaks püsivat isotoopi, mis on keemilistelt omadustelt täiesti sarnased, kuid erinevad tunduvalt mõnede füüsikaliste omaduste poolest. Nii näiteks neelab 0,1 mm paksune boor-10-st valmistatud plaat täielikult soojusneutronid. Samasugune plaat, mis on valmistatud boor-11-st on aga täiesti «läbipaistev» ning laseb läbi soojusneutronid.

MILJONÄR

6. SÜSINIK — *Carboneum* (C)

Mis ühist võib olla kirju lillekimbu ja kivisöetüki vahel? Mis ühist on hoolikalt apteegikappide riiulitele asetatud mitmesuguse sisuga pudelitel naftaga?

Ühist on muidugi vähe. Kaua tuleks otsida ka niisugust veidrikku, kes oma armastatule otsustaks lõhnaõli asemel viia tüki kivisütt. Tõsi küll, Pariisis olid moes antratsiidist helmed. Kindlasti ei leiduks ka arsti, kes oma patsientidele soovitaks ravimi asemel naturaalset naftat.

Must, päikesekiirtes tuhmilt helkiv tavaline kivisöetükk, kirju lillekimp ning nafta — kõik nad sisaldavad süsinikku, milleta ei ole võimalik ravimite, enamiku lõhkeainete ja suure hulga niinimetatud orgaaniliste ainete olemasolu, millest omakorda koosnevad inimese, loomade ja taimede organismid.

Süsinik on ainus element, mis annab juba ainuüksi vesinikuga arvutu hulga ühendeid. See seletub süsiniku aatomite omapärase keemilise ehitusega. Erinevalt paljudest teistest elementidest on süsiniku aatomid võimelised omavahel keemiliselt ühinema, moodustades seejuures kord lineaarseid, kord hargnenud ahelaid, kord kinniseid, ringitaolisi molekulaarstruktuure. Süsiniku aatomite arv kõigub nendes ühendites ühest kuni kümnete ja sadadeni. Kui arvestada, et vesiniku vabade valentside (süsiniku aatom on neljavalentne) küllastumine võib peale vesiniku toimuda ka teiste elementide aatomite või aatomirühmadega, siis muutub süsinike võimalike ühendite arv sõna otseses mõttes loendamatuks.

Kui mineraalide arv, s. o. looduslike anorgaaniliste ühendite arv, ulatub 3 tuhandeni ning kõikidest elementidest, peale süsiniku, on keemikute kaasabil saadud üldse

umbes 50 tuhat ühendit, siis süsinikku sisaldavate ühendite arv on juba praegu üle 2 miljoni.

Süsiniku võime tõttu anda hulgaliselt mitmesuguseid ühendeid tekkis taime- ja loomaliikide kogu rikkus ja mitmekesisus. Piisab kui mainida, et ainuüksi putukaliike on mõnede uurijate arvates üle 2—3 miljoni. Taimeliikide üldarv maakeral on ligikaudu 500 tuhat, selgroogsete arv üle 57 tuhande.

Süsinik ei määra siiski elusaine põhimassi, vaid moodustab keskmiselt 10% tema kaalust. Kuid ka selle suuruse puhul moodustab süsiniku üldine hulk, mis sisaldub elusaines, akadeemik V. I. Vernadski andmete järgi 100 000 miljardit tonni. Samasugune hulk süsinikku asub maakera ookeanides ja meredes. Kivisões on 20 000 miljardit tonni süsinikku. 2000 miljardit tonni süsinikku «ripub» atmosfääris süsihappegaasina. Kõige rohkem süsinikku on niisuguste süsinikuühendite koostises, nagu lubjakivi, kriit, marmor jt., millest koosnevad mõned mäed ja mäeahelikud.

Kõik süsinikuühendite liigid looduses on ühel või teisel viisil seotud elusainega. Isegi suured lubjakivi-, marmori- ja kriidilademed, milles süsiniku hulka tonnides väljendatakse numbriga 3 kuueteistkümne nulliga, on oma tekkelt seotud elusainega. Mikroorganismid — juurjalgsed, kes elunesid arvutul hulgal ürgsete merede soojades vetes, ehitasid oma skeleti kaltsiumkarbonaadist. Pärast juurjalgsete surma langesid nende skeletid põhja, kus nad, kuhjudes ja tihenedes miljonite aastate jooksul, moodustasid lubjakiviladem ed. Karbonaatkivimitega (lubjakivi, kriit, marmor jt.) paljandunud ja mattunud pindala moodustab kogu maakeral 40 000 000 km^2.

Pärast merede kuivamist või nihkumist, samuti ka orogeneesi tulemusena väljusid lubjakivimassiivid pinnale või jäid maakoore sügavusse. Viimasel juhul muundus lubjakivi kõrge temperatuuri mõjul süsiniku uuteks ühenditeks, osaliselt aga lagunes süsihappegaasi eraldumisega. Süsihappegaas väljus pinnale vabas olekus või lahustunult vees, mis sattus gaasi liikumise teele mööda maa pragusid, ja hajus atmosfääri.

Suurtes hulkades paiskavad atmosfääri süsihappegaasi tegevvulkaanid. Nii näiteks on teada juhtum, kus Vesuuvi pursete ajal väljunud süsihappegaas hävitas hulgaliselt väikesi loomi.

Maakera mõnedes paikades eraldub pidevalt suurtes kogustes süsihappegaasi maa sügavusest. Umbes 20 sajandit on inimkonnale teada Koerakoobas Naapoli lähedal. Raske süsihappegaas laotub mööda koopa põhja poolemeetripaksuse kihina. Kuigi inimesel on koopas viibimine ohutu, lämbuvad ja hukkuvad koerad, kes satuvad sellesse koopasse. Siit tulenebki koopa nimetus, mida meenutamata ei saanud minevikus läbi mitte ükski keemia õpik. Omapärase huumoriga vihjab sellele A. P. Tšehhov oma jutustuses «Ziinake». Analoogiliselt Naapoli süsihappegaasirikka koopaga on taolisi koopaid ka Ameerika Ühendriikide kuulsas Yellowstone'i rahvuspargis.

Süsihappegaasi võimsaid väljumiskohti on ka Indoneesias. Ulatuslik ja sügav nõgu, mis asub ühe vulkaani jalamil Jaava saarel, on tuntud Surmaoru nime all. Tema põhi on täis juhuslikult sinnasattunud ja oru süsihappegaasi atmosfääris lämbunud loomade ja isegi inimeste skelette.

Tohutul hulgal eraldub süsihappegaasi allikatest, mis voolavad kustunud vulkaanide ümbruses. Erilist meenutamist pälvib Elbrus, Kaukaasia mäeaheliku ehe, mille lähedal on süsihappegaasiga küllastunud allikad. Ülemaailmselt tuntud kuurort Kislovodsk võlgneb oma tekkimise eest tänu ühele sellistest allikatest — «Narsaanile». See allikas eraldab ööpäeva jooksul umbes kaks ja pool miljonit liitrit mineraliseeritud vett, mis sisaldab kuni 5 tonni vaba süsihappegaasi.

Väljaspool Maad on süsihappegaasi spektroskoopiliselt avastatud Maale kõige lähema planeedi, Veenuse atmosfääris. Jäädes oma heleduselt maha ainult Päikesest ja Kuust, on Veenus tähistaeva tõeliseks ehteks. Pärast Päikese loojumist lööb ta esimese ehatähena eredalt leegitsema taevavõlvil. Enne päikesetõusu särab ta aga imeilusa koidutähena.

Ööbides kõrgel mägedes, püstitavad vilunud alpinistid telgi tingimata kaldega väljapääsu suunas, et hingamisel eralduv süsihappegaas väljuks kergemini. Vastasel juhul ootavad magajat mitte ainult hirmsad unenäod lämbumistunde tõttu, vaid veelgi kurvemad tagajärjed.

Taimed neelavad süsihappegaasi. Taimsete süsivesikute, rasvade, valkude ja teiste orgaaniliste ainete süntees ei

ole võimalik süsinikuta, mis on süsihappegaasi koostisosaks.

Atmosfääris olevast süsihappegaasist saavad taimed igal aastal vähemalt 15 miljardit tonni süsinikku. Kivimite porsumisprotsessis kulutatakse süsihappesoolade moodustamiseks üks kuni kaks miljardit tonni atmosfääri süsinikku. Taoliste looduslike protsesside tulemusena muutub atmosfäär vaeseks süsihappegaasi poolest. Praegu ei ole atmosfääris üle 0,03% süsihappegaasi. Süsihappegaas võib läbi lasta Maale langevaid päikesekiiri ning suurel määral kinni pidada soojuse tagasikiirgamist maapinnalt. Süsihappegaasi sisalduse kõikumine atmosfääris avaldab mõju Maa kliima muutustele.

Möödunud geoloogilistel ajastutel oli atmosfääris tunduvalt rohkem süsihappegaasi ning aasta keskmine temperatuur oli palju kõrgem kui praegu. Arvutused näitavad, et süsihappegaasi täielikul eemaldamisel atmosfäärist langeks maapinna keskmine temperatuur 20° C võrra. Jäämüts oleks poolustel palju suurem kui praegu. Igikeltsa piir nihkuks ekvaatori suunas. Seda karta siiski ei tule. Süsihappegaasi varud atmosfääris täienevad pidevalt puidu, turba, kivisöe, nafta ja teiste süsinikku sisaldavate ainete põletamisel, samuti ka tööstusprotsesside arvel, mille puhul eraldub suur hulk süsihappegaasi (lubjakivi põletamine, metallurgia jt.). Et otsustada süsihappegaasi eraldumise suuruse üle, piisab kui mainida, et ainuüksi kivisöe põletamisel pöördub igal aastal atmosfääri tagasi rohkem kui miljard tonni süsinikku.

Võib kindel olla, et atmosfääri süsihappegaasisisaldus kaasajal mitte ainult ei jää samaks, vaid võib-olla isegi aeglaselt kasvab.

Taimed sünteesivad süsihappegaasist ja veest orgaanilisi aineid, millest koosnevad taimekoed. Toitudes taimedest, kasutavad loomad viimaste orgaanilisi aineid oma orgaaniliste ainete loomiseks. Pärast loomade ja taimede surma allutatakse orgaanilised ained mitmesugustele muundumistele. Möödunud geoloogilistel ajastutel moodustusid, sõltuvalt tingimustest, kus toimusid nende ainete muundumised, mitmesugused nafta- ja kivisöeliigid, mis on inimeste praktilises tegevuses põhiliseks energeetiliseks materjaliks. Kivisöe- ja naftavarud on maakeral jaotunud ebaühtlaselt. Seepärast on kapitalismi arengu ajalugu teatud määral kapitalistlike maade võit-

luse ajalugu nafta- ja kivisöeallikate valdamise pärast. Praegu oleme selle võitluse tunnistajateks Lääne-Euroopa suurte kapitalistlike maade ja Ameerika Ühendriikide vahel.

Nafta on põhiliselt mitmesuguste süsinik- ja vesinikühendite segu. Ta on vees lahustumatu, õline, punakaspruun või must, roheka helgiga vedelik. Nafta tihedus on 0,75—0,95. Sügavatest naftalademetest toodetakse ka raskemat naftat.

Nafta tekkimise kemism ei ole veel praeguse ajani küllalt selge. 1876. aastal püstitas D. I. Mendelejev nafta tekkimise «mineraalse» teooria. Selle teooria järgi moodustub nafta maa sisemusse tunginud vee vastastikusel toimel sealasuvate hõõguvtuliste karbiididega.

Keemiliselt seisukohalt on see teooria täiesti tõenäoline. Ent erinevate leiukohtade nafta koostise ja omaduste uurimine räägib vastu tema «mineraalsele» päritolule. Käesoleval ajal on jäänud püsima ka nafta tekkimise «kosmiline» teooria, millele vastavalt vaadeldi naftat süsivesinike, mille olemasolu oletati esialgses maa atmosfääris, veeldumisproduktina (näiteks gaasilise metaani olemasolu planeetide Jupiteri, Saturni, Uraani ja Neptuuni atmosfääris). Kõige tõenäosemaks ja ka praegu üldtunnustatud teooriaks peetakse nafta tekkimise «orgaanilist» teooriat, mis käsitleb naftat kui lihtsate organismide, mis eksisteerisid möödunud geoloogiliste ajastute soojades ja madalates basseinides, jäänuste muundumise produkti. Taimestiku, peamiselt lihtsate vetikate tormiline areng, analoogiliselt praegusele järvede «õitsemisele», põhjustas loomorganismide väga tormilise arengu ning suure hulga orgaaniliste jäänuste kuhjumise veekogude põhja lühikese aja jooksul. Kuhjunud materjali hämmastavalt suure hulga üle võib otsustada mõnede lihtsate organismide paljunemiskiiruse järgi. Nii näiteks võib roheline ränivetikas anda kõige soodsamates arengutingimustes kuu jooksul $2 \cdot 10^{19}$ (20 miljon biljonit) tonni ainet, s. o. massi, mis on võrdne Maa kogu 16 km paksuse pindmise kihi kaaluga. Vaatamata sellele, et keskkonnatingimused (temperatuur, toiduks vajalike elementide olemasolu jne.) piiravad järsult paljunemisvõimalusi, jääb selle kiirus ikkagi küllalt suureks. Isegi kaasaegsetes ookeanides väljendub lihtsaimate organismide kuhjumine vee pealmistes (plankton) ja põhjakihtides (bentos) hiigelarvuga —

100 miljardit tonni. See hulk aga ei moodusta mitte üle 1 protsendi planktoni ja bentose, mis on enamiku mereorganismide põhitoiduks, iga-aastasest juurdekasvust.

Möödunud geoloogilistel ajastutel, kui kõige lihtsamate organismide paljunemistingimused olid soodsamad, planktoni ja bentose tarbijaid oli aga tunduvalt vähem, kuhjus tohutul hulgal lihtsaimate organismide jäänuseid. Nad lagunesid aeglaselt, paljude miljonite aastate jooksul õhu juurdepääsuta ja kuhjusid madalate basseinide põhja. Kattudes savi ja liivaga, muundusid vedelateks ühenditeks, mis praegu on tuntud nafta nime all. Nafta tekkimine kõrgelt arenenud loomade (näiteks kalade) jäänustest, kes hukkusid massiliselt veekogudes, ei ole samuti välistatud. Uurijate katsed loomsete rasvade kuumutamisel suure rõhu all õhu juurdepääsuta viivad vedelate, naftale väga sarnaste produktide moodustumisele. Kui nafta tekkimisest võtsid osa madalates basseinides elunenud lihtsaimate organismide jäänused, siis kivisöe tekkimise lähteaineks oli peamiselt lopsakas floora, mis saavutas oma arengu maksimumi umbes 200 miljonit aastat tagasi.

Ajavahemikku Maa ajaloos, mis sai kuulsaks taimeriigi tormilise arenguga ning andis materjali kivisöe tekkimiseks, nimetavad geoloogid kivisöeajastuks. See ajastu kestis üle 75 miljoni aasta.

Troopilise kliima lopsakas taimestik oli suhteliselt üksluine. Kivisöeajastu floora, mis oli esindatud gigantsete lepidodendronite, kalamiitide, sigillaariate ja teiste puutaoliste taimedega, mis meenutavad kaasaegseid sõnajalgu, kuuskheinu ja koldasid, moodustas ulatuslikke metsi, kus oli üle 200 liigi.

Mäetekkeperioodiga Maal kaasnes sageli maismaa vajumine ja merede pealetung, mis ujutas üle ulatuslikke metsaalasid. Kujunesid tingimused surnud taimede lagundamiseks õhu juurdepääsuta. Taimede lagunemisega kaasnes rea lenduvate lagunemisproduktide eraldumine ja pidev rikastumine süsinikuga. Nii toimus pika aja vältel suurte turbalademete tekkimine. Turba edasise saatuse kujundasid antud rajooni geoloogilise ajaloo iseärasused. Kui maismaa pinnavajumine oli väike ning turbalademed kattusid settekivimitega (savi, liiv jt.), muundus turvas pruunsöeks. Suure vajumise ja paksu sette kuhjumise korral muundus turvas suure rõhu all, vahel ka kõrge tempe-

ratuuri mõjul kivisõe ja antratsiidi mitmesugusteks liikideks.

1913. a. arvutati Rahvusvahelisel Geoloogide Kongressil Torontos (Kanadas) esmakordselt kokku kivisõe varud maailmas, ja saadi 7400 miljardit tonni. 24 aasta pärast hinnati Rahvusvahelisel kongressil Moskvas söevarusid juba 7900 miljardile tonnile. On ilmne, et ka see arv ei ole lõplik ja täpne, kuna geoloogiliste uurimiste täiustumise ja laiendamisega mitte ainult ei täpsustata vanade asukohtade varusid, vaid avastatakse ka uusi kivisöelademeid. Kaevandatava kivisõe kõige paremad sordid sisaldavad kuni 99% süsinikku.

Vaba süsinik esineb kas läbipaistva, kõikides vikerkaarevärvides tulena mängleva hinnalise kalliskivina — teemandina või läbipaistmatu, tumehalli, peaaegu musta, käega katsudes rasvase ainena — grafiidina.

Teemandid olid tuntud juba ürgaja rahvastele. Sõna «teemant» (vene keeles «almaz») tuleneb, kas araabiakeelsest sõnast «almas», mis tähendab «tugevaim» või kreekakeelsest sõnast «adamas», mis tähendab «hävimatu», «võitmatu». Nii üks kui teine nimetus viitab teemandi tugevusele. Ta on tõepoolest kõige tugevam kõikidest looduslikest mineraalidest.

Teemandi olemus oli kaua aega mõistatuseks ning seda peeti kõige puhtamaks mäekristalli prooviks. 1648. a. kuumutasid Firenze akadeemikud teemanti nii, et «sellest ei jäänud järele kõige väiksematki jälge, ja tegid sellega kindlaks, et teemant on põlev aine».

Teadlased arvasid, et suuri teemante on võimalik saada väikeste kokkusulatamisel.[1] 1773. aastal teostas väljapaistev vene mineraloog A. M. Karamõšev Peterburi Mäekoolis, soovides seda arvamust ümber lükata, «teemandi põletamist kindla suuruseni.»

Alles pärast inglise keemiku Tennant'i katseid, kes põletas 1797. a. teemanti tihedalt suletud kullast ümbrises, tõestati, et teemant ei ole midagi muud kui puhas süsinik.

Kuni XVIII sajandi alguseni olid maailmaturu ainsaks teemantidega varustajaiks India ja Borneo saar. XVIII sajandi 30-ndatel aastatel avastati teemandid Brasiilias,

[1] A. S. Puškini «Padaemandas» mainitud krahv Saint-Germain, XVIII sajandi tuntud avantürist, oli kuulus suurte teemantide valdajana, mida ta olevat saanud väikeste teemantide kokkusulatamisel.

1851. a. Austraalias ning lõpuks 1867. a. Lõuna-Aafrikas. Aafrika leiukohad, kust hiljem saadi 95—98% kõikidest kapitalistlikes maades hangitud teemantidest, avastas jahimees jaanalindude jahil. Tema tähelepanu köitis läikiv kivike, millega mängisid talupoegade lapsed Oranje jõe kaldal. Küsinud huvipakkuva «kruusakivi» endale, näitas jahimees seda vilunud spetsialistile, kes tegi kindlaks, et kivike on teemant. Teemantide leiukohtade iga uus avastus sünnitas «teemandipalavikku» ärimeeste, ettevõtjate ja avantüristide hulgas, kes janunesid «muinasjutulise» rikastumise järele. Tuhanded inimesed tormasid rikkuste otsingutele ning leidsid sageli eest ainult häda ja viletsust, kaotades tervise ja sageli ka elu.

Teemandileiukohtade avastamine Lõuna-Aafrikas röövis rahu üliahnetelt inglise kapitalistidelt-kolonisaatoritelt, kes provotseerisid 1899. a. sõja väikeste buuri[1] vabariikide — Oranje ja Transvaaliga. Sõda lõppes 1902. a. inglaste võiduga, kes said sel viisil maailmas kõige rikkamate teemandileiukohtade valdajateks.

1954.—1955. aastate jooksul avastati rikkad teemandileiukohad Jakuutias. Teemantide hulgas, mis leiti 1956. a. Amakinski ekspeditsiooni poolt (evenkikeelsest sõnast *amaka,* mis tähendab «karu») Jakuutias, oli küllalt suuri proove. 1957. a. leiti suur teemandikristall, mida nimetati Jakuutia Venemaaga ühendamise aastapäeva auks «325 aastat Jakuutiat».

Tavaliselt asuvad teemandid erilises teemantkivimis — kimberliidis, mis täidab gigantseid torukujulisi, vertikaalselt maa sügavusse minevaid kanaleid. Nende kanalite moodustumine on nähtavasti seotud tulikuuma massi läbimurdmisega maa sügavusest selle pinnale sügavalasuvate kivimite võimsate pursete tagajärjel. Teemandi kristalliseerumine toimus sügaval maa sees suure rõhu all ja kõrgel temperatuuril. Enne Aafrika teemandileiukohtade avastamist leiti teemante puistutes, s. o. kaugel nende moodustumise kohtadest, purustatud kivimite, liiva, kruusa ja mullasetete keskel. Teemantide sisaldus puistutes ei ületa tavaliselt 5—10 karaati ühe kuupmeetri kivimi kohta.

---

[1] Buurid ehk boorid — väljarändajad Hollandist. *Boers* tähendab hollandi keeles talupojad.

Teemandid, mida varem kasutati ainult ehetena, omandavad pidevalt üha suurema tähtsuse tehnikas. Teemandi erakordse kõvaduse tõttu kasutatakse seda puuriteravike valmistamiseks, terase puurimiseks, peene traadi venitamiseks, kivist ja metallist esemete lihvimiseks, klaasi ja kõvade kivimite lõikamiseks. 19 miljonist karaadist teemanditest, mida saadakse igal aastal maakeral, kasutatakse tehnikas 17 miljonit karaati.

Kunstlikult lihvitud teemante nimetatakse briljantideks ning nad on ehteasjadeks. Venemaal omandasid briljantehted erilise tähtsuse ja hiilguse Katariina II ajal. Katariina II õukonna peadpööritav luksus lasus raske koormana talupoegkonna õlgadel. Et otsustada keisrinna lähikonna muinasjutuliste ehete üle tarvitseb vaid meenutada Potjomkini[1] ilmumist Tauria lossi pidustustele paraadkübaras, mida arvukate briljantide raskuse tõttu oli raske peas kanda. Eriadjutant kandis seda Potjomkini järel kätel. Potjomkini kübarast ei jäänud maha ka ühe Katariina-aegse suurniku briljantidega ülekülvatud kuub, mida on kujutanud V. L. Borovikovski «briljantkuninga» portreel, mida hoitakse Leningradis Vene muuseumis. Briljante, mis kaunistavad miniatuursete portreede raame, lehvikute käepidemeid, kuldtuhatoose, -puudritoose, -kelli ja palju teisi XVIII ja XIX sajandi vilunud meistrite imestamapanevaid teoseid, säilitab nõukogude rahvas hoolikalt meie kodumaa kõige paremates muuseumides.

Teemant, mis on oma harulduse ja ilu poolest ainulaadne hinnaline kalliskivi, kaunistab ka meie päevil aumärke, millega nõukogude rahvas avaldab tunnustust väljapaistvatele tegelastele. NSV Liidu Ülemnõukogu Presiidiumi poolt kinnitatud marssali aumärgil «Marssalitäht» on 31 briljanti. Kõige suurem nendest asub «Marssalitähe» keskel ja kaalub 2,62 karaati. «Marssalitähe» kiirte vahele paigutatud 5 briljandi üldkaal on 3,06 karaati.

Suured teemandid on suureks harulduseks. Nende arv on väike ja igaühe «elulugu» on seotud üleminekuga ühe valdaja käest teise kätte. Iga niisuguse aarde ajalugu on ühtlasi alatuste, õukonna intriigide ja veriste kuritegude

---

[1] G. A. Potjomkin (1739—1791), Tauria vürst, riigitegelane, diplomaat ja kindral-feldmarssal, Katariina II soosik.

ajalugu, kus tähtsat osa mängisid idamaade valitsejate piiramatu võim, rahva julm ekspluateerimine, india radžade, prantsuse kuningate ja vene tsaaride pimestav luksus.

Teemant «Cullinan» oli kõige suurem kunagi maapeal leitud teemantidest. Ta leiti 1905. aastal ning sai oma nimetuse kaevanduse, kus see teemant leiti, ühe valdaja nime järgi. Enne lihvimist oli ta naisekäe suurune ja kaalus 3106 karaati (621 g). Töötlemisel tükeldati ta olemasolevate pragude suunas ja lõigati välja 105 suhteliselt väikest briljanti. Kõige suurem nendest, mida nimetati «Aafrika täheks», on tilgakujuline ja kaalub 530 karaati. «Excelsior» oli suuruselt teine teemant, mis leiti 1893. a. samuti Lõuna-Aafrikas Jagersfonteini kaevanduses. Enne lihvimist kaalus ta 995,3 karaati. Töötlemisel saadi üle 20 briljandi, millest kõige suurem kaalus 70 karaati. 1945. a. leiti Sierra Leone kaevandustes Lääne-Aafrikas suuruselt kolmas teemant, mis kaalus 770 karaati.

India teemantide hulgas on kuulus «Šahh», millega Pärsia valitsus, «paludes armu valgelt tsaarilt», tasus tuntud vene diplomaadi ja väljapaistva kirjaniku A. S. Gribojedovi surma eest, kes langes palgatud mõrtsuka käe läbi 30. jaanuaril 1829. aastal Pärsia pealinnas Teheranis.

Puhaste teemandiproovide tihedus on 3,52, mis värvunud proovidel kasvab kuni 3,55. Teemantide värvus on tingitud lisanditest. Sinist, rohelist ja punakat värvi teemandid on väga haruldased ning neid hinnatakse kõrgelt. Kuulus sügavsinine teemant «Hope» Indiast, mis kaalub 44,5 karaati, on üks kõige hinnalisemaid maailmas. Kauni, punast värvi 10 karaadise briljandi omandas vene imperaator Paul I 100 000 rubla eest.

Teemandid on head soojusjuhid, elektriseeruvad hõõrdumisel, ei ole takistuseks röntgenikiirtele ning on keemiliselt püsivad. Mitte ükski tuntud kontsentreeritud hapetest ei reageeri teemantidega isegi kõrgemal temperatuuril. Teemant läheb kuumutamisel 2—3 tuhande kraadini hapniku juurdepääsuta üle grafiidiks. Kuigi katseid teemantide kunstlikuks saamiseks viis läbi palju teadlasi, ei õnnestunud teostada pöörduvat muundumist. Erilist mainimist pälvivad elektriahju leiutaja, prantslase Moissani uurimised. Moissan lahustas grafiiti sulatatud rauas ja jahutas saadud massi kiiresti. Sulami pinnale tekkinud tahke koorik surus kokku mahult suureneva sisemise massi.

Tahkunud sulami lahustamisel hapetes avastas Moissan väga väikesi terakesi, mis omadustelt meenutasid teemandi kristalle. Moissani avastus, mis avaldati 1893. aastal, tekitas ebatavalist sensatsiooni ja tõi teadlasele maailmakuulsuse, jättes varju vene professori K. D. Hruštšovi nime, kes sai Moissanist sõltumatult samal aastal niisamasuguseid tulemusi.

Peagi aga avaldati andmeid, millele vastavalt ei peetud saadud kristalle teemandiks, vaid karbiidiks (süsinikühend metalliga). Vene mineraloog P. N. Tširvinski oli esimene teadlane, kes kahtles Moissani edus. Tširvinski püüded kritiseerida Moissani katseid prantsuse teadusliku kirjanduse lehekülgedel lõppesid edutult. Ajakirja «Prantsuse Keemiaühingu Bülletään» toimetus ei võtnud vastu Tširvinski töid, motiveerides sooviga mitte kurvastada ühingu presidenti, Moissani.

«Ameeriklased ei või lubada Moissani kritiseerimist,» formuleeris New Yorgi ajakiri Tširvinskile vastuse. Moissan kui kunstlike teemantide looja sai takistamatult kuulsaks mitte ainult populaarteaduslikus kirjanduses, vaid ka paljudes keemiaõpikutes ja käsiraamatutes.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXII kongressil ütles NSV Liidu Teaduste Akadeemia president akadeemik M. V. Keldõš: «Tööstuses kasutatakse juba meie füüsikute poolt väljatöötatud kunstlike teemantide valmistamise meetodeid. Katsed näitasid, et abrasiivtööriista vastupidavus, kus kasutatakse kunstlikke teemante, on 40 protsenti kõrgem kui looduslike teemantide kasutamisel.»

Aparatuuri abil, mis loob vajalikud tingimused grafiidi üleminekuks teemandiks (rõhk 100 000 atmosfääri, temperatuur 2000° C) õnnestus ameerika teadlastel saada kunstlikke veerandkaraadise suurusega teemante. Nähtavasti ei ole kaugel aeg, millal teadus saavutab lakkamatus võistluses loodusega veel ühe võidu ja «kallihinnalist põikpead», söe ja ahjutahma «üllast» sugulast hakatakse «tootma» vajalikul hulgal laboratooriumides.

Teadlased kinkisid NSV Liidu Kommunistliku Partei XXII kongressile musta poleeritud karbi, milles olid juba tööstuslikus mastaabis valmistatud teemandid, mis kaalusid 2000 karaati.

Erinevalt teemandist on grafiit niivõrd pehme, et isegi kerge hõõrdumine paberile jätab viimasele terashalli jälje. Grafiidi iseärasuste hulka kuulub võime põleda hapnikus

(umbes 890° C), kuid õhus on ta praktiliselt täiesti tulekindel. Grafiidi erakordse tulekindluse ja keemilise inertsuse tõttu kasutatakse teda reaktiivmootorites. Puhta grafiidi võimet aeglustada neutronite liikumist kasutatakse aatomitehnikas. Samuti kasutatakse grafiiti terase sulatamiseks tulekindlate tiiglite, elektriahjude elektroodide, pliiatsite jt. asjade valmistamiseks ning masinate töötavate osade määrimiseks.

Pruunsüsi, mida saadakse puidu kuumutamisel õhu juurdepääsuta, on üheks niinimetatud amorfse süsiniku teisendiks. Viimase aja uurimistega on kindlaks tehtud, et «amorfne» süsinik on sageli peenekristalliline grafiit. Võime sadestada ja oma pinnal kinni pidada (adsorbeerida) mitmesuguseid aineid (gaase, vees lahustunud värve jne.) on amorfse söe tähelepanuväärseks iseärasuseks. Adsorptsiooninähtus avastati 1785. a. vene akadeemiku Tobias Jegorovitš Lovitsa poolt.

Ta vihjas ka söe omaduste kasutamise praktilisele võimalusele, näiteks laevadel riknenud vee, äädika jms. puhastamiseks. Mereteenistuse eeskirjas mainitakse: «Kaugetel meresõitudel kasutatakse edukalt sütt vee riknemise ärahoidmiseks, põletades tünne seestpoolt.» Adsorptsiooninähtuse originaalne kasutamine leidis aset Inglismaal, kus söe abil puhastati õhku, mis läks parlamendihoonesse. Hoone asus Thames'i jõe ääres, mis oli reostatud mädanevate jäänustega, mis lagunedes levitasid ümbruskonda halba haisu.

Esimese maailmasõja ajal leidis adsorptsiooninähtus erakordselt laia kasutamist võitluses sõjaliste mürkainetega — mürgiste gaaside või aurudega.

Sõjaliste mürkainete kasutamise initsiatiiv massilise hävitamise relvana kuulub Saksa imperialismile. 22. aprillil 1915. a. kasutati kloori[1] esmakordselt Läänerindel Belgia linna Ypres'i lähedal Inglise-Prantsuse vägede vastu. Esimene rünnak mürkainetega võttis täielikult ära võitlusvõime tervel diviisil, mis kaitses rünnatavat ala. 15 tuhat inimest langes rivist välja, nendest 5 tuhat alatiseks.

Kuu aja pärast korrati gaasirünnakut Idarindel Vene vägede vastu Poolas. 12 km laiusel rindeosal lasti vene-

[1] Kloori sissehingamine põhjustab lämbumist, hingamisteede rasket põletikku, kopsuturset ja surma.

laste positsioonide suunas puhunud tuule ajal õhku 12 000 balloonist üle 150 tonni mürgist gaasi. Ootamatu pealetung ja täielik kaitsetus mürgise gaasi toime vastu põhjustas massilisi ja raskeid kaotusi. «Gaasid» viisid sel ööl rivist välja terve diviisi. Gaasidega mürgistatud eesliinisosad, mis kujutasid kaevikute ja käikude tihedat labürinti, olid täis laipu ja surevaid inimesi. 9 tuhat inimest langes rivist välja. Siberi polgust, kus oli üle 3 tuhande pikakasvulise, väljavalitud laskuri, jäi 20 minutit pärast gaasirünnakut järele 140 inimest. Niisugused olid gaasidega pealetungi tulemused Vene rindel.

Alanud keemiline sõda tõi inimkonnale arvutuid ohvreid ja kannatusi. Nende ohvrite eest hakati inimkonda kaitsma süsiniku ühe «amorfse» teisendi, puusõe abil.

Väljapaistev keemik ja teadlane, professor, hiljem akadeemik, N. D. Zelinski leiutas, katsetas ja 1915. a. juulis esitas gaasitorbiku, mis töötab adsorptsiooninähtusel. Mürgitatud õhu sissehingamine läbi süsinikgaasitorbiku vabastas õhu täielikult mürgistest segudest ja kaitses sõdureid, kes olid varustatud gaasitorbikuga, mürkgaaside toime eest.

Sõjalised mürkained, mille abil imperialism lootis oma huvide teenimiseks põlvili panna miljoneid inimesi, ei õigustanud end.

Kui kapitalism läheb minevikku ja halastamatust võitlusest trustide, sündikaatide, pankade ja eri maade vahel jutustavad ainult muuseumide ekskursioonijuhid kapitalismi osakonnas, siis näidatakse seal ka mineviku võitlusrelvi, mis on loodud kapitalismi mõistuse ja tigedusega. Roostetanud drednootide ja suurte tsepeliiniskelettide, väikeste kuulide ja tsisternitaoliste mürskude, habrastes klaasides mikroobide ja terasballoonides siniste ja roheliste, kollaste ja mustade hirmuäratavate ristidega gaaside hulgas on erilisel austendil puusüsi, mis päästis mineviku sõdades miljoneid inimelusid kohutavatest piinadest ja surmast.

Sõe suur adsorptsioonivõime on leidnud kasutamist ka meditsiinipraktikas, kus sõe spetsiaalseid sorte kasutatakse pulbrite, peente terade või tablettidena (karboleen) universaalse «vastumürgina» mitmesuguste mürgituste puhul (bakteriaalsete toksiinidega, loomsete mürkidega, alkaloididega jt.), samuti ka soolestiku desinfitseerimisel ja mõnede haiguste puhul.

Süsiniku teaduslik nimetus *carboneum* tuleneb ladinakeelsest sõnast *carbo* — süsi.

Looduslik süsinik koosneb isotoopide segust aatomkaaludega 12 ja 13. Peale nende kuulub süsiniku koostisse ka radioaktiivne süsinik aatomkaaluga 14. See isotoop moodustub lakkamatult atmosfääris lämmastikust kosmiliste kiirte toimel.

Teadlaste poolt tehtud arvestused näitasid, et iga aasta moodustub umbes 9,8 kg radioaktiivset süsinikku ning selle hulk maakeral on käesoleval ajal umbes 80 tonni. Radioaktiivne süsinik moodustab hapnikuga radioaktiivse süsihappegaasi, mida taimed omastavad koos tavalise süsihappegaasiga. Nende kaudu aga satub radioaktiivne süsinik loomade organismi. Radioaktiivse süsiniku poolestusaeg on 5700 aastat.

Kosmiliste kiirte intensiivsuse konstantsusega (nagu uurijad on leidnud, on säilinud see muutumatuna viimase 20 000 aasta vältel) määratakse ka radioaktiivse süsiniku moodustumise konstantsus. Siit järeldub, et süsiniku radioaktiivse isotoobi sisalduse suhe tavalisse ($^{14}C : {}^{12}C$) jääb atmosfääris konstantseks, igal juhul viimase 20 000 aasta jooksul. Ilmselt peab konstantne olema ka radioaktiivse ja tavalise süsiniku sisaldus taimede elavates kudedes, kuna ainevahetus väliskeskkonnaga toimub lakkamatult. Organismi surmaga lakkab ainevahetus, kuid kudedesse kogunenud radioaktiivse süsiniku lagunemine jätkub endiselt. Selle tulemusena peab radioaktiivse süsiniku sisaldus pidevalt vähenema. Teades radioaktiivse süsiniku isotoobi lagunemiskiirust, võib kindlaks teha aja, millal organismid hävisid.

Ajamõõtmismeetod radioaktiivse süsiniku isotoobi abil, mida kontrolliti esemetega, mille «vanus» oli teiste andmete järgi täpselt teada (Egiptuse hauakambritest leitud puit või Rooma keisrite ajal merepõhja löödud vaiade puit jne.) andis väga häid tulemusi.

«Süsinikkellad», mida soovitas ameerika teadlane Libby, on leidnud kasutamist mitmesugustes teaduse valdkondades (arheoloogia, paleontoloogia, okeanograafia jt.). «Süsinikkellade» meetodi olemus seisneb selles, et uurimisele kuuluv proov põletatakse hermeetilises nõus ning tekkinud süsihappegaasist eraldatakse süsinik metallilise magneesiumi abil. Moodustunud magneesiumoksiid lahustatakse happes ja pestakse välja. Allesjäänud süsinik

aga kuivatatakse ning määratakse spetsiaalse aparaadi abil selle aktiivsus. «Süsinikkellad» rikastasid teadust rea hinnaliste andmetega. Nende alusel tehti täpselt kindlaks niisugused ajad, mida varem ei saanud määrata või määrati oletatavalt. Nii näiteks radioaktiivse süsiniku määramise teel, mis oli eraldatud «Päikesevankri» laevatekist, samuti ka akaatsiatest, küpressidest ja teistest puitmaterjalidest, mida kasutati muistsete hauakambrite ehitamisel, tehti kindlaks vaaraode Sesostris III (1800. a. e. m. a.), Snefru (2625. a. e. m. a.) jt. surma-aastad. Radioaktiivse süsiniku abil on kindlaks tehtud üle 15 tuhande aasta tagasi Lascaux' koopa (Prantsusmaal) seinale eelajaloolise kunstniku poolt maalitud piisonite joonistuste «vanus» ning määratud Atlandi ookeanist 3 kilomeetri sügavuselt võetud veeproovi «vanus». «Süsinikkella» abil on lahendatud ka rida teisi küsimusi.

Süsiniku isotoopidega käib ilmselt kaasas «õnn». Kui süsinik-14 täidab «ajalookella» osa, siis süsinik-12 on rahvusvahelise kokkuleppega (1960. a. Montreal, Kanada) usaldatud aatomimassi etalooni osa.

Üks kaheteistkümnendik osa süsinik-12 aatomimassist on nüüd võetud suhteliste aatomimasside ühikuks. 1960. aastal võeti aatomkaalude «hapnikuskaala» asemel tarvitusele «süsinikuskaala», mis toob mõningaid, kuigi tühiseid muutusi kõikide elementide aatomimasside numbrilistesse väärtustesse.



TEMATA EI OLE ELU

7. LÄMMASTIK — *Nitrogenium* (N)

Looduses kõige enam levinud gaasi nimetatakse elutuks. Ta on õhu koostisosaks ning moodustab sellest 78,16 mahuprotsenti ja 75,5 kaaluprotsenti. Õhupilve mass, mis ümbritseb maakera, kaalub 5 300 000 000 000 000 tonni, millest 4 001 500 000 000 000 tonni on elutut gaasi. See on peaaegu 10 korda (täpsemini 9,8 korda) suurem kogu Kaukaasia mäeaheliku massist.

Vaatamata sellele, et õhu koostise uurimine algas väga ammu ning juba Vana-Kreeka filosoof Anaksimandros, kes elas VI saj. enne meie ajaarvamist, tõestas õhu olemasolu oma kaasaegsetele, määrati õhu koostis palju hiljem — XVIII sajandi teisel poolel.

1772. a. tegi inglane Daniel Rutherford kindlaks, et kupli alla, kus hiir elas mõne päeva, jäi õhk, mis ka pärast süsihappegaasi eemaldamist ei soodustanud põlemist ja hingamist. Ta nimetas kupli alla jäänud gaasi «mürgiseks õhuks». Saanud samal aastal teisel teel «mürgist õhku», nimetas teine inglise teadlane Priestley selle «flogisteeritud õhuks». 1773. a. tegi rootsi apteeker Stral-

sundi linnast, Karl Wilhelm Scheele kindlaks, et õhk koosneb kahest gaasist. Ta nimetas gaasi, mis ei soodusta hingamist ja põlemist, «halvaks» või rikutud «õhuks».

Tuntud prantsuse teadlane Antoine Laurent Lavoisier, kes uuris üksikasjaliselt «mürgist», «flogisteeritud» ja «halba» õhku, tegi 1776. a. kindlaks samasuse nende vahel. Olles uue keemiaalase nomenklatuuri väljatöötamise komisjoni liige, tegi ta üksteist aastat hiljem ettepaneku nimetada seda gaasi elutuks — azot (kreekakeelsetest sõnadest *a* — eitus ja *zōē* — elu). Sõna *azot,* mis eesti keeles tähendab lämmastik, on muistse päritoluga. Juba kauge keskaja alkeemiaalastes käsikirjades esineb termin «filosoofide lämmastik», milles sõna «lämmastik» oli tuletatud sel ajal kõikide tuntud tähestike esimese tähe «a» ning ladina, kreeka ja vanajuudi tähestiku viimaste tähtede zet, omega ja tov kombinatsioonist. Sel teel saadud sõna *a-zot* tähendab kõikide alguste algust ja lõppu.

Lämmastik on õhust veidi kergem (1 l kaalub 1,251 g), lõhnata ja värvusetu gaas. —196° C juures muutub lämmastik värvusetuks vedelikuks, mis tahkestub —210,5° C juures läbipaistvaks värvusetuks massiks.

Lämmastiku teaduslik nimetus tuleneb ladinakeelsest sõnast «nitrogenium», mille võttis teaduses kasutusele Chaptal ning mis tähendab «salpeetri tekitaja». Salpeeter on muide ainuke lämmastikuühend, mida esineb looduses suuremates või väiksemates kogustes.

Vähesel määral leidub salpeetrit Taga-Kaukaasias (Araksi jõe orus) ja Kesk-Aasias. XIX sajandi algul avastati Lõuna-Ameerikas Tšiili kõrbetes suured salpeetrileiukohad. Kuna salpeeter on Tšiili ekspordi põhilisemaid objekte ning hinnaliseks väetiseks, aga ka lähteproduktiks lõhkeainete valmistamisel, on käesoleval ajal need lademed ära kurnatud.

Lämmastik õigustab sageli oma sõnasõnalist nimetust — «elutu». 1342. a. taganesid Hispaania kuninga sõdurid hirmu, palvete ja manamistega Algecirase müüride alt, levitades mööda Euroopat sõnumit selle kohta, et Algecirast piiravate araablaste liitlaseks on püha risti ees halastuse ja hirmuta saatanlik jõud, mis loobib kolina, tule ja suitsuga hõõguvtuliseid kuule. Sellest ajast kuni tänapäevani on lämmastik, mis kuulub lõhkeainete koostisse, kerge teenistuse võimuses ja külvab sõjaväljal surma.

Vaatamata oma nimetusele on lämmastik siiski vajalik organismide eluks. On kindlaks tehtud, et lämmastik on iga molekuli, igasuguse organismi iga raku koostisosaks, sõltumata sellest, kas see on imepisike bakter või 150-tonnine sinivaal. Lämmastik on keemiliselt võrdlemisi inertne gaas. Tavalistes tingimustes ei reageeri ta mittemetallidega ega ka metallidega (välja arvatud liitium). Atmosfääris olev lämmastik on lihtaine — gaas, mille molekulid koosnevad kahest teineteisega väga tugevalt seotud aatomist. Maapinna iga hektari kohal «ripub» kogu aeg 80 tuhat tonni lämmastikku. Vaatamata vaba lämmastiku tohututele varudele looduses ei saa loomad ja taimed seda otseselt omastada. Erandi moodustavad bakterid (vene teadlase Vinogradski avastus), mis kasvavad liblikõieliste taimede juurtel. Nad omastavad atmosfääri lämmastikku ning moodustavad lämmastikuühendeid. Taimede põhimass saab aga lämmastikuühendeid pinnasest, mis pidevalt muutub vaesemaks lämmastiku poolest. Orgaaniliste väetiste sisseviimine täiendab ainult osaliselt lämmastikukadu, kuid teisi teid ei olnud lämmastikuühendite varude täiendamiseks pinnases XX sajandi alguseks veel avastatud. XIX ja XX sajandi piiril omandas populaarsuse ja oli tõsiseks arutlusobjektiks niisugune absurdne idee, nagu inimkonna «lämmastikusurm». Selle pooldajad püüdsid tõestada, et lämmastiku progressiivne kadu pinnasest põhjustab põldude viljakuse järsku langust, «lämmastikunälja» saabumist ja seejärel kogu inimkonna «lämmastikusurma».

Vastandina sellele «teooriale» kirjutas D. I. Mendelejev oma töös «Keemia alused»: «Kuna organismide lämmastikained etendavad väga tähtsat osa (nendeta ei ole orgaanilist elu), ... siis küsimus õhu lämmastiku muundamismeetoditest pinnase lämmastikuühenditeks ... on üks nendest küsimustest, mis pakub suurt teoreetilist ja praktilist huvi.»

Millisel viisil täienevad lämmastikuühendite varud pinnases? Selgub, et need ained satuvad pinnasesse atmosfäärist äikesevihma ajal. Lämmastik moodustab kõrgel temperatuuril hapnikuga (õhu teise koostisosaga) ja õhu niiskusega mitmesuguseid ühendeid. Kõrge temperatuuri tekitavad välgud äikese ajal. Igasugune elektrisäde, isegi kõige väiksem, kujutab endast võimast plahvatust. Küllalt suure sädeme puhul tekib miljondiku sekundi vältel

võimsus, mis on võrdne suure elektrijaama võimsusega, ja temperatuur tõuseb mitme tuhande kraadini.

Välgu põhilaengu eksisteerimise kestus kõigub 0,05—0,1 sekundi vahel, voolu tugevus aga ulatub keskmiselt 20 000 amprini, kusjuures pinge ulatub 10 000 000 voldini. Välgu võimsus on muinasjutuline ning ulatub 200 000 000 kw. See võimsus on mitu korda suurem kui kõige suuremates inimese poolt loodud elektriseadeldistes saavutatud võimsus. Niisugune on ainult ühe laengu võimsus. Ent äikeste arv, millal tekivad kümned ja sajad sellised laengud, on väga suur. Igal aastal esineb maakera atmosfääris umbes 16 miljonit äikest. Igas sekundis läbistavad õhku välgud, mis tõstavad oma liikumise teel temperatuuri, lämmastik ühineb hapnikuga oksiidiks, mis lahustub hästi vees, moodustades ühe kõige tähtsama lämmastikuühendi — lämmastikhappe. Kui arvestada, et äikesevihmad puhastavad põhjalikult atmosfääri (5 km raadiusega äikesepilvest sajab minuti jooksul kuni 375 000 tonni vett), siis ei «kao asjatult» mitte ükski lämmastikoksiidi molekul. Sattudes pinnasesse, reageerib lämmastikhape sealolevate naatriumi-, kaltsiumi- ja kaaliumiühenditega ning moodustab lämmastikhappe sooli, salpeetreid, mis on vajalikud taimedele. Nii lülitub elutu lämmastik äikese abil taimede, nende kaudu ka loomade ja inimese eluprotsessi. Asjatult ei nimeta inimesed äikest «elukandjaks ja eluloojaks».

Inimene kopeeris looduselt lämmastikuühendite saamise meetodi. Norra teoreetik, virmaliste uurimise spetsialist Birkeland teostas koostöös insener-praktiku Eyde'iga 1901. a. edukalt lämmastiku ja hapniku ühinemiskatseid elektrilaengu abil. 1905. aasta algul said mõned tehased lämmastikhapet juba otseselt «õhu põletamisel» elektrikaare leegis.

Kuid lämmastikoksiidi väike saagis, samuti ka erakordselt suur elektrienergia kulu (ühe tonni seotud lämmastiku kohta tuleb kuni 60 000 kw/t) ei õigustanud looduselt kopeeritud lämmastikuühendite saamismeetodit. 20-ndate aastate lõpul suleti tehased ning Birkelandi ja Eyde'i meetod loovutas oma koha teistele.

1905. aastal teostati tööstuses lämmastiku sidumise tsüaanamiidmeetod, mis sai oma nimetuse kaltsiumkarbiidi ühinemisproduktist lämmastikuga — kaltsiumtsüaanamiidist. Kaltsiumtsüaanamiidi saadakse elektriahjus lämmastiku juhtimisel läbi peenendatud ja 1000° C

kuumutatud kaltsiumkarbiidi kihi. Tehniline produkt sisaldab 18—24% lämmastikku ning seda kasutatakse pulbristatult otseselt väetisena.

Vaatamata sellele, et kaltsiumtsüaanamiidi saamisprotsess ei ole keeruline ning lähtematerjalid on odavad, on energiakulu veel kõrge. Ühe tonni seotud lämmastiku kohta kulub umbes 10 000 kw/t. Kuigi kaltsiumtsüaanamiidi tootmine ei ole kaotanud oma tähtsust käesoleva ajani, saavutas sellest hoolimata ammoniaagi süntees, mille on välja töötanud Bosch, Haber ja Nernst, alates käesoleva sajandi 20-ndatest aastatest esikoha lämmastikutööstuses.

Esimene sünteetilise ammoniaagi tehas lasti käiku 1913. a. Saksamaal. 10 aastat hiljem kasutati laialdaselt ammoniaagi sünteesi erinevate maade paljudes tehastes. Meetodi ökonoomsus (energiakulu ei ületa vesiniku saamisel vesigaasist 1700 kw/t iga tonni seotud lämmastiku kohta) muutis ammoniaagi lähtematerjaliks mitte ainult lämmastikhappe, vaid ka teiste lämmastikuühendite saamisel.

Lämmastikhape ja ammoniaak (lämmastiku ühend vesinikuga) on kõige tähtsamad lämmastikuühendid, milleta ei saaks areneda kaasaegse keemiatööstuse ja põllumajanduse mitmesugused harud. Kodumaise lämmastikhappe tootmise rajajaks oli insener I. I. Andrejev. 1914. aastal töötas ta välja lämmastikhappe saamismeetodi kivisöe koksistamisel moodustuva ammoniaagi oksüdeerimise teel.

Lõhkeainete tootmiseks vajaliku lämmastikhappe efektiivse saamismeetodi leidmise vajadus andis Venemaal eriti teravalt tunda Esimese maailmasõja ajal salpeetri raske saamise tõttu Tšiilist. Salpeeter oli lähtematerjaliks lämmastikhappe saamisel juba alkeemikute poolt väljatöötatud meetodil (salpeetri ja rauavitrioli või maarjaste segu kuumutamine). Lämmastikhappe vajaduse suuruse üle võib otsustada järgmise fakti järgi. Kui sõja algul valmistati Venemaa tehastes ühe kuu jooksul 80 tonni lõhkeaineid, siis 1916. a. lõpuks oli kuutoodang juba 6400 t.

Teinud suure töö ammoniaagi oksüdeerimisreaktsiooni uurimisel, katalüsaatorite valikul «mürkide» toime uurimisel nendele katalüsaatoritele ja ammoniaagi oksüdeerimiseks vajalike aparaatide konstruktsioonide väljatööta-

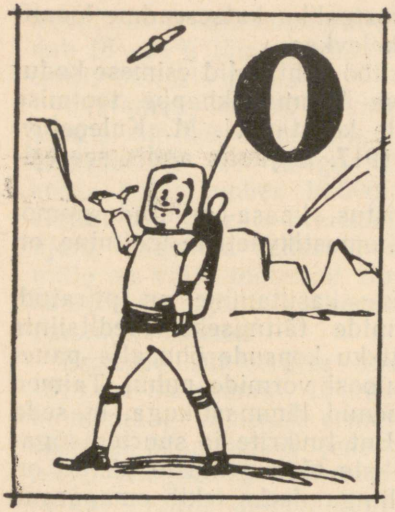
misel, asus I. I. Andrejev tööstusliku katseseadme loomisele koksikeemia tehases Makejevkas.

Andmed selle katseseadme töö kohta olid esimese kodumaise ammoniaagist saadava lämmastikhappe tootmise tehase projekti aluseks, mille koostas N. M. Kulepetov. Tehas rajati Juzovkas ning 1917. a. juulis andis see esimese partii lämmastikhapet.

NSV Liidu lämmastikutööstus, kaasa arvatud ammoniaagi, lämmastikhappe ja lämmastikväetiste tootmine, on võimsamaid maailmas.

Vaba lämmastiku praktiline kasutamine on piiratud. Teda kasutatakse elektrilampide täitmiseks. Meditsiinis kasutatakse puhast lämmastikku kopsude õhu alla panemiseks mõnede kopsutuberkuloosi vormide puhul. Taimed ja loomad on niivõrd kohanenud lämmastikuga, et seda peetakse tavaliselt ohutuks. Ent tuukrite ja suurtes sügavustes töötavate kessoonitööliste töökogemuste põhjal on teada, et suruõhu andmisel hingamiseks tekib omapärane seisund, mida tuntakse «lämmastikunarkoosi» nime all ning mis sarnaneb alkoholi joovega. «Narkoosi» sümptoomid (peapööritus, liikumiskoordinatsiooni häired, teadvuse kaotus jt.) mööduvad kiiresti, kui suruõhk asendada hapniku ja heeliumi seguga. «Lämmastikunarkoosi» põhjuseks on lämmastiku kontsentratsiooni suurenemine rasvades, kudedes ja koemahlas.

Kui saabub kapitalismi viimne tund, hakkab lämmastik teenima ainult inimühiskonna õitsengut, või nagu kirjutas ajalehe «Pravda» juhtkiri juba 1932. a., «lämmastik koos kapitalismiga — see on sõda, purustamine, surm. Lämmastik koos sotsialismiga — see on kõrge saak, kõrge tööviljakus, töötajate kõrge materiaalne ja kultuuriline tase».



KÕIGE ENAM LEVINUD ELEMENT

8. HAPNIK — *Oxygenium* (O)

Leedsi linna (Inglismaa) ühel väljakul seisab XVIII sajandi moodsas kostüümis noore inimese pronksskulptuur. Juuksed on tal lokitud parukakujuliselt. Paremas käes hoiab ta läätse, vasemas tiiglit «elavhõbeda tagiga». Pea pööre, näo ilme ning terav vaade väljendavad tähelepanu ja tulemuse kannatlikku ootust.

Tänulikud kaasmaalased jäädvustasid pronksi tuntud keemiku Priestley kuulsa katse läbiviimise momendil. Allpool esitatakse lühike väljavõte selle katse kirjeldusest.

«Muretsenud 2-tollise diameetri ja 20-tollise fookuskaugusega läätse, hakkasin ma selle abil uurima, missugust liiki õhku eraldub kõige mitmekesisematest looduslikest ja kunstlikult valmistatud ainetest. Pärast rida katseid püüdsin ma 1. aug. 1774. a. eraldada õhku elavhõbedatagist ja leidsin, et sellest võib õhku kergesti välja ajada läätse abil. See õhk ei neeldunud vees. Milline oli minu üllatus, kui ma avastasin, et küünal põleb õhus erakordselt ereda leegiga. Asjatult püüdsin ma leida seletust sellele nähtusele.»

Kui lisada, et Priestley ajal nimetati kõike gaase «õhkudeks», metallioksiide «tagideks», lääts oli aga kõrge temperatuuri saamise vahendiks päikesekiirte kogumise teel fookusesse, siis muutub Priestley katse kirjelduses kõik arusaadavaks. Ta avastas hapniku. Lõplikult tehti see kindlaks kahe aasta pärast Lavoisier' töödega, kes nimetas avastatud gaasi selle võime tõttu soodustada hingamist «eluõhuks». Hiljem asendas ta selle nimetuse ladinakeelse sõnaga *oxygenium*, mis on laenatud kreeka keelest, kus sõna *oxys* tähendas hapu ja *genao* — tekitan, toodan (happe tekitaja).

Priestleyst sõltumata avastasid hapniku ka rootslane Scheele ja looduseuurija Bayen.

Hapnik on hulgalt teine ja elutegevuseks kõige tähtsam õhu koostisosa. Õhus moodustab hapniku hulk 21 mahuprotsenti ja 23 kaaluprotsenti. Maakera atmosfääris arvatakse olevat vaba hapnikku üle 1 000 000 000 000 000 tonni. Niisama palju kaaluvad miljard Cheopsi püramiidi (ühe püramiidi materjali äravedamiseks kuluks 9000 kaubarongi). Vaatamata sellele tohutule hulgale ei ületa vaba hapniku kaal ka 0,0001 selle sisaldusest maakoores. Hapnik on tingimata vajalik elu olemasoluks.

Kui mõnel planeedil avastatakse hapnik, vesi ja soodne temperatuur, siis võib kinnitada, et seal on ka tingimused elu olemasoluks.

Hapnik on looduse kõikidest ainetest kõige rohkem levinud element. Peaaegu 50% 10—15 km sügavusest maakoore kaalust koosneb hapnikust. Liiv sisaldab 53%, savi 56%, inimorganism 65% hapnikku. Vee koostises, mis üksi katab juba $^2/_3$ maakera pinnast, on umbes 89% hapnikku.

Hapnik on vees suhteliselt halvasti lahustuv gaas. 100 ruumalas vees lahustub nulliile lähedasel temperatuuril umbes viis ruumala hapnikku (4,89). Hapniku lahustumisel vees on suur tähtsus veekogusid asustavate loomorganismide hingamisel.

Liiter hapnikku kaalub (1,4289 g) veidi rohkem kui sama suur ruumala õhku (1,293 g).

Jahutamisel miinus 183° C-ni muutub hapnik veest raskemaks helesiniseks vedelikuks (tihedus 1,124), mis on magnetiliste omadustega.

Kasutades vedela hapniku kõrgemat keemistemperatuuri (—183° C) võrreldes lämmastikuga (—195,8° C), saa-

dakse tehnikas hapnikku vedelast õhust. Hapnikku saadakse ka vee elektrolüüsil, kuid see on tunduvalt kallim.

Teine vesinikühend hapnikuga — vesinikülihapend, milles erinevalt veest ei sisaldu üks, vaid kaks hapniku aatomit, võib olla samuti hapniku saamise allikaks. Vesinikülihapend on viskoosne, siirupitaoline värvuseta vedelik, milles D. I. Mendelejevi väljenduse järgi «... sisaldub elementide (sise-) jõudude poolt teise ainesse kokkusurutud, nii-öelda sisselitsutud hapnik, mis on ühendist kergesti eraldatav ja seepärast toimib nagu hapnik tekkimise momendil.»

Siidi, õlgede ja teiste materjalide pleegitamiseks tööstuses, samuti ka kosmeetikas kasutatakse 3-protsendilist vesinikülihapendit. Teise maailmasõja ajal kasutas fašistlik Saksamaa 99—100-protsendilist vesinikülihapendit kaugsõidu-allveelaevade varustamiseks hapnikuga ja Londoni tulistamiseks kasutatavate rakett-mürskude (V-1) väljalaskmisel. Töid vesinikülihapendi kontsentreerimismeetodite leidmiseks viidi läbi ammu enne sõda kõige rangemas saladuses.

Vesinikülihapendi lagunemine, millega kaasneb vee ja hapniku moodustumine, toimub suure soojushulga eraldumisega. See soojus on küllaldane selleks, et ülihapendi lagunemisel moodustuv vesi muutuks 750° C-ni kuumutatud auruks. Sellel põhinebki vesinikülihapendi kasutamine teatud tüüpi rakettmootorites.

Hapnik leiab tehnikas laialdast kasutamist aktivaatorina keemiliste protsesside intensiivistamiseks (väävel- ja lämmastikhappe tootmisel, metallurgias).

Hapniku ja vesiniku võimet omavahel reageerida kasutatakse metallide taandamisel oksiididest. Selle meetodi eelis, võrreldes teistega (taandamine söega, süsinikoksiidiga jt.) seisneb selles, et metall saadakse vabana süsinikust ja selle ühenditest (karbiididest). Hapnikku kasutatakse ka kõrgete temperatuuride saamisel. Selleks põletatakse mitmesuguseid põlevgaase (vesinikku, valgustusgaasi, atsetüleeni) segus hapnikuga. Kõrget temperatuuri, mis on saavutatav spetsiaalsete põletite leegis (kuni 3000° C), kasutatakse metallide keevitamisel ja lõikamisel. Kurioosumina tuleb märkida, et metalli lõikamise «leiutajaks» hapnikvesiniku leegi abil oli tulekindlate seifide murdvaras, kes tegi esmakordselt Hannoveri linnas 1890. a. lõike terasseifi seina.

Nagu omal ajal ennustas «rakettlennunduse» isa K. E. Tsiolkovski, kasutatakse vedelat hapnikku reaktiivmootorites.

Hapnik leiab laialdast kasutamist meditsiinis kopsu-, südame- ja neeruhaiguste puhul, samuti ka mõnede mürgituste, eriti gaasimürgituste (süsinikoksiidi, sõjaliste mürkainete) puhul.

Tuleb märkida, et üks hingetõmme hapnikku on samaväärne viie korra õhu sissehingamisega. Seega satub hapniku sissehingamisel seda gaasi mitte ainult küllaldasel hulgal haige organismi, vaid see säästab jõudu hingamisprotsessi enese jaoks.

Elektrilaengute toimel muutub hapnik uueks gaasiliseks aineks, mis nimetati šveitsi keemiku Schönbeini poolt osooniks (kreeka keelest *ozo,* mis tähendab lõhnan). Osoon avastati 1785. a. hollandi füüsiku van Marumi poolt.

Saksa keemikud E. Riesenfeld ja G. Schwab said osooni puhtal kujul alles 1922. a. Kõrgel rõhul (150 at) ja tugeval jahutamisel (—112,3° C) muutub osoon tumelillaks vedelikuks, mis edasisel jahutamisel tahkestub tumelillaks kristalseks massiks.

Osoon on keemilistelt omadustelt hapnikust mitu korda aktiivsem. Ta valastab kergesti värve ja lõhub orgaanilisi aineid. Fosfor ja väävel moodustavad temaga vastavaid oksiide. Isegi hõbe ühineb kergesti osooniga.

Osooni oksüdeerivad omadused määravad tema tähtsuse ka praktikas. Osooni kasutatakse pleegitamiseks ning rasvade ja õlide lõhna hävitamiseks, õhu desinfitseerimiseks, linna veevärgivee steriliseerimiseks jne.

Alati leidub osooni õhus tühisel hulgal (0,000 001 mahuprotsenti). Põldude, männimetsade ja ookeanide õhus on osooni rohkem kui elamute läheduses. Õhuookeani pinnal (15—30 km kõrgusel) moodustub hapnikust ultraviolettkiirte toimel osoon.

Inimese ja loomade elus on osoonil tähtis osa, mida paljud isegi ei aima. Osoon päästab pimedaksjäämisest! Kui atmosfääris puuduks osoon, mille üldine sisaldus vastab ainult 3 mm paksusele gaasikihile ümber maakera, tabaks see paratamatult loomorganisme kohe pärast nende sündimist.

Asi on selles, et üldisest kiirtemassist, mida Päike saadab Maale, neelab osoon peamiselt ultraviolettkiiri,

mis on erakordselt kahjulikud silma võrkkestale. Normaaltingimustes allesjäänud ultravioletkiired neelduvad täielikult silmaläätses, kuid silmaläätse abist ei piisaks, kui ultravioletkiirte hulk suureneks. See oleks paratamatu osooni vähenemise korral õhus, rääkimata juba selle kadumisest.

Kuid ka osooni hulga suurenemine ähvardab mitte vähem kohutava hädaohuga kui eelmine. Ultravioletkiired, mis on vajalikud organismi kujunemisel kõige tähtsama, vitamiin D moodustamiseks, neeldudes täielikult osoonis, ei jõuaks Maale, ning seetõttu ei toimuks vitamiini moodustumist. D-vitamiini puudumine põhjustaks aga loomade ja inimese väljasuremise.

Nii avaldub osoonis kõige eredam näide vastuolude ühtsusest, kvantiteedi üleminekust kvaliteediks, sõltuvuse tekkimistingimustest, kui ühte põhjusesse on üheaegselt koondunud mõõtmatu kasu ja kõige suurem kahju.

Osoon erineb hapnikust aatomi ehituselt: hapniku molekul koosneb kahest aatomist, osooni moodustamisest võtab osa kolm hapniku aatomit. Erinevus on väike, kuid ta avaldab suurt mõju mõlemate ainete omadustele.

Loomad ja inimene asuvad kogu oma elu õhus, milles on 23 kaaluprotsenti vaba hapnikku. Viibimine atmosfääris, kus osooni ja hapniku suhe on 1 : 1000000, kutsub esile juba väsimustunde ja peavalu. Suuremate kontsentratsioonide puhul lisandub nendele sümptoomidele iiveldus, verejooks ninast, silmapõletik, südamelihaste degenereerumine ja surm.



PURUSTAVA TOIMEGA ELEMENT

9. FLUOR — *Fluorum* (F)

Mitte ükski keemilistest elementidest ei ole toonud emikutele nii palju traagilisi sündmusi kui fluor. Iiri aduste Akadeemia üks liige Thomas Knox hukkus, sama adeemia teine teadlane Georg Knox kaotas töövõime, navasse surma suri tuntud keemik Nancy'st Jerome ckles, eluga maksis Brüsseli keemik P. Louyet. Gay-ssac, prantsuse keemik Thenard, inglise keemik Davy paljud teised mürgitasid ennast fluoriga ja said kan-tada. Ka praegu nõuab töö fluoriga suurt ettevaat-kust ja läbimõeldud kaitsevahendeid. Kummikindad ja õlled võivad süttida fluori toimel. Fluor põhjustab kokku-utel nahaga raskeid põletusi, tema sissehingamine põh-stab hingamisteede- ja kopsupõletikke, mis võivad lõp-da ödeemi ja surmaga. Hingamisteede kaitseks kasuta-kse hapnikuaparaati või spetsiaalseid maske, mis on endatud fluorikindla vooliku abil puhta õhu allikaga. õige väiksem ettevaatamatus töötamisel fluoriga ja mesel purunevad hambad, moonduvad ning murduvad üned. Isegi vähene fluori ja selle ühendite hulk põhjus-hambaemaili purunemise. Pidev ja kestev ehk krooni-

line fluorimürgitus, mis võib tekkida fluoriühendite kõrgendatud sisalduse korral joogivees, suurendab samuti ka luude haprust. Fluori liia puhul toimub kudedes ja eriti veresoonte seintes kaltsiumiühendite väljalangemine, mis muudab nad rabedateks. Veresoonte rabedus on ohtlik nähtus, mis on seotud raskete ja sageli surmavate verejooksudega.

Teatud hulk fluori on siiski vajalik inimese ja loomade normaalseks elutegevuseks. See tehti kindlaks pärast fluori juhuslikku avastamist väljakaevatud elevandi hammastes, mis leiti Rooma ümbruses. Leid õhutas uurijaid tegelema loomade ja inimese hammaste keemilise koostise uurimisega. Selgus, et fluor on luude ja hammaste vajalikuks koostisosaks. Hammaste koostisse kuulub kuni 0,02% fluori, millest suurem osa on just emailis. Fluor, mis on vajalik hambaemaili ja luude ehitamiseks, satub organismi joogiveega, milles sisaldub kuni 1 g fluori 5 tonni vee kohta.

Kui fluori sisaldus vees ületab 0,0005%, siis areneb hammaste eriline haigus — fluoroos, mis avaldub hambaemaili tumenemises ja hammaste väljalangemises. Fluoroos esineb eriti vulkaanide rajoonis ja fluorapatiitide leiukohtades (Jaapanis, Põhja-Aafrikas, mõnedes kohtades Ameerikas ja teistes maades). Kui fluori sisaldus joogivees ei ole küllaldane (alla 0,00005%), asendub see hambaemailis hüdroksüülioonidega. Selle tulemusena langeb järsult emaili vastupidavus ja saabub kariees (emaili ja dentiini vigastamine), mis põhjustab kiiresti hammaste täielikku purunemist.

Massilised katsed, mis viidi läbi erinevates maades võitluses hammaste purunemise vastu fluori lisamise teel veele (1 : 1 000 000), andsid väga häid tulemusi. Fluorkloriidi lisamisel joogivette vähenes hammaste purunemise arv Puerto Rico linna laste hulgas 65 protsendi võrra. Kõige suurem seadeldis vee fluoreerimiseks on ehitatud Saksa Demokraatlikus Vabariigis. Ka polaarlinna Norilski elanike jaoks fluoreeritakse joogivett.

Fluori liig mõjub hammastele aga veelgi purustavamalt kui puudujääk. Eriti ilmneb see superfosfaaditehastes, kus töödeldakse väheseid fluorilisandeid sisaldavat toorainet.

Fluori nimetus tuleneb ladinakeelsest sõnast *fluere* — voolama. Põhjus on selles, et fluori sisaldub mineraalis,

mida keskaja metallurgias kasutati räbustina (flussina), mis kergendab aheraine kokkusulatamist ja tekkinud šlaki voolavust.

Fluori protsentuaalne sisaldus maakoores, muidugi ühenditena, on peaaegu sama, mis lämmastikul, kroomil ja väävlilgi. Tööstuslik tähtsus on ainult kahel fluori sisaldaval mineraalil — sulapaol ja krüoliidil. Krüoliit (kreekakeelsetest sõnadest *kryos* — külm ja *lithos* — kivi) — külm- ehk jääkivi — esineb maakoores väga harva. Tähtsam krüoliidi leiukoht asub Gröönimaal. Kui kaugel ka ei asu Gröönimaa, kuid sellest hoolimata tuleb kõikidel riikidel saata sinna laevu krüoliidi järele. Krüoliidita ei saa sulatada alumiiniumi. Tööstuse areng ei ole aga alumiiniumita võimalik. Peale alumiiniumitööstuse on fluoriühendeid vaja ka magneesiumi ja berülliumi sulatamisel.

Soovimata olla sõltuvuses välismaa kapitalistidest, valmistab meie riik juba palju aastaid krüoliiti keemilisel teel. «Kunstlik» krüoliit ei jää mitte ainult maha looduslikust, vaid ületab viimase rea omaduste poolest.

Akadeemik Aleksander Fersmani suurepärase raamatu «Huvitav geokeemia» peatüki «Fluor — kõikesöövi» kokkuvõttes on öeldud järgmist: «Fluor on alles väga vähe uuritud keemiline element, mis koos oma keerukate ühendite isepäraste omadustega varjab eneses veelgi grandioossemaid probleeme ja meil on praegu raske ennustada, kui laialdaselt hakatakse teda rakendama rahvamajanduses ja milliseks kujuneb tema saatus tuleviku tehnikas.»

Viimaste aastate jooksul on fluori abil saadud väga hinnaliste omadustega uusi aineid. Mittevananevad määrdematerjalid, aktiivsed insektofungitsiidid,[1] valguskindlad värvid, efektiivsed katalüsaatorid, asendamatud dielektrikud — see on tehniliste kaupade pika nimekirja algus, mille järgi kasvab nõudmine iga päevaga.

Igapäevasel seadmel, kodusel külmutuskapil, on töövedelikuks, mis jahutab siseruumi, fluoriühend. Külmutustehnikas nimetatakse seda keemilist ainet, difluordikloormetaani, «freooniks». Aurustudes spetsiaalsetes torudes, mis on paigutatud külmutuskapi ülemisse ossa, võtab freoon ära ümbritsevast ruumist soojuse.

Uued plastmassid, mille koostisse kuulub ka fluor, ei ole

[1] Insektofungitsiidid on ained, mida kasutatakse põllumajanduses võitluses taimekahjurite ja -haiguste vastu.

vähem hinnaliste omadustega. Mõned neist peavad oma omadusi kaotamata vastu kuumutamisele kuni 500° C. Neid materjale kasutatakse kõrgel temperatuuril töötavate elektrimootorite juhtmete isolatsiooniks.

Ühendid, mis on ühendatud ühtse nimetuse alla — perfluorsüsivesinikud, ilmusid sõnaraamatutesse käesoleva sajandi viiekümnendate aastate lõpul. Looduses ei ole neid aineid. Nad on sõna otseses mõttes keemia lapsed. Perfluorsüsivesinikud ei põle, ei korrodeeru, ei mädane ega lagune ning ei märgu õlide ja veega. Neile ei mõju lämmastikhape ja «kuningvesi». Isegi leivatainas ei kleepu neile külge. Leiva- ja makaronivorme pole vaja rasvaga määrida, vaid katta perfluorsüsivesinikkilega. Ühed nendest ühenditest on vedelikud, teised tahked ained. Tefloone ehk fluoroplaste nimetatakse täie õigusega nende vastupidavuse tõttu «orgaaniliseks plaatinaks». Proovime loetleda perfluorsüsivesinike kasutusalasid: mootorite jahutusvedelikud, kangaste immutamine, «igavesed» määrdeõlid, mida ei ole vaja vahetada, tähtajatu kulumisega fluorkautšukid, elektriisolatsioonid, lisamine elektrolüüsivannidele.

On tekkinud uus teadus — perfluorsüsivesinike keemia, mis on leidnud kaitse ka kõikepurustava fluori vastu. Selleks on materjalid, mis samuti sisaldavad fluori — fluoroplastid.

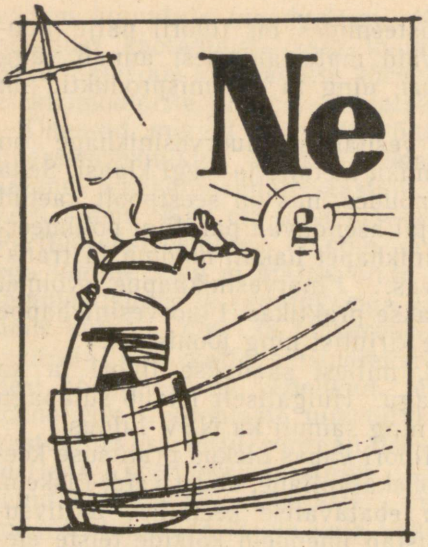
Teaduslik-fantastilise jutustuse «Suure trassi eest» autor N. Gomolko omistas oma kangelastele hämmastava «ettenägelikkuse». «Kasutame fluori, senaator», räägib üks nendest, «mitte keegi ei ole suutnud veel seda kasutada. Ta on mürgine ja reageerib peaaegu kõikide tuntud elementidega. Aga me vaigistame ta ja sunnime töötama endi jaoks.» Fluor on tegelikult väga mürgine, kuid fluori ja selle mõnede ühendite kasutamise võimalust oksüdeerijatena kaalutlesid ammu inimesed, kes olid kaugel tulevikufantaasiast. Firma «Nord American» töötas välja vedelikreaktiivmootori projekti, mis põhineb vedela vesiniku ja fluori kasutamisel. Vedel fluor süütab põlema peaaegu iga materjali, sealhulgas ka metallipulbrid. Kloortrifluoriid süütab põlema aga ka klaasvati, mis on tuntud tulekindluse poolest. Vesi plahvatab segamisel kloortrifluoriidiga. Erinevalt fluorist, mis veeldub alles temperatuuril miinus 188° C, on kloortrifluoriid +11° C keemistemperatuuriga vedelik.

Oksüdeerijana raketisüsteemides on fluoril palju puudusi. Ta nõuab ülipüsivaid materjale, sest annab väga kõrge põlemistemperatuuri, ning ta põlemisproduktid on mürgised.

Fluori vesinikühendi vesilahus, fluorvesinikhape on võimeline lahustama enamiku metalle ja isegi klaasi. Seda hapet võib hoida ainult nõudes, mis on seestpoolt kaetud parafiiniga. Käesoleval ajal asendavad parafiini polümeersed materjalid. Fluorvesinikhapet hakati hoidma ja transportima polüetüleentaaras. Fluorvesinikhappe võimet lahustada klaasi kasutatakse praktikas. Fluorvesinikhappe abil söövitatakse klaasile kirjutisi ning joonistusi.

Põhiliseks materjaliks, millest saadakse fluori ja ka selle ühendeid, on sulapagu. Hulgaliselt leidub sulapagu Ameerika Ühendriikides ning samuti ka NSV Liidus.

26. juunil 1886. a. sai fluori vabas olekus prantsuse keemik Moissan. Fluor on rohekaskollane, õhust veidi raskem, iseloomuliku lõhnaga ja ebatavalise keemilise aktiivsusega gaas. Fluor moodustab ühendeid kõikide teiste elementidega, välja arvatud inertsed gaasid. Isegi plaatina põleb 500° C kuumutamisel fluoris. Fluor reageerib vesinikuga —252° C temperatuuril plahvatusega. Kuum vesi, mille pinnale on suunatud fluori juga, süttib ja põleb kahvatulilla leegiga, mille tulemusena moodustub fluorvesinik ja hapnik. See on võib-olla ainuke juhus, millal hapnik ei ole põlemise põhjuseks, vaid tagajärjeks.



UUS ELEMENT VANADE HULGAS

10. NEOON — *Neon* (Ne)

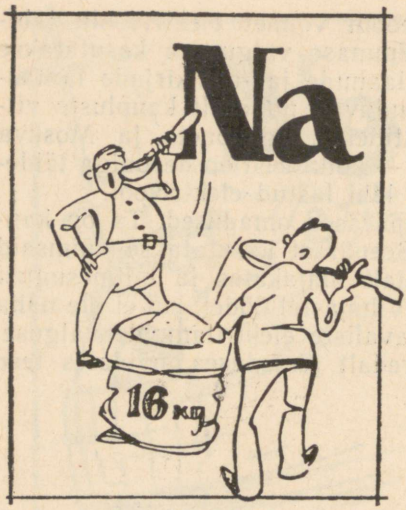
See, et lämmastik, hapnik ja süsihappegaas kuuluvad õhu koostisse, on juba ammu teada. Igatahes masina leiutamise ajaks (1897. a.), mis muudab õhu vedelikuks, oli kogutud õhu põhiliste gaaside — lämmastiku, hapniku ja süsihappegaasi kohta peaaegu täielikud andmed. Need gaasid olid tuntud nii keemikutele kui ka füüsikutele.

1898. a. avastas aga Ramsay spektroskoopilisel uurimisel vedelast õhust aurustunud gaasi esimestes portsjonites uue gaasi. Selle gaasi nimetus tulenes kreekakeelsest sõnast uus — «neos».

Ühes kuupmeetris õhus on 18 cm^3 neooni. Analoogiliselt lämmastiku ja hapnikuga, mis kuuluvad õhu koostisse, ei ole neoonil värvust, lõhna ja maitset. Kuid erinevalt nendest on neoon absoluutselt inertne gaas. Praegu ei saa seda siiski enam nii kategooriliselt väita. Vesiniku ja heeliumi järel on neoon vedelas olekus kõige madalama keemis- (—246° C) ja tahkestumistemperatuuriga (—249° C) vedelik.

Klaastorusse suletud neooni võimet elektrivoolu läbilaskmisel helenduda oranžpunase valgusena kasutatakse elektrotehnikas. Valgusreklaamide ja -pealkirjade fantastilised girlandid, mis helenduvad punaselt kaupluste vitriinidel, teatri- ja kinosiltidel, kõrghoonete ja Moskva metroo sissekäikude kohal — kõik need on neooniga täidetud klaastorud, millest on läbi lastud elektrivool.

Neoonvalgusel on suurepärased omadused. Ta on kaugele nähtav isegi udus. Seepärast kasutatakse võimsaid neoonelektrilampe eriti laialt majakates ja mitmesugust tüüpi signaalseadeldistes. Vihmastel öödel, kui ei ole näha tähti ja tihe udu neelab tavaliste elektrilampide valguse, helenduvad neoontorud eredalt pimeduses, näidates teed mere- ja õhulaevadele.



VEES UJUV METALL

11. NAATRIUM — *Natrium* (Na)

Inglise vanaaegsete asjade kaupmees Baker, kes pidas ennast loodusteaduste amatööriks, pärandas surres oma varanduse Kuninglikule Ühingule (Inglise Teaduste Akadeemia). Bakeri testamendis olid esitatud järgmised tingimused: protsendid rahasummalt, mida hoiti pangas, maksta igal aastal sellele, kes peab Kuninglikus Ühingus ettekande mõne silmapaistva avastuse kohta. Taolisi ettekandeid silmapaistvatest avastustest teaduse vallas hakati nimetama Bakeri loenguteks. Teadlased pidasid Bakeri loengute pidamist endale suureks auks, muidugi mitte sellepärast, et Bakeri loengu pidajale maksti pärandussumma protsente. Põhjus ei olnud rahas. Päranduse tingimustes oli öeldud «ettekanne silmapaistvast avastusest» ning teadlane, Bakeri loengu pidaja, hindas seda, et tunnustati tema avastuse tähtsust. Bakeri loenguid peetakse Inglismaal ka praegu.

19. novembril 1807. a. esines Londonis ettekandega Humphry Davy ja rääkis asjadest, mis olid selle aja kohta haruldased. Ta tegi katseliselt «mittelenduvate leeliste» (naatrium- ja kaaliumkarbonaadi ning kustutatud lubja

vahelise reaktsiooni produktide) lagundamise. See viis «uute ja ebatavaliste kehade eraldamisele, mis on nende mittelenduvate leeliste aluseks». Tehti kindlaks, et «mittelenduvad leelised» ei ole lihtained, nagu varem kaua aega arvati, vaid liitained. Need ained lagunevad elektrivoolu toimel ning moodustavad erinevaid, kuid väga sarnaste keemiliste omadustega elemente. Davy nimetas ühe neist «potassiumiks», tuletades selle nimetuse kõlavast inglisekeelsest sõnast, mis tähendab potas. Teise elemendi nimetas Davy «soodiumiks», mis tuleneb ladinakeelsest sõnast «soda».

1810. a. võttis Gilbert «potassiumi» nimetuse asemel kasutusele nimetuse «kaalium» (araabiakeelsest sõnast *alkåli* — leelis). Rootsi keemik J. Berzelius asendas 1811. a. «soodiumi» nimetusega «naatrium», tuletades selle araabiakeelsest sõnast *natron* — sooda. Vene keemik G. J. Hess võttis 1831. a. need nimetused kasutusele vene keemiaalases kirjanduses.

Muuseas, nimetused «potassium» ja «soodium» on mõnedes maades (Inglismaa, Ameerika Ühendriigid, Itaalia jt.) säilinud käesoleva ajani.

Davy näitas kuulajatele avastatud metalle ja demonstreeris nende keemilisi omadusi. Petrooleumikihi all purgis helkisid nad hõbedaselt. Vettevisatud tükid ei vajunud juuresolijate suureks üllatuseks põhja, vaid hakkasid ujudes kiiresti liikuma, «jooksma» vee pinnal, sulades läikivateks tilkadeks. Osa neist isegi süttis põlema. Vesi, milles need nähtused toimusid, muutus lahuseks, millel olid tugeva leelise omadused. Veest süttinud metall! See näis olevat uskumatu. Asjatult ei öelnud Davy loengul üks kohalviibinud kuulajatest, kes oli hämmastunud kõigest nähtust: «Niiviisi võib-olla hakatakse homme juba nuusktubakast saama elektrivoolu abil kulda, teemante või veel kurat teab mida!»

Naatrium on erakordselt aktiivne metall. Olles üheks levinumaks elemendiks ja moodustades 2% maakoore aatomite üldarvust, ei esine teda seetõttu vabas olekus. Naatriumiühendid, millest osa on laialt levinud, on küllalt mitmekesised. Nende hulka kuulub kõigile tuntud keedusool. Keedusool koosneb naatriumist ja kloorist. Nagu juba selgus, on naatrium aktiivsemaid metalle, kloor aga üks aktiivsemaid mittemetalle. Mõlemad elemendid avaldavad vabas olekus hävitavat toimet loomade ja inimese

organismile. Ühendina aga annavad soola, milleta ei ole võimalik inimese ja loomade elu. Keedusool on vajalik organismile selleks, et kindlustada kõige tähtsamaid füsioloogilisi protsesse. Sellega seletub inimese ja loomade loomulik vajadus soola järele. Veres loob keedusool vajalikud tingimused punaste vereliblede olemasoluks, lihastes säilitab erutuvust, südames määrab selle rütmi, maos moodustab soolhappe, milleta ei ole võimalik seedimine ja toidu omastamine. Niisugune on keedusoola tähtsus organismile. Soola vajalikkus elu jaoks oli teada juba kõige iidsematel aegadel. Mitte juhuslikult ei leidnud keedusoola tähtsus peegeldust paljudes rahva vanasõnades, kõnekäändudes ja tavades. Leib ja sool muutusid külalislahkuse ja südamlikkuse sümboliks. Leiva ja soolaga võtsid vene inimesed ammust ajast vastu oma kalleid külalisi, armastatud kangelasi, juhte ja väejuhte, vabaduse ja õnne eest võitlejaid.

Aastas tarvitab iga inimene toiduks 8 kuni 10 kg soola. Asjatult ei öelda: «Selleks et inimest tundma õppida, on vaja temaga puud soola ära süüa.» Selgub, et see ei olegi nii palju ei kaalult ega ka ajaliselt. Aastas süüaksegi kahepeale puud (16 kg) soola.

Kõige suurem hulk naatriumi on seotud ühendis klooriga. Sool, ehk nagu teda keemikud nimetavad, naatriumkloriid, moodustab suuri lademeid. Näiteks on Sol-Iletskis soolalademe paksus üle poolteise kilomeetri. Soolast, mis asub Astrahani oblastis olevas Baskuntšaki järves, jätkub meie maale 400 aastaks. Hulgaliselt on keedusoola merede ja ookeanide vees.

Lõpuks veel mõni sõna naatriumist endast. Me oleme harjunud sellega, et metallid sulavad kõrgel temperatuuril. Proovige näiteks sulatada nööpnõela või nõela. Metallilise naatriumi sulamistemperatuur aga on ainult umbes 98° C. Kui naatrium ei oleks nii aktiivne, siis võiks seda sulatada keevas vees.

Naatrium leiab kasutamist lennukimootorites soojuse ärajuhtimisel klappidest. Soojuskandjana kasutatakse metallilist naatriumi ka mõnedes aatomireaktorites. Kunstkautšuki tootmisel on naatrium reaktsiooni nõidusliikuks kiirendajaks, mis ühendab butadieeni molekulid produktiks, mis omadustelt ei jää maha kõige parematest loodusliku kautšuki sortidest. Naatriumi kasutatakse spetsiaalsetes gaasivalgustuslampides. Naatriumilamp on täidetud

klooriga ning sisaldab vähesel hulgal metallilist naatriumi. Lambi sisselülimisel algab neoonis lahendus. Soojus, mis eraldub tühjenemisel, muudab naatriumi auruks, ning mõne aja möödumisel asendub neooni punane valgus naatriumi kollase valgusega. Naatriumilambid on kõrge kasuteguriga (laboratoorsetes tingimustes kuni 70%) võimsad valgusallikad. Naatriumi lampide suur ökonoomsus võimaldas neid kasutada autoteede, vaksalite, sadamate jt. valgustamiseks.

Kosmilise raketi abil loodi Maalt 113 tuhande km kaugusel kunstlik komeet, mis saatis maailmaruumi naatriumiaure. See nõukogude rakett lasti maailmaruumi avarustesse 2. jaan. 1959. a. Teine kunstlik komeet loodi teise kosmilise raketi lennu ajal Kuule. Raketist väljaheidetud naatriumipilv saavutas 4 minuti jooksul 600 km läbimõõdu. Kunstliku komeedi helendust võis jälgida läbi spetsiaalse filtri. See võimaldas täpsustada raketi koordinaate ja määrata arvutusandmete võimalikku erinevust tegelikust trajektoorist.



TULETIKULEEGIS PÕLEV ELEMENT

12. MAGNEESIUM — *Magnesium* (Mg)

Püüdes saada «filosoofilist kivi», aurutas 1695. a. üks keemikutest vett, mis voolas välja maasügavusest Epsomi linna lähedal (Inglismaa). Ta sai kibeda maitse ja lahtistava toimega soola. Viie aasta möödumisel avastati, et Epsomi sool moodustab «püsiva leelisega» (nii nimetati peaaegu XVIII saj. lõpuni soodat ja potast) reageerimisel poorse, valge, kerge pulbri. Välise sarnasuse järgi teise niisuguse kerge ja poorse pulbriga, mida saadi Kreeka linna Magneesia (Ida-Tessaalia) lähedal asuvast kivimist, hakati saadud pulbrit nimetama valgeks magneesiaks.

On alust arvata, et magneesia nimetus võis tuleneda ka Antiik-Kreeka kahe teise samanimelise linna nime järgi. Üks Magneesia asub Lüüdias Sipele mäe jalamil. Teine Magneesia on Joonias, mis on tuntud Pärsia kuninga Artakserksese kingitusena Ateena riigitegelasele Temistoklesele. Nende linnade ümbruses leidus samuti kivimit, mis andis põletamisel valge pulbri ning mida nimetati magneesiaks.

Pärast seda, kui Davy oli eraldanud 1808. a. metalli, mis oli võimeline moodustama valget magneesiat, anti sellele «nimeks» magneesium.

Magneesium on looduses laialt levinud mitmesuguste mineraale moodustavate ühenditena, nagu magnesiit, dolomiit ja silikaadid — oliviin, augiit, asbest, talk, sepioliit jt.

Magnesiit moodustab suuri lademeid, dolomiidist koosnevad terved mäeahelikud. Vähem ei ole magneesiumiühendeid ka merede ja ookeanide vees, kus neid sisaldub ümberarvutatult puhtale magneesiumile üle 60 000 000 000 000 000 t. Olles bioelemendiks, kuulub magneesium elusaine koostisse. Kui loomorganismides ei ületa magneesiumi hulk sajandikku protsenti, siis taimedes on seda juba tunduvalt rohkem. Magneesium on taimede värvaine (klorofülli) vajalik koostisosa.

Klorofüll on huvitavamaid aineid looduses. Ta neelab päikesekiiri, mille energia arvel toimuvad lehes keerukad keemilised muundumised. Nende muundumiste tulemusena luuakse taimede rohelistes osades süsihappegaasist (inimese, loomade ja taimede hingamisproduktist ning vabrikute ja tehaste jäätmetest) ja veest keerukad orgaanilised ained (suhkur, tärklis jt.). Need ained on vajalikud inimese ja loomade toitumiseks. Antud muundumine on ainuke orgaaniliste ainete moodustumise looduslik protsess meie planeedil. Suur vene teadlane K. A. Timirjazev kirjutas sel puhul: «Kõik orgaanilised ained, kuivõrd erinevad nad ka ei oleks, kus nad ka ei esineks, kas taimedes, loomas või inimeses, läbisid lehe ... väljaspool lehte ... ei eksisteeri looduses laboratooriumi, kus tekiks orgaaniline aine. Ilma süsiniku omastamiseta taimede poolt maa peal ei oleks elu sellisel kujul, nagu ta praegu on.» Selles seisneb taimede ülemaailmne või, nagu rääkis K. A. Timirjazev, kosmiline osa.

Orgaaniliste ainete tekkimisprotsessi ehk sünteesi lehtedes nimetatakse fotosünteesiks (kreekakeelsest sõnast *fotos* — valgus). Fotosünteesiga kaasneb hapniku eraldumine lehtedest ja päikesekiirte neeldumine, mille energia akumuleerub taimedes orgaaniliste ainete varjatud energia näol. Seega on taimede klorofüllil sanitaarne osa Maa peal. Nad puhastavad õhku süsihappegaasist, milles ei ole võimalik loomade ja inimese elu, ning akumuleerivad päikesesoojust. Lihtsalt kinni püüda ja peita päikesekiirt ei

ole võimalik, kuid taime, tema rohelise oksa rohelise lehe abil võib õhust mitte ainult eraldada süsinikku, vaid koos sellega talletada ka klorofülli poolt neelatud päikesekiir. Klorofülli koostisse kuulub kuni 2% magneesiumi. Magneesiumita ei ole klorofülli, klorofüllita ei saaks olla ka elu Maa peal. Niisugune on magneesiumi osa eluprotsessides.

Mida kujutab endast magneesium? Magneesium on hõbevalge, väga kerge (tihedus 1,7) metall. Ta on õhu suhtes püsiv, sest kattub kiiresti õhukese oksiidikihiga, mis kaitseb metalli edasise oksüdeerimise eest. Kui magneesium asetada tuletikuleeki, süttib ta põlema ja põleb ereda leegiga, tekitades tiheda valge suitsu (magneesiumoksiidi). Seejuures eraldub hulgaliselt ultravioletkiiri ja soojust. Soojusega, mis eraldub ühe grammi magneesiumi põletamisel, võib soojendada 100 g (pool klaasi) jäävett kuni 50° C.

Möödunud sõjas kasutas Saksa armee magneesiumi süütepommide ja valgustusrakettide valmistamiseks. Ka fotograafias kasutatakse magneesiumiplahvatust valgusallikana loomuliku valguse puudumise korral.

Magneesiumi omadust anda püsivaid ja kergeid sulameid kasutatakse metallurgias. Masinaehituses leidsid tehnilistest sulamitest laialdast kasutamist sulamid magnaalium ja «elektron». Magnaalium on 5—30% magneesiumi sulam alumiiniumiga. See sulam on alumiiniumist tugevam, kuid kergemini töödeldav ja poleeritav. Elektroniks nimetatakse mitmeid magneesiumisulameid alumiiniumiga (kuni 10,5%), tsingiga (kuni 4,5%) ja mangaaniga (kuni 1,7%). Mõnikord kuulub nende sulamite koostisse vask, berüllium, titaan jt. Omades suurepäraseid tehnilisi omadusi, on elektron üsna vähe raskem (1,8) puhtast magneesiumist.



SOTSIALISMI METALL

13. ALUMIINIUM — *Aluminium* (Al)

1827. a. sai väljapaistev saksa keemik, hariduselt arst, Friedrich Wöhler metalli, mida mitte keegi ei olnud kunagi näinud. Veidi varem sai seda metalli Oersted. Algul eraldas Wöhler metalli keemilisest ühendist halli pulbrina, mis peenestamisel omandas metallilise läike. Katsed saada metalli kangina või suurte teradena jäid tulemusteta. Enne kui neid katseid kroonis 1845. a. edu, kulus 18 aastat püsivaid otsinguid. Wöhler sai uut metalli nööpnõelapeasuuruste teradena. Väliselt oli ta sarnane hõbedaga, kuid erinevalt viimasest erakordselt kerge, 4 korda kergem hõbedast, 3,5 korda kergem vasest ja peaaegu 5 korda kergem rauast.

Kuna uue metalli saamise lähteaineks olid ammu tuntud maarjased (ladina keeles — *alumen*), siis hakati ka metalli nimetama alumiiniumiks. Alumiiniumi raske saamine viis selleni, et seda kerget ja hõbedast metalli hinnati esialgu kullast kallimaks. Nii maksis kilogramm alumiiniumi 1280 rubla, s. o. 80 rubla rohkem kui üks kilogramm

kulda. Leidnud endale koha väärismetallide hulgas, hakati alumiiniumi kasutama ehteasjade valmistamisel.

Alumiiniumile pööras tähelepanu imperaator Napoleon III. Tühine ja võimuahne inimene, «suure onu väike vennapoeg», nagu teda siis nimetati,[1] soovis varustada oma soldateid tarbeesemetega, mis oleksid valmistatud alumiiniumist. Napoleon III ettekirjutuse järgi anti tuntud prantsuse keemiku Sainte Claire Deville'i käsutusse peaaegu piiramatud vahendid meetodi leidmiseks, mis oleks võimaldanud saada alumiiniumi suurtes hulkades. Sainte Claire Deville töötas välja uue, kuid küllalt kalli alumiiniumi saamismeetodi. Napoleon III tuli piirata alumiiniumist kürasside valmistamise soovi ainult väikese grupi kürassiiride jaoks, kes moodustasid imperaatori ihukaitse.

Kuigi alumiiniumi saamismeetodid täiustusid aja jooksul, oli selle hind ikkagi kõrge. Ta oli ainult 2,5 korda kullast odavam ja kuulus endiselt väärismetallide hulka. 1889. aastal, kui suur vene keemik D. I. Mendelejev viibis Londonis, anti talle tema teenete tunnustamise auks keemia arengus eriti hinnalise kingitusena kaalud, mis olid valmistatud kullast ja alumiiniumist.

Alles 30 aastat pärast alumiiniumi avastamist leidsid kaks noormeest, ameerika üliõpilane Charles Martin Hall ja prantsuse teadlane Heroult, teineteisest sõltumata ühe ja sama alumiiniumi saamismeetodi.

Uus meetod seisnes eelnevalt krüoliidis sulatatud alumiiniumoksiidi lagundamisel elektrivoolu abil. Alumiiniumoksiid kuulub paljude mineraalide ja nende lagunemisproduktide koostisse. Nendest kõige enam levinud mineraalid on päevakivid (albiit, anortiit, boksiidid, ortoklass jt.) ja mitmesugused saviliigid, millest kõige puhtam on kaoliin. Krüoliit on suhteliselt haruldane mineraal, mis koosneb alumiinium- ja naatriumfluoriidist.

Kuna alumiiniumi saamise elektrolüütiline meetod nõudis suurt energiahulka (1 t alumiiniumi kohta 20 000 kw/t), siis võis ta leida kasutamist nendes kohtades, kus asusid odavad energiaallikad elektrivoolu saamiseks. Niisuguseks allikaks oli mägijõgede vee-energia Seepärast ehitatigi esimene elektrolüütilise alumiiniumi tehas Euroopas Reini kose lähedale Neuhausenis (Šveitsis).

---

[1] Louis Napoleon, kes nimetas enda 1852. aastal Prantsusmaa imperaatoriks Napoleon III nime all, oli Napoleon I vennapoeg.

Sellest momendist alates kustus alumiiniumi kui väärismetalli kuulsus. Ta ei ole enam kapriisse moe tähelepanuobjekt. Alumiiniumi hinnaliste omaduste tõttu, mis avaldusid selles, et metall oli kerge, hästi sepistatav, valtsitav lehtedeks, venitatav traadiks, vastupidav õhu, vee ja lahjendatud orgaaniliste hapete (äädikhape, sidrunhape jt.) suhtes ning millega võis hästi täita valamisel vorme, hakatakse teda kasutama tehnikas.

Tsaari-Venemaal ei olnud alumiiniumi tootmiseks tehaseid ning ei teatud ka selle saamiseks kõlblikke toorainetevarusid. Alumiiniumitööstus loodi meie maal nõukogude võimu ajal. Alumiiniumitööstuse esiklapseks oli Volhovi kombinaat, mis andis 14. mail 1932. aastal esimesed kangid nõukogude alumiiniumi. Teiseks alumiiniumi kombinaadiks oli Dneprovski (Dneprogessi juures), mis andis esimese sulatise alumiiniumi 15. juulil 1933. a. Esimestes nõukogude alumiiniumitehastes toimus alumiiniumi tootmine täiustatud meetoditega, mis olid välja töötatud väljapaistva keemiku-tehnoloogi P. P. Fedotjevi (1864—1934) poolt loodud alumiiniumi eraldamise elektrolüütilise teooria alusel.

Nõukogude Liidu arvukate jõgede vee energia ammendamatud varud muudetakse elektrivooluks ehitatud elektrijaamades. Alumiiniumi looduslike mineraalide kõige rikkamad varud avavad piiramatud võimalused puhta alumiiniumoksiidi saamiseks savist, nefeliinist, madalakvaliteedilistest boksiitidest (suure hulga liiva ja rauaoksiididega segatud alumiiniumoksiid) ja Moskva ümbruse süte tuhast.

Alumiinium konkureerib elektrotehnilises tööstuses vasega. Kuid auto «Moskvitš» kolvid valmistatakse alumiiniumi ja räni (13%) sulamist. Alles hiljuti väärismetalliks peetud alumiiniumi kasutatakse malmivalude pindadele tule- ja korrosioonikindluse andmiseks ning tsisternide valmistamiseks, milles veetakse ja säilitatakse kontsentreeritud vesinikülihapendit.

Uus tehnika avas alumiiniumile uue tee. Pärast paljusid ebaõnnestumisi 12. aug. 1960. a. välja lastud Ameerika satelliit «Echo — 1» kujutas endast raadiosignaalide peegeldamiseks 30 m diameetriga suurt kera, mis oli valmistatud plastmassist. Seetõttu oli satelliidi kaal ainult 62 kg. Peegelduvaks kihiks oli õhuke alumiiniumikiht kera pinnal. Prantsusmaal on juba ehitatud üle 50 tuhande tonnise veeväljasurvega, 315 m pikkune laev, mis on arves-

tatud kahele tuhandele reisijale. Kere, päästepaadid, masinad ja isegi mööbel on valmistatud alumiiniumist. Alumiiniumist, mis on kaetud epoksüvaiguga, ehitatakse juba sildu ja laevu ning valmistatakse taarat konservide jaoks.

100—150° C juures on alumiinium niivõrd plastiline, et sellest võib saada lehtmetalli, mis on õhem kui 0,01 mm. Sellist lehtmetalli kasutatakse laialdaselt elektrikondensaatorite valmistamisel ja mõningate produktide pakkimisel.

1955. a. lasti Ungaris välja esimene postmark maailmas, mis oli trükitud 0,009 mm paksusele alumiiniumile. Niisuguseid marke pealkirjaga «Au NLKP! Au nõukogude rahvale!» kleebiti ümbrikutele Kremli palee sidejaoskonnas NLKP XXII kongressi ajal.

Väga peent alumiiniumipulbrit kasutatakse põlev- ja plahvatussegude koostamisel ning atmosfäärsete mõjutuste vastu küllalt püsiva hõbevärvi valmistamisel, mis koosneb kõige väiksematest alumiiniumiosakestest. Alumiiniumi jämedateralist pulbrit kasutatakse aga aluminotermias. Aluminotermiaks (avastatud 1859. a.) nimetatakse metallide taandamismeetodit nende oksiididest pulbrilise alumiiniumiga. Aluminotermiat kasutatakse sageli kõrgete temperatuuride saamiseks metallide keevitamisel. Lähtesegu («termiit») koosneb sel juhul alumiiniumipulbri ja rauaoksiidide segust. Süüdatud põlema spetsiaalse sütiku abil, kuumeneb see põlemisel kuni 3500° C-ni.

50-grammine termiitbrikett sulatab mõne sekundi jooksul läbi 2 mm paksuse raudlehe. Betoon ja tellis, mis pilluvad termiitpulbri toimel sädemeid ning põlevad leegita, pragunevad.

... 1944. a. detsembris pidasid nõukogude vastuluureorganid ühe väikese Poola linna piiril kinni kahtlase naise, kes kaotas laskemoonaga laaditud autokolonni juurde täidetud «täitesulepea». Kontrollimisel tehti kindlaks, et see oli diversiooniline süütevahend, mille kest oli valmistatud elektronist — sulamist, mille aluseks on alumiinium. Samast sulamist valmistati ka süütepommikesti. Alumiiniumi soolad orgaaniliste hapetega on «napalmi» lähtematerjaliks, mida ameerika imperialistid kasutavad ka praegu võitluses Lõuna-Vietnami rahva vastu ning portugali kolonisaatorid Angoolas.

Kõikidele tuntud tahkude koostisse kuulub alumiiniumoksiid. Looduslikku mineraali, mis sisaldab alumiiniumoksiidi, nimetatakse korundiks. Raudoksiidiga segatud

looduslikku korundi kasutatakse selle väga suure tugevuse tõttu lihvimiskäiade, luiskude jt. asjade valmistamiseks. Pulbristatud kujul kasutatakse seda smirgli nime all metallipindade puhastamiseks ja smirgelpaberi valmistamiseks. Samal eesmärgil kasutatakse sageli ka alumiiniumoksiidi, mis on saadud boksiidi sulatamisel (tehniline nimetus — alund).

Korundi läbipaistvad kristallid, millele kroomiühendid annavad veripunase värvuse, kujutavad endast vääriskivi — rubiini. Käesoleval ajal saadakse rubiinkristalle kunstlikult. Sünteetilise rubiini kristallide suurepärane omadus välja saata ksenoonlambiga kiiritamisel punase valguse kvante, oli võimsa optilise kiirgaja ehituse aluseks, mida praegu nimetatakse väga sageli laseriks.

Vastava konstruktsiooni puhul kiirgab laser rangelt-määratud sagedusega punast valgust, mis miljon korda ületab sama suure pinnaga päikese heleduse ja omab suurt valgusrõhku (miljon atmosfääri).

Elektromagnetilise kiirguse kõige peenema kimbuga, «nõelja kiirega», optilised generaatorid rakendavad teatud määral ellu insener Garini fantastilist leiutist Aleksei Tolstoi romaanist «Insener Garini hüperboloid». Laserite peamiseks kasutamisalaks on printsipiaalselt uus, paljutõotav sidevahend.

Valguslainete nõeljad kimbud avavad teadlaste ees ahvatlevad perspektiivid. Lähemas tulevikus hakatakse nende abil nähtavasti kiirendama laetud osakesi, puurima kõige kõvemaid kivimeid, hävitama viiruseid, keevitama punktiliisi pindu, ühelt orbiidilt teisele üle viima maa tehiskaaslasi.

Mitte juhuslikult ei rõhutanud NSV Liidu Teaduste Akadeemia president akadeemik M. V. Keldõš, esinedes NLKP XXII kongressil, kvantelektroonika, või nagu teda mõnikord nimetatakse, aatomiraadiotehnika, paljutõotavat arengut, mille praktilise saavutuse näiteks on rubiinlaser.

4. okt. 1957. a. toimus inimkonna ajaloos suursündmus. Nõukogude Liidus lasti orbiidile Maa esimene kunstlik kaaslane. Toimus sündmus, millele võrdset on raske leida kogu paljusajandilises kultuuriajaloos. Ainult tule saamise meetodi avastamist võib tema tähtsuse järgi võib-olla kõrvutada saavutusega, mille tegi inimene 4. oktoobril 1957. a.

See saavutus sai teatud määral võimalikuks edusam-

mude tõttu alumiiniumisulamite valmistamise valdkonnas. Nimelt nendest, väga püsivatest ja kergetest sulamitest ehitati nõukogude satelliitide kered ja konteinerite kestad, kuhu paigutati aparatuur.

Spetsiaalne fluorestseeruv ekraan, mis paigutati kolmandale satelliidile Päikese poolt väljakiirgavate laetud osakeste uurimiseks, oli kõige õhem leht kõige puhtamast alumiiniumist. Alumiiniumisulamitest valmistatakse mitmesugused kinnitused, kronsteinid, instrumentide ja aparaatide šassiid, kodumaise aparatuuri kestad ja kered ning isegi ketid koerte kinnihoidmiseks. Kaasaegse tehnika ja teaduse suured saavutused ei ole mõeldavad alumiiniumisulamite kasutamiseta.

Kaasaja inimeste silme all lahkub rauasajand, seda asendab alumiiniumisajand. On õige N. G. Tšernõševski geniaalne ettenägelikkus, kes nimetas alumiiniumi «sotsialismi metalliks». Kirjeldades hiiglasuuri valgusküllaseid ja õhurikkaid maju, ütleb romaanis «Mida teha?» üks romaani tegelasi: «... nad on sellepärast alumiiniumist,... et siin on ju väga soe, valge kuumeneb vähem päikese käes.» Meenutame lugejale seda, et romaan kirjutati vanglas (14. detsembril 1862. a. — 4. aprillil 1863. a.) ja kohe trükiti. Tol ajal peeti alumiiniumi veel väärismetalliks!



ELUTA LOODUSE ALUS

14. RÄNI — *Silicium* (Si)

Kolmandaks kõige enam levinud elemendiks looduses on räni. Selle elemendi venekeelne nimetus tulenes ladina keelest *lapis cremens,* mis tähendab tuldandev kivi. Nii nimetati kõva kivi, mis andis löögil sädeme ja oli kaua aega inimesele tule saamise allikaks tikkude asemel. Pärast tulirelva leiutamist kasutati räni püssirohu süütamiseks tulekivipüssidel ja -püstolites.

«Tuldandev kivi» ehk ränikivi[1], nagu seda tavaliselt nimetatakse, on üks arvukatest räniühenditest, mis kuulub sageli enamiku kivimite koostisse.

Merekallaste, jõgede ja ääretute kõrbete liiv, liiva- ja kiltkivide, graniitide ja gneisside suured lademed, mäeahelikud ja maakoor kuni 20 km sügavuseni koosnevad peamiselt räniühenditest. Räni moodustab umbes 17% maakoore aatomite üldarvust ehk 30 kaaluprotsenti. Akadeemik A. J. Fersman ei nimetanud juhuslikult räni maakoore aluseks.

[1] Ränikivi — ladina keeles *silex*; sellest sõnast tuleneb elemendi teaduslik nimetus — *silicium.*

Räni kõige levinumaks ühendiks looduses on kvarts.

Puhas ja läbipaistev kvartsi teisend, mida nimetatakse mäekristalliks, oli tuntud juba muistsetele kreeklastele. Nad pidasid mäekristalli jääks, mis oli nii kõvasti jäätunud, et oli kaotanud igaveseks võime sulada. Kreeklased nimetasid mäekristalli kristalliks — «krystallos», mis tähendab jää. Hiljem läks see sõna mineraloogiasse, ja levinud seal laialt, hakati seda kasutama korrapäraste hulktahukakujuliste tahkete kehade tähistamiseks.

Peale mäekristalli, mille kristallid on mõnikord tohutu suured (mitu meetrit), esineb kvarts looduses veel värviliste ühenditena. Nende hulgas on puhtad ja läbipaistvad violetsed (ametüstid) ja sidrunkollased (tsitriinid) teisendid, mis kuuluvad kalliskivide ja poolkalliskivide hulka. Kvartsi teisendite üldarv ulatub kahesajani. Kvartsi sisaldavate looduslike ühendite arvu mõõdetakse mitmete sadadega.

Mendelejevi tabeli kõikidest elementidest on räni üks vähestest, mille ühendid on inimese teenistuses juba väga ammu.

Räni esimeseks ühendiks, mille abil ürginimene «muutus inimeseks», oli ränikivi — kõva kivi. Kasutades ränikivi omadust puruneda löömisel teiste kivide vastu pikkadeks vastupidavateks plaatideks, valmistas ürginimene nendest nuge nahkade töötlemiseks, odade teravikke ning noolte otsi.

Kuid selle ajani, millal metslase poolt üleskorjatud ränitükk muutus tema käes kivist kaabitsaks või noaks, möödus väga pikk aeg, millega võrreldes meile teadaolev ajalooline aeg on niisama lühike nagu ühe inimese elu selle ajaloolise ajaga võrreldes.

Kui eelajaloolisel ajal kuulus tähtis osa ränikivile, siis ajaloolise aja esimestest päevadest alates kuni tänapäevani ei ole kvartsi osa inimese praktilises tegevuses mitte vähem tähtis. Kvarts on klaasivalmistamise põhimaterjaliks. Populaarsetes raamatutes ja brošüürides, kus käsitletakse klaasi tekkimise küsimusi, esitatakse väga sageli rooma teadlase Plinius Vanema jutustus klaasi juhuslikust avastamisest foiniikia kaupmeeste-meresõitjate poolt. Ootamatult tabanud tugeva tormi tõttu olid nad sunnitud ootama väikesel lahel tormi lõppu. Kuna nad ei leidnud liivasel rannal mitte mingisuguseid kive tuleaseme jaoks, kasutasid nad selleks soodapankasid, millega laev

oli laaditud. Ajades laiali lõkketule hõõguvaid tukke, leidis hommikul üks meremeestest tuhas läikivaid tahkeid kange, mis ei sarnanenud mitte ühegi tol ajal tuntud ainega. See oligi Pliniuse väite järgi klaas, mis saadi sooda kokkusulatamisel mereliivaga.

Meie ajal kontrolliti Pliniuse (kes hukkus Vesuuvi purske ajal 79. aastal) jutustust klaasitegijate poolt. Nad ladusid liivasele merekaldale soodatükkidest tuleaseme. Ent katse ei olnud edukas. Hommikul, kui leek tuleasemel kustus, ei leitud tuhas klaasikange. Nähtavasti ei ole lõkketule leegi temperatuur küllaldane selleks, et soodat liivaga kokku sulatada ja klaasiks muuta.

Praegu ei ole võimalik täpselt öelda, kes ja millal leiutas klaasi, samuti nagu ei ole võimalik öelda, kes ja millal põletas esmakordselt savist voolitud savipoti. On teada ainult, et klaas on inimkonna üheks kõige vanemaks leiutiseks. Nii näiteks on rohekasmustadest klaashelmestest kaelakee, mis leiti Egiptuse valitsejanna Hatšepsuti muumia kaelas, 3400 aastat vana. Veelgi suurem on Teeba linna hauast leitud klaashelmeste vanus — 5500 aastat.

Antiik-Rooma meistrid saavutasid klaasi valmistamisel suure meisterlikkuse. Värviliste klaaside valmistamise suurt kunsti tõendab mosaiikpõrand ketikoera kujutisega. See mosaiik avastati Pompeii linna väljakaevamistel ühes majas. Veelgi originaalsem mosaiik on Rooma keiser Hadrianuse villas, mis on kunstis tuntud «Pühkimata põranda» nime all. Paigutatud söögitoa põrandale, kujutab see pühkimata põrandat, kuhu on laiali loobitud ärasööduu linnukondid, leivaraasukesed ja mitmesugune prügi.

Rooma klaasitegijad olid suurteks meistriteks ka mitmesuguste klaasist esemete valmistamise alal. Nad tegid vee-, õli- ja veinikruuse; karikaid ja peekreid, vaase, spetsiaalseid nõusid, niinimetatud trullasid, mida kasutati käte loputamiseks, ning väikesi pudelikesi lõhnaõlide jaoks. Mõned nendest esemetest on säilinud meie ajani. Neid hoitakse hoolikalt Lääne-Euroopa suurte linnade muuseumides. Originaalsete kunstinäidiste keskel pälvib erilist tähelepanu üks Pompeiis leitud klaasvaas. See on ilus tumesinisest klaasist nõu, mis on kaunistatud piimjasvalgest klaasist valmistatud viinamarjade ja luuderohu pärjaga. Analoogiliseks meistritööks on ka Rooma keiser Aleksander Severuse hauakambrist leitud sinisest klaasist

vaas, mis on kaunistatud graveeritud joonistega, mis kujutavad kreeka müüti Jasonist ja võlurist Medeast.[1]

Mongolieelse ajastu muinasvene klaasi koostise uurimine näitab vene meistrite, kes oskasid luua täiesti originaalse retseptuuri, tähelepanuväärset omapära. Kõige tüüpilisemaks on muinasvene algupärasel klaasivalmistamisel pliiränimuld- ja kaalipliiränimuldklaasid. Muinasvene meistrid valmistasid nendest helmeid, käevõrusid, mosaiike, nõusid ja aknaklaasi. Pliiränimuldklaas avastati ka Poolas. Teistes maades ei ole niisuguse koostisega klaase veel leitud.

Üks vanemaid leiutisi — klaas — omandas inimese elus väga suure tähtsuse. Klaasi on näha kõikjal, igal sammul meie igapäevases elus — tööstuses, tehnikas, teaduses ja kunstiteostes. Akna-, pudeli-, lambi- ja peegliklaas; igapäevaste majapidamis- ja laboratooriuminõude ning -aparaatide klaas; optiline klaas — prilliklaasidest kuni fotokaamerate keerukate objektiivideni; loendamatute optiliste aparaatide läätsed, alates mikroskoopidest, mis avavad tohutu suure, kuid palja silmaga nähtamatu maailma, kuni teleskoopideni, mis viivad meid maailmaruumi lõpututesse avarustesse. Raske on loetleda klaasi kõiki kasutamisalasid ning võimatu on üles lugeda mitmesuguseid klaasist valmistatud esemeid.

Valmistudes klaasitehase avamiseks, ei rõhutanud teadusliku keemia rajaja M. V. Lomonossov juhuslikult juba 1752. a. I. I. Šuvalovile kirjutatud värsivormilises kirjas, lõpetades klaasist valmistatavate esemete loetelu, klaasi kasulikkust ja selle väärtust sõnadega:

> «Mu rõõmsat kiidulaulu kuulgu põld ja aas;
> ei seda vääri teemandid, vaid lihtne klaas.»

Lomonossov andis suure panuse kunstilise klaasi valmistamise arengule Venemaal. Keemialaboratooriumis, mille ta rajas 1748. a., viidi värvilise klaasi keetmisel läbi umbes 4000 katset, mille jaoks Lomonossov «mitte ainult ei koostanud retsepte, vaid ka kaalus ise suurema osa materjale ja paigutas ahju...»

Lomonossovi poolt väljatöötatud retseptide alusel hakkas klaasivabrik, mis loodi samuti tema jõupingutusel

[1] Kreeka mütoloogias Jason — argonautide pealik. Medea — Kolhise valitseja tütar, kes oli armunud Jasonisse ning aitas tal muretseda kuldvillakut.

Ust-Ruditses' 1753. a., valmistama «mitmevärvilist, läbipaistvat klaasi väikeste klaaspärlite, nõude ja teiste galanteriiesemete» jaoks ning läbipaistmatut, niinimetatud smaltot mosaiigi jaoks.» Lomonossov tegi smaltost mõned mosaiikpildid, mille hulgas on kõige kuulsam tänapäevani säilinud «Poltaava lahing».

Kaasaja keemia edusammud klaasi omaduste uurimisel muutsid klaasi materjaliks, millest valmistatakse tulekindlaid kangaid, teatri eesriideid, dekoratsioone, vaipu, isoleerpaelu, vatti, vilti ja palju teisi tehnika- ja majapidamisesemeid.

Kvartsi hinnalised omadused (laseb läbi ultravioletkiiri, väike paisumistegur, keemiline inertsus, raske sulavus jt.) kindlustasid selle laialdase kasutamise mitmesugustes teadus- ja tehnikaharudes.

Ülipeeneid, erakordselt vastupidavaid niite, mis on saadud paukgaasi leegis sulatatud kvartsist, kasutatakse täpsetes elektrimõõteriistades ja instrumentides detailide (osutite, näitajate, kangide jne.) ülesriputamiseks. Raskelt sulavast kvartsklaasist valmistatakse termomeetreid kõrgete temperatuuride mõõtmiseks. Väike paisumistegur võimaldab kasutada kvartsi anumate, torude, laboratooriumiinõude ja mitmekesise keemiaaparatuuri valmistamisel, mis on kasutatav temperatuuri järsu kõikumise korral. Kvartsi optilised omadused tagavad tema kasutamise kõikvõimalike optiliste aparaatide valmistamisel, «kõrgustikupäikese» lampide valmistamisel, kinniste solaariumide ehitamisel jne.

On veel palju teisi räniühendeid sisaldavaid mineraale, mis samuti leiavad tehnikas laialdast kasutamist. Osa neist (graniiti, porfüüri, labradori jt.) kasutatakse vastupidavuse ja kauni välimuse tõttu ehitus- ja viimistlusmaterjalina; teisi haruldaselt tugevaid mineraale kasutatakse niinimetatud täppiskividena mitmesugustes mõõteriistades, alates kella mehhanismidest kuni analüütiliste kaalude ja spetsiaalsete aparaatideni; kolmandaid ühendeid, tsemente kasutatakse laialt ehituses nende võime tõttu siduda segus teiste ainetega kivipuru, kive ja telliseid; neljandaid kasutatakse kalliskividena suurepärase läbipaistvuse, puhtuse ja läike tõttu ning lõpuks viiendaid, millel on ebatavaliselt kirev värvus (jaspis, nefriit, kaltsedon) kasutatakse kunstiteoste valmistamisel, mis kaunistavad paleesid ja muuseume.

Räni on vajalik taimede ja loomade eluks. Räni koguneb taimede vartesse ja tõstab tunduvalt nende mehhaanilist vastupidavust. Kui tugev ka ei oleks torm ja äikesevihmavaling, peavad teravilja peened kõrred neile vastu, painduvad mõnikord maani, kuid ei murdu. Räni ei ole ainult suurte taimede, vaid ka pisitillukeste ränivetikate koostises. Räni on vajalik ka loomadele. Ilma ränita ei ole lindude munakoored vastupidavad. Mõned käsnad ehitavad oma keha skeletid samuti ränist. Õrnad ainuraksed, mis on tuntud radiolaaride nimetuse all, loovad ränist väga ilusaid skelette. Räni esineb ka inimese organismis. Kõige rohkem sisaldub räni silma klaaskehas, kus räni hulk ulatub kuni 0,06 kaaluprotsendini. Räni bioloogiline osa inimese organismis ei ole aga seniajani küllalt selge.

Räni esineb peene hallikaspruuni pulbrina või hallide, kõvade, kuid küllalt rabedate kristallidena (tihedus 2,4). Kristalses olekus juhib räni hästi soojust ning on metallilise läikega. Metallidele iseloomulik elektrijuhtivus on ränil väga väike (0,001 elavhõbeda elektrijuhtivust).

Räni on raskesti sulav (sulab 1415° C juures) ning keeb 2360° C temperatuuril. Toatemperatuuril on räni inertne, kuid kuumutamisel üle 500° C muutub reaktsioonivõimeliseks ja ühineb hapniku, väävli, kloori, broomi ja teiste elementidega. Lahustudes hästi sulametallis, moodustab räni mõnega neist (raua, vase, plaatinaga jt.) silitsiide.

Tehnikas kasutatakse räni sulamit rauaga — ferrosiliitsiumi. Ferrosiliitsiumi kasutatakse happekindlate esemete valmistamiseks. Metallurgias kasutatakse ferrosiliitsiumi räni sisseviimiseks mitmesugustesse spetsiaalsetesse terasesortidesse.

Kõige uuemad keemia saavutused ülipuhta räni saamisel avavad laia tee pooljuhttehnikas. Ränialaldite loomist tuleb pidada kaasaja teaduse üheks kõige suuremaks saavutuseks. Räni abil täitus mõningal määral unistus päikeseenergia otsesest muutmisest elektrienergiaks. Maa kunstlikud kaaslased said elektrienergiat päikese ränipatareidelt. Need patareid mitte ainult ei varustanud satelliidi kogu aparatuuri energiaga, vaid laadisid ka tema akumulaatoreid, mis hakkasid tööle siis, kui satelliit oli Maa varju piirkonnas. Kõrgmolekulaarsete ühendite keemia edusammud tõid keemikute-sünteetikute huvide ringi ka räni.

Räni võime ühineda hapnikuga, moodustades ahelstruktuure (nn. siloksaanseid grupeeringuid), annab võimaluse saada suure arvu mitmesuguseid ühendeid. Nende hulgas on määrdeõlid, mis säilitavad oma omadusi temperatuuri intervallis —60° C kuni + 200° C; antipeensed vedelikud, mis hoiavad ära määrdeõlide keemahakkamise mehhanismides; ühendid, millel on hüdrofoobsed omadused; isoleermaterjalid, plastmassid ja paljud teised ained.

1962. a. saadi NSV Liidu Teaduste Akadeemia Kõrgete Rõhkude Füüsika Instituudis rõhul 200 000 atmosfääri ja temperatuuril 1500 kraadi kvartsi uus teisend, mis on tavalisest kvartsist 65 protsenti tihedam ning kõvaduselt ei jää maha korundist. Tähelepanuväärne oli kvartsi uue teisendi leidmine looduses. Ameerika uurijad leidsid ta Ameerika Ühendriikide Arizonase meteoriidikraatri kivimites. Võib oletada, et Arizonase meteoriidi langemise momendil vastu maad, kus asus kvartsliiv, tekkis lõögi mõjul vajalik rõhk ja temperatuur, mille puhul tekib kvartsi uus teisend.

Arvestused näitavad, et Maa keskmine tihedus on 5,5, mis teadlaste arvates tähendab raua ja teiste raskete metallide olemasolu sügavates kihtides. Kas ei koosne aga sügavad kihid uuest mineraalist, mille ameerika teadlased nimetasid stipoveriidiks noore teadlase, kommunistliku noore S. Stišovi ja kahe teadlase Popovi ja Vereštšagini nimede esimeste tähtede järgi, kes avastasid selle mineraali.

1811. a. said prantsuse teadlased Gay-Lussac ja Thenard vabas olekus räni. Räni tõelise olemuse aga tegi kindlaks 14 aastat hiljem rootsi keemik J. Berzelius.

1865. a. sai vene teadlane N. N. Beketov originaalsel teel vaba räni (tsingi reageerimisel räni klooriühendiga).



VALGUSKANDJA

15. FOSFOR — *Phosphorus* (P)

Proovige pimedas toas või öisel tänaval teha niisugune lihtne katse. Mitte väga tugevalt, nii et tikk ei süttiks põlema, tõmmake tikuga mööda tikukarbi külge. Te märkate, et hõõrdekohal on mõnda aega näha tiku helenduv triip. Helendub valge fosfor. Kuid igaüks, kel on meeles keskkooli keemiatunnid, võib öelda: «Lubage, tikkude valmistamisel kasutatakse punast, aga mitte valget fosforit». Õige! Tikukarbi külgedel ei ole valge, vaid punane fosfor, mis reaktsioonil tikupeas oleva Berthollet' soolaga kuumeneb ning läheb vähesel määral üle valgeks fosforiks.

Fosfor võib esineda mitmes vormis või, nagu öeldakse, mitmes modifikatsioonis.

Valge fosfor on tahke kristalne aine. Keemiliselt puhtad valge fosfori kristallid on täiesti värvusetud, läbipaistvad ja murravad hästi valguskiiri. Valguse käes lähevad nad kiiresti kollaseks ja kaotavad läbipaistvuse. Seepärast on fosfor normaaltingimustes väliselt väga sarnane vahaga, kuid on viimasest raskem (valge fosfori tihedus on 1,84). Külma käes on fosfor rabe, toatemperatuuril aga suhteliselt pehme ja noaga kergesti lõigatav. Valge fosfor sulab

44° C ja keeb 280,5° C juures. Oksüdeerudes õhuhapniku toimel, helendub valge fosfor pimeduses ja süttib kergesti nõrgal kuumutamisel, näiteks hõõrdumisel.

Täiesti kuiva ja puhta fosfori süttimistemperatuur on lähedane inimese keha temperatuurile. Seetõttu hoitakse teda ainult vee all. Esimese maailmasõja ajal kasutati valget fosforit süütematerjalina suurtükimürskudes, lennukipommides, granaatides ja kuulides.

Fosfori oksüdeerumine õhus valgusenergia eraldumisega oli paljude fantastiliste lugude tekkimise teemaks. Näitena toome ühe katkendi: «Jaa! See oli suur, pigimust koer. Mitte keegi meist, surelikest, ei olnud niisugust koera veel näinud. Tema lõugade vahelt purskas välja leek, silmad pildusid sädemeid, kuid mööda koonu ja kukalt helkles vilkuv tuli. Terves mõistuses ei saanud tekkida hirmsamat ja vastikumat nägemust kui see põrgulik olevus, kes kargas udust välja meie kallale.» Nii kirjeldab Conan Doyle oma jutustuses «Baskerville'i koer» kohtumist soos ebatavalise koeraga. Edasi annab autor surnud koera kirjelduse: «... hirmus, noore lõvi suurune peni. Tema suured lõuad helendusid ikka veel sinaka leegina, metsikud aukus silmad olid ümbritsetud tulerõngastega. Ma puudutasin seda helenduvat pead ning, võtnud käe ära, nägin, et ka mu sõrmed hakkasid pimeduses helenduma.

«Fosfor,» ütlesin mina.»

See lugu on ebatõenäone. Koerakarv võiks helenduda ainult siis, kui sellel on fosfori osakesi. Kuid fosfor on tahke aine ja selleks, et seda pihustada villa või mõne teise materjali pinnale, on ainult üks meetod: määrida kokku lenduva vedelikuga, mis sisaldab lahustunud fosforit. Vedeliku (kloroform, väävelsüsinik) aurustumisel eraldub fosfor ülipeene pulbrina. Pihustatud fosfor aga oksüdeerub energiliselt õhus ning eralduv soojus süütab selle põlema. Seetõttu ei saa fosforit panna koerakarvadele, et see seal pika aja kestel helenduks.

Fosfor on kõige tugevamaid mürke. Üks kümnendik grammi fosforit on juba inimesele surmav. Teisest küljest aga on fosfor elusorganismi koostisosa, milleta ei saa eksisteerida loomad ja inimene. Fosfori puudujääk pidurdab kasvu, kutsub esile nõrkuse, progressiivse kõhnumise ja surma. Fosfori väikeste hulkade (0,00015 g päevas) lisamine kasvavate loomade toidule aga tõstab söögiisu, suurendab kaalu, punaste vereliblede (erütrotsüütide)

arvu ning tihendab luid. Inimese ja loomade organismis asub fosfori põhimass luudes. Fosfori ühendeid on ka peaajus, närvides ja veres. Fosfori üldhulk inimese organismis on umbes 500 g. Niisuguse vaba fosfori hulgaga võib mürgitada 5000 inimest ning niisama suur hulk fosforit on vaja ühe inimese normaalseks elutegevuseks.

Nooruse eliksiiri otsingutel ja kulla saamise katsetel püüdis XVII sajandi alkeemik Henning Brand Hamburgist valmistada «filosoofilist kivi» uriinist. Sel eesmärgil aurutas ta kokku suure hulga uriini ja kuumutas õhu juurdepääsuta pärast aurutamist saadud siirupitaolist jääki segus liiva ja puusöega.

Brand sai tulemuseks ebatavaliste omadustega aine, mis helendus pimeduses. Keeva vette visatud tükk eraldas aurusid, mis põlesid õhus tiheda valge suitsu eraldumisega, mis vees lahustumisel moodustas happe.

Huvi uue aine vastu oli väga suur ning Brand lootis saada oma avastuse eest suurt kasu. Asjatult ei olnud ta varem Hamburgi kaupmeheks. Hoides valmistamise meetodit kõige rangemas saladuses, näitas Brand uut ainet raha eest, soovijatele aga müüs seda väikeste portsjonitena ainult kulla eest. Mõne aja pärast müüs Brand ka fosfori valmistamise saladuse Dresdeni keemikule Kraftile, kes hakkas analoogiliselt Brandiga sõitma mööda mõjukate isikute losse, näidates raha eest fosforit, ning kogus suure varanduse. Hertsog Johannes Friedrichi lossis Hannoveris pööras Krafti katsetele erilist tähelepanu tuntud saksa filosoof ja matemaatik Leibnitz, kes oli sel ajal hertsogi lossis raamatukoguhoidjaks. Vastavalt Leibnitzi tunnistusele sai saksa keemik, Wittenbergi ülikooli professor Johann Kunckel Krafti kaudu teada fosfori valmistamise retsepti ning pärast rida ebaõnnestumisi, muutnud Brandi meetodit, sai fosforit, ja pretendeeris avastuse iseseisvusele. Võtnud Kunckelilt andmed fosfori saamise uue meetodi kohta, avaldas teine Wittenbergi ülikooli professor Caspar Kirchmeyer pika ja huvitava pealkirjaga artikli: «Püsiv, vahel välkuv, õine valgusti, mida otsiti kaua, on praegu leitud». Selles artiklis avaldati esmakordselt fosfori mõned omadused ja iseärasused.

1680. a. sai Inglismaal, sõltumata Brandist, Kunckelist ja Kirchmeyerist, fosforit Boyle. Boyle pühendas avastusse oma assistendi Hankwitzi, kes, nagu tema eelkäijadki, püüdis sellest tulu saada. See õnnestus Hankwitzil ailes

pärast Boyle'i surma. Avanud fosfori tootmise kommertsmastaabis, kogus Hankwitz fosfori müümisel üksikutele teadlastele ja Euroopa teaduslikele asutustele suure varanduse. 1743. a. leidis keemik A. Marggraff fosfori saamise täiuslikuma meetodi ja avaldas oma andmed avalikult. Avanenud võimalus valmistada igal soovijal «oma» fosforit, redutseeris «fosfori spekulatsiooni» nullini.

Fosfor muutus ainult kitsa ringi keemikute ja teadlaste huviobjektiks. Võime tõttu helenduda pimeduses sai fosfor ka oma nimetuse, mis koosneb kahest kreekakeelsest sõnast *fos* — valgus ja *fero* — kannan. Sõnasõnalt tähendab «fosfor» — valgusekandja. Osa vene keemikuid soovitas võtta teaduses kasutusele fosfori venepärased nimetused, nagu «helendaja», «isehelendav» jt., kuid need «nimed» ei levinud laialt.

Pärast fosfori avastamist kasutati selle võimet helenduda pimedas teisel eesmärgil. Nüüd hakkasid religioossete kultuste esindajad fosfori abil ülalpidamist hankima. Fosfori kasutamise retseptid olid väga mitmekesised. Näiteks lisati sulale, kuid juba paksenenud vahale vähesel hulgal fosforit. Saadud segust vormiti pliiatsid, millega kirjutati kirikute seintele ja ikoonidele. Öösel oli näha «salapäraseid pealkirju». Oksüdeerudes aeglaselt, helendas fosfor, ning parafiin, kaitstes teda kiire oksüdeerumise eest, suurendas nähtuse kestust. Fosfor lahustati bensoolis või väävelsüsinikus. Saadud lahusega niisutati küünalde või ripplampide tahte. Pärast lahusti aurustumist hakkas fosfor põlema ning sellest süttis ka taht. Nii sepitseti «imet», mida nimetati «küünalde isesüttimiseks».

Looduses ei esine fosforit vabas olekus. Kuuludes laialtlevinud elementide hulka (fosforit on 0,04% maakoore aatomite üldarvust), moodustab ta aga mineraalide, fosforiidi- ja apatiidilademeid. 1926. a. avastasid akadeemik A. J. Fersman ja L. N. Labuntsov Koola poolsaarel kõige rikkamad apatiidi leiukohad, mille ekspluateerimine algas S. M. Kirovi initsiatiivil. Fosfor on vajalik taimede eluks. Koola poolsaarel leitud apatiidid on fosforväetiste tootmisel ammendamatuteks tooraine tagavaradeks.

Mõningaid fosfori ühendeid — fütiini, glütseriinfosfaati jt. kasutatakse meditsiinis ravimitena, mis tugevdavad närvi-, lihaste- ja luusüsteemi.

Fosfori põhiliseks tarbijaks on tuletikutööstus. Tuletikud on suhteliselt «noor» leiutis. Ränikivist tulerauda

ja eriliiki seenest valmistatud taela kasutati alles XIX sajandi algul. Esmakordselt ilmusid tuletikud 1805. a., millal Chansel esitas oma leiutise. Chanseli tuletikud olid väikesed kuivad pirrud, mille üks ots kaeti Berthollet' soola ja kummiaraabiku seguga. Tikud süttisid põlema tikupea asetamisel pudelikesse, milles oli väävelhappega läbi immutatud asbest. Chanseli tikke täiustas Jones Londonist. Uute tuletikkude pead koosnesid üliväikestest väävelhappega klaaspõiekestest, mis olid kokku määritud Berthollet' soola, suhkru ja liimiga. Tikkude juurde olid lisatud näpitstangid — pintsetid, millega pigistati puruks põieke-tikupea. «Tikk» ise koosnes kergestisüttivast papist. «Saatanlike» tikkude nime all olid nad jõukate isikute ja suurilma keigarite luksusesemeks.

1826. a. leiutas apteeker Walker Inglismaal tuletikud, mille pea sisaldas Berthollet' soola, antimonsulfiidi ja liimi segu. Niisuguste tikkude süütamiseks tarvitati klaaspaberit. Tikupea hõõrumisel klaaspaberi vastu süttis tikk põlema. Kasutanud apteeker Walkeri ideed (põlemasüütamine hõõrumise teel), asendas prantsuse üliõpilase Charles Sauria Walkeri segu valge fosforiga. Niisuguste tikkude süütamiseks piisas energilisest tõmbamisest igasuguse kõva pinna vastu. Sageli kasutati selleks saapataldu. Valge fosfori suure tuleohtlikkuse ja mürgisuse tõttu ei olnud Sauria tuletikud praktilised. Nad põhjustasid kord tulekahjusid, kord ettekavatsetud mürgistamisi. Fosfortikkude pidev täiustamine viis «ohututе» tuletikkude leiutamisele Rootsis. Uued «ohutud» ehk «rootsi» tuletikud levisid laialt igapäevases elus. Rootsi tuletikkude peas ei ole valget fosforit. Punane fosfor on kantud paberile, mis on kleebitud tuletiku karbile.

Vastandina valgele ehk kollasele fosforile, nagu teda mõnikord nimetatakse, ei ole punane fosfor mürgine, ei oksüdeeru õhu käes, ei helendu pimeduses ega lahustu väävelsüsinikus ning põleb alles 260° C juures. Punast fosforit saadakse valge fosfori pikaajalisel kuivdestillatsioonil 250°—300° C juures.

Väga kõrgel rõhul läheb punane fosfor üle uueks modifikatsiooniks — mustaks fosforiks. Tuntud nõukogude teadlase L. F. Vereštšagini juhendamisel saadud musta fosforit uuriti põhjalikult mitmesugustes tingimustes. Selgus, et rõhul 40 000 kg/cm² moodustuva fosfori mustal modifikatsioonil on metalli tunnused (metalliline läige)

ja pooljuhtomadused. Edasisel rõhu suurendamisel kuni 100 000 kg/cm² omandab must fosfor aga täielikult metallilise iseloomu, mille tegi kindlaks E. V. Zubova, uurides selle elektrijuhtivust.

Alumiiniumi kiiritamisel alfaosakestega saadi fosfori radioaktiivne isotoop (^{30}P). Radiofosfor oli esimeseks kunstlikult loodud «radioaktiivseks elemendiks». Radioaktiivseid elemente kasutatakse mitmesugustes teadus- ja tehnikaharudes edukalt tundlike indikaatoritena mitmekesiste uurimiste läbiviimisel.

Fosfor on ebasoovitav lisand metallisulamites (fosfor muudab nad habrasteks). Kuna aga fosfor annab sulamile omaduse täita hästi kõige keerukamat vormi, siis lisatakse selleks otstarbeks mõnedele sulamitele juurde fosforit.

Raidkujud, ehisvõred- ja tarad, bareljeefid ning osa kaunistusi metroos on valatud fosforpronksist või fosformalmist. Ka Kaslinski meistrite (Uraal) kuulsad kunstipärased valutööd on valmistatud fosformalmist. Kuigi fosforit sisaldav metall ei ole väga vastupidav, vaid habras, võib seda täiel määral kasutada kunstiesemete valmistamiseks.

Üheks huvitavaks fosfori ühendiks on gaasiline fosfiin, mille iseärasus seisneb selles, et ta süttib kergesti õhus. Isesüttiv vedel fosfiin, mis moodustub tavaliselt koos gaasilise fosfiiniga, süütab viimase põlema. Selle fosfiini omadusega on seletatav vilkuvate soo- ehk hauatulukeste nähtus. Soodes ja värsketel haudadel on tõepoolest vahel tuli. See ei ole fantaasia ega ka väljamõeldis. Soojadel pimedatel öödel on mõnikord värsketel haudadel näha kahvatusiniseid, nõrgalt vilkuvaid tulukesi. «Põleb» fosfiin. Fosfiin moodustub surnud taim- ja loomorganismide mädanemisel. Fosforiühendid, mis on loomade ja inimese laipade koostises, lagunevad pinnasevete toimel ning moodustub fosfiin. Haua peal kobeda mulla või soos õhukese veekihi puhul väljub gaas pinnale ning süttib vedela fosfiini aurudest põlema. Seega ei ole tuled haudadel ja soodes «ime», saladuslike vaimude jäljed, viirastused, ega surnu pühaduse või patususe tunnus, vaid keemilise reaktsiooni tulemus. Paljud teadlased tegelesid vilkuvate tulukeste uurimisega. Neid tulukesi uurisid ka tuntud saksa astroom Friedrich Wilhelm Bessel, Kiievi professor Knorre, jt. Me ei peatanud lugeja tähelepanu juhuslikult ekslevatel

tulukestel. Liiga palju legende, eelarvamusi ja karmi ebausku oli seotud minevikus ja mõnel pool ka olevikus tuledega soode ja surnuaedade kohal.

Ka seiklusjuttude autorid kirjeldavad «salapäraseid» nähtusi, mis tulenevad fosforist ja tema ühenditest. «Tare katus oli auklik, laest langesid vihmapiisad, kuid koldes vilkus nõrgalt sinakas leek... hagude otsad hõõgusid sinaka tulena. Neile ei meenunud fosfor, mis on süttiv veest, nad olid kaugel keemiast...» (R. A. Stilmark, «Pärijad Kalkuttast»). Ilmselt oli ka autor «kaugel keemiast», sest isesüttivusele kalduvat valget fosforit h o i t a k s e just v e e a l l.



VULKAANIJUMALA SAPP

16. VÄÄVEL — *Sulfur* (S)

Väävel oli tuntud juba kauges minevikus. Legendaarne Vana-Kreeka poeet, eepiliste poeemide «Ilias» ja «Odüsseia» autor Homeros, kes elas XII ja VIII sajandi vahel e. m. a., märgib, et väävlit kasutati suitsutamisvahendina usutalitlustel. Kreeka arst Dioskorides nimetab oma ravivahendite raamatus, mis kuulub meie ajaarvamise esimese sajandi keskpaika, väävli kahte sorti, «põletamata», s. t. ehe ja «põletatud» ehk sulatatud väävel. Neid kasutati ravimitena.

Väävel kuulub antiikmaailma ajaloos kuulsa kreeka tule koostisse. Kreeka kuningad hoidsid selle valmistamist saladuses neli sajandit.

941. aastal hävitati Tsargradi müüride all Kiievi vürsti Igori laevastik. «Möödunud aastate jutustus» — sündmuste kroonika kokkuvõte, mis on koostatud Kiievis, lõpetas Igori sõjaretke kirjelduse pealtnägijate sõnadega. «Otsekui pikne, ... mis on taevas, oli kreeklastel ning nad lasksid selle meie peale, põletades meid, seetõttu me neid ei võitnud.»

Esinedes väävlisoontena vulkaaniliste maakohtade (Itaalias, Milose saarel, Kreekas jm.) maapragudes, peeti

väävlit ammust ajast maa-aluse jumal Vulcanuse tegevuse produktiks. Väävli ilus sinakas leek ning lämmatav lõhn tuldpurskavate mägede lähedal kinnitasid kujutlust väävli jumaliku tekke kohta. Muistsete looduseuurijate, eriti alkeemikute kujutluses oli väävlil eriline osa. Mõte, mille avaldas VIII sajandi araabia alkeemik ja arst Džabir ibn Haian (Geber) selle kohta, et kõik metallid koosnevad väävlist ja elavhõbedast, sai alkeemia «õpetuse» põhiprintsiibiks metallide kohta. Väljend «kõik metallid koosnevad elavhõbedast ja väävlist muutuvates hulkades» põhjendas teoreetiliselt mitteväärismetallide muutmise võimalust kullaks. Alkeemikute vaadete järgi koosnes kuld kõige puhtamast elavhõbedast, mis on segatud vähese hulga kõige puhtama väävliga. Alkeemikud arvasid, et väävli ja elavhõbeda vahelise suhte lihtsa muutmise ja nende puhastamise teel võib iga metalli muuta kullaks.

Inimese kauget tutvust väävliga tõendab ka tema venekeelse nimetuse päritolu, mis on laenatud sanskritikeelsest sõnast *sira* ja tähendab helekollane. Keemiline märk tuleneb ladina keelest *sulphur* — väävel.

Väävel kuulub laialt levinud elementide hulka. Maakoores ulatub väävli sisaldus 0,03%. Ehedalt esineb väävlit Ameerikas (Lousiana osariik, Ameerika Ühendriigid), Itaalias (Sitsiilia) ja Jaapanis. Nõukogude Liidus avastati väävlileiukohad Kara-Kumi kõrbes. Väävlit on Kaukaasias, Uraalis ja Volgamaal. Eriti laialt on väävel levinud arvukate ja mitmekesiste metalliühenditena (mineraalid — sulfiidmaagid, helgud, läiked), kuid samuti ka sooladena (anhüdriit, astrahaniit, vanthofiit, kips, krugiit, leoniit jt.). Väävel reageerib külmalt ainult fluoriga, kuumutamisel aga kergesti vesiniku, hapniku ja kõikide metallidega, välja arvatud kuld ja plaatina. Tegevvulkaanide lõõrid on sageli ääristatud aluniidi kuhjatistega. Mõned astronoomid oletavad, et valged oreoolid ja heledad kiired, mis on hästi näha kuukettal kuumägede kraatrite ümber, koosnevad aluniidist. Väävli haruldase püsivuse tõttu vee ja õhu suhtes leiab ta kasutamist metallide kinnitamisel kivide külge.

Väävel kuulub valkude koostisse. Mitmesuguste valkude analüüsil ulatub väävli hulk, ümberarvestatult kuivaine kohta, 0,3 kuni 2,5 protsendini. Suur hulk väävlit on kattekudede valkudes, millest on moodustunud kabjad, küüned, karvad ja suled. Väävel on mõnede hormoonide (näiteks

insuliini), vitamiinide ja rea teiste orgaaniliste ühendite koostises, millel on suur osa ainevahetuses.

Praegu on raske loetleda tehnika- ja tööstusharusid, kus võiks läbi saada ilma väävlita. Väävel on tuletiku süütemassi koostises, teda kasutatakse laialt põllumajanduses võitluses viinapuude, puuvillapõõsaste ja teiste taimede haiguste ja kahjurite vastu. Peenendatud olekus kasutatakse puhast väävlit meditsiinis enterobioosi (nakatumine naaskelsabadega) puhul, nahahaiguste ravimisel ja psühhiaatrias pürogeense (temperatuuri) teraapia puhul.

Väävel on asendamatu materjal kummitööstuses. Kautšuki kõige hinnalisemad omadused (nagu vetruvus ja elastsus) võivad säilida kitsas temperatuuriintervallis. Suvel, kuumuse käes pehmenevad ja kleepuvad kautšukist materjalid. Talvel, pakases aga muutuvad habrasteks ja rabedateks. On kindlaks tehtud, et kautšuk, ühinedes kuumutamisel väävliga, annab kummi. Kumm ei karda kuumust ega külma. Kummi saamisprotsessi nimetatakse vulkaniseerimiseks (ladina keelest «vulcanus» — tuli).

Laialdaselt kasutatakse väävlit arvukate derivaatide, väävelsüsiniku, sulfittselluloosi, farmatseutiliste preparaatide, mõnede sünteetilise kautšuki sortide ja väävelhappe saamisel.

Kõige tähtsam väävli ühend on väävelhape, mida saadakse vääveltrioksiidi vastastikusel toimel veega. Vääveltrioksiidi saadakse omakorda vääveldioksiidist. Vääveldioksiid on tuntud «põleva väävliauru» nimetuse all juba Homerose aegadest alates. Neid «aurusid» õnnestus puhtalt koguda alles inglasel Priestleyl. Ta tegi seda omaleiutatud elavhõbedavanni abil. Vääveldioksiid lahustub hästi vees (1 ruumalas vees 0° C juures lahustub 80 ruumala gaasi). Vääveldioksiid on värvuseta, mürgine, terava lõhnaga gaas. Antiikmaailma kuulus looduseuurija Plinius Vanem langes vääveldioksiidi ohvriks. Vääveldioksiid on vulkaaniliste pursete üks kõige sagedamini esinev gaasiline produkt. Tegevvulkaanide hulgas paiskab kõige rohkem vääveldioksiidi kõige kõrgem ja väga raskesti ligipääsetav Kamtšatka vulkaan — Kljutševskaja sopka. Vääveldioksiidi esineb ka ammukustunud vulkaanides. Näiteks tuntakse alpinistide seletuste järgi vääveldioksiidi lõhna Euroopa kõige kõrgema kustunud vulkaani, Elbruse põhjanõlval.

Vääveldioksiidil on nii oksüdeerija kui ka taandaja oma-

dused. Omades võimet valastada orgaanilisi värve niiskuse käes, kasutatakse vääveldioksiidi tekstiilitööstuses villa ja siidi pleegitamiseks. Mõningatel juhtudel on pleegitamisreaktsioon pöörduv ning värvus taastub aja jooksul. Sellega seletub vääveldioksiidiga pleegitatud õlgkübarate värvi taastumine. Päikesekiirte ja kuiva õhu toimel omandavad nad oma endise määrdunudkollase värvuse.

Meditsiinis ja veterinaarias kasutatakse vääveldioksiidi suurepärase desinfitseeriva vahendina. Paberi- ja tselluloositööstuses kasutatakse vääveldioksiidi tselluloosi saamiseks puidust. Vääveldioksiidi ja õhuhapniku segu juhtimisel üle kuumutatud katalüsaatori moodustub vääveltrioksiid. Vääveltrioksiid muutub 44,8° C juures värvituks lenduvaks vedelikuks, mis tahkestub 16,8° C juures.

Vääveltrioksiidi ühinemisel veega eraldub hulgaliselt soojust, mille tulemusena moodustub väävelhape.

Suur hulk väävelhapet kulutatakse mineraalväetiste tootmiseks ning raua pindade puhastamiseks oksiididest enne katmist metallidega (tsink, tina jt.). Väävelhapet kasutatakse vask- ja tsinkvitrioli, alumiiniumsulfaadi ja mõnede hapete saamisel, samuti ka orgaaniliste produktide, eriti naftaproduktide puhastamisel.

Suur hulk väävelhapet on vaja pliiakumulaatorite jaoks.

Kaasaja keemia edusammudega, mis ennustavad uute teadmiste tekkimist ja arengut, kaasneb suurendatud nõudmine väävelhappe järele. Mitte juhuslikult ei suurene pidevalt väävelhappe aastane maailmatoodang, mis 1957. aastal ületas 30 miljoni tonni piiri.

Paljud arvavad, et väävelhapet saadakse ainult sünteesimisel. See ei ole õige. Väävelhapet on leitud mõnedes vulkaanilise päritoluga vetes. Nii näiteks sisaldab Rio Vinagre ehk Pasambio jõe vesi, mis saab alguse Purace vulkaani juurest Kordiljeerides (Lõuna-Ameerika) kuni 0,1% väävelhapet. Jõgi kannab iga päev merre ligikaudu 20 tonni väävelhapet. NSV Liidus avastati väävelhape akadeemik A. J. Fersmani poolt Kara-Kumi kõrbes.

Kui väävelhappe leidumine looduses on harulduseks, siis tema soolad, sulfaadid on looduses laialt levinud. Erilist tähelepanu pälvib nendest naatriumsulfaat, mida on merevees või mineraalsetes järvedes ja lahtedes.

1847. a. avastas leitnant J. A. Zerebtsov suured naat-

riumsulfaadi varud Kara-Bogaz-Goli lahe põhjas. Turkmeeni kalurid andsid lahele nimetuse Kara-Bogaz-Gol, mis tõlkes tähendab «Mustade lõugade laht». Sajandite jooksul voolas Kaspia mere vesi takistamatult ja küllalt suure kiirusega lahte läbi kitsa ja suhteliselt pika väina. Kuid vee tase lahes oli kogu aeg madalam merevee tasemest. Vee salapärane kadumine tekitaski kujutluse, et lahe põhjas on avaus — «mustad lõuad». Tegelikult on aga vee kadumine seletatav tema aurustumisega. Lahe pinnalt, mis on ligikaudu 18 tuhat ruutkilomeetrit, aurustub igal aastal umbes 18 kuupkilomeetrit vett. Seejuures jääb lahte 200—240 tuhat tonni mitmesuguseid sooli, sealhulgas ka naatriumsulfaati.

Keemia ajaloos on naatriumsulfaadil (kristalliseerub 10 molekuli veega) tähtis osa. Ta avastati ja saadi kunstlikult keemik Johann Glauberi poolt, mistõttu nimetatakse seegi naatriumsulfaati glaubrisoolaks. Glauber nimetas naatriumsulfaati «imepäraseks soolaks» tema omapäraste omaduste tõttu (lahtistav toime, kergelt murenev, võime anda üleküllastatud lahuseid jt.). Naatriumsulfaadi mineraloogiline nimetus mirabiliit tuleneb selle soola ladinakeelsest nimetusest «sal mirabile».

Teatud perioodil saadi naatriumsulfaati suurtes kogustes kunstlikult. Prantsuse keemik Leblanc kasutas sooda saamiseks nii kunstlikku kui ka looduslikku mirabiliiti.

Peterburi Akadeemia professor Laxmann asendas 1764. a. klaasikeetmisel potase glaubrisoolaga. Klaasitööstus muutus üheks suuremaks naatriumsulfaadi tarbijaks. Käesoleval ajal on see ühend paljude tööstusharude üheks tähtsamaks tooraine liigiks.

Mirabiliidi looduslike varude ekspluateerimise küsimuse lahendas meie maal Nõukogude võim. V. I. Lenini osa on erakordselt suur Kara-Bogazi soola kasutuselevõtmisel.

Väävli teist hapet — väävelvesinikhapet — on suurel hulgal vulkaaniliste maakohtade allikates. Vähesel määral on seda ka mineraalmudas, mis tekib madalate soolajärvede põhjas. Väävelvesinikhape on värvuseta, iseloomuliku lõhnaga väävli ja vesiniku gaasilise ühendi — väävelvesiniku vesilahus.

Väävelvesinik on väga mürgine. Ta kuulub akumuleeruvate, s. t. niisuguste mürkide hulka, mis pidevalt kogunevad organismi ja kutsuvad esile mürgistuse ka neil juhtudel, kui nende kontsentratsioon õhus iseenesest ei tohiks

põhjustada inimese mürgistumist, kui ta viibib suhteliselt kaua selles ruumis.

Väävelvesinik on looduses vabas olekus vulkaaniliste gaaside koostises. Lahustunud ja osaliselt vabas olekus on väävelvesinikku Musta mere vees sügavamal kui 200 meetrit. Väävelvesinik tekib vähesel määral kõikjal, kus toimub orgaaniliste ainete lagunemine või mädanemine.

Väävelvesinik ei ole mõnedele mikroorganismidele (väävlibakteritele) mürgiks, vaid toitaineks. Omastades väävelvesinikku, eritavad nad vaba väävlit. Niisugused lademed moodustuvad Aafrika põhjakalda järvede põhjas, Kürenaikas Bengasi linna lähedal.



SOOLATOOSI PEITUPUGENUD MÕRVAR

17. KLOOR — *Chlorum* (Cl)

Kloor on raske (peaaegu 2,5 korda õhust raskem), rohekaskollane, terava, lämmatava lõhnaga gaas, mis on väga mürgine kõige elusa suhtes, alates mikroskoobi abil vaevalt eristatavatest bakteritest kuni suurte loomadeni.

Oma värvuse tõttu klooriks (kreekakeelsest sõnast *chloros* — rohekaskollane) nimetatud gaasi mürgisus seletub tema suure keemilise aktiivsusega. Kloor reageerib kergesti peaaegu kõikide keemiliste elementidega, sealhulgas ka paljude metallidega (naatriumi, kaaliumi, vase, tina jt.). Kloori vastastikusel reageerimisel teiste elementidega eraldub suur hulk soojust ja valgust. Võttes iga taim- ja loomorganismi koostises olevalt veelt ära vesiniku, lõhub kloor sellega nende struktuuri, mis hävitab kõik elusa.

Kloori aktiivsus «hävitas» ka kloori enda. Looduses ei ole vabas olekus kloori. Kui aga kloor tekib kusagil haruldastes tingimustes (näiteks veealuste merevulkaanide pursete puhul), siis väga vähesel hulgal, ning kaob kohe ümbritsevate ainete vastastikuse toime tulemusena.

Kloori kõige enam levinud ühendiks on keedusool. Võib-olla ei ole igaühele teada, kui palju on maakeral keedusoola. Seda on tohutu hulk. Keedusoola on lahustunud olekus merede ja ookeanide vees. Tahkel kujul hõlmaks sool 20 000 000 km³. Niisuguse soolahulgaga võiks katta kogu maakera maismaa (149 000 000 km²) üle saja meetri paksuse kihiga.

Lahustunud olekus on soola mineraaljärvedes, soolaallikates ja -jõgedes (mõned neist allikatest kannavad oma vett Baskuntšaki järve). Kuivanud Uzboi jõesängi põhjas on sool pikema aja jooksul ladestunud paksu soolakihina. Suured kuplitaolised soolarahnud, terved soolamäed asuvad maa sügavuses ja maapinnal. Näiteks Hodža-Mumõni mägi Lõuna-Tadžikistanis, mis tervenisti koosneb kivisoolast, tõuseb 900 m kõrguseni merepinnast.

Keedusool on loom- ja inimorganismile vajalik ühend. Inimese organismis on kuni 200 g keedusoola. Keedusoola suur tähtsus maismaaloomade organismis ja selle õige suhe maismaaloomade veres teiste klooriühenditega, mis läheneb merevees olevale suhtele, tõestab mõnede teadlaste arvates maismaaloomade tekkimist mereloomadest.

Keedusool avab klooriühendite ja ka kloori kunstliku saamise ajaloo. Selle perioodi algus on seotud aastaga 1648, mil saksa keemik ja arst Johann Glauber sai niiske keedusoola kuumutamisel sütel ja eraldunud suitsu kondenseerimisel tugeva happe, mida ta nimetas «soolapiirituseks».

Tuleb märkida, et XV sajandi algul elanud Basilius Valentinuse raamatus «Antimoni triumfaalne sõjavanker» mainitakse antimoni- ja mõnede vismutiühendite omaduste ja meditsiinilise kasutamise kõrval ka «soolapiiritust». Võib oletada, et «soolapiiritus» oli nähtavasti teada enne Glauberi ning Glauber ainult avastas ja kirjeldas selle aine valmistamismeetodit. Kuid kaasaegsed keemiaajaloo uurijad oletavad, et Basilius Valentinuse teosed on kirjutatud Paracelsuse vaenlaste poolt, kes tahtsid tõestada, et kõik tema poolt kirjutatu oli teada juba XV sajandil, ning seetõttu võib-olla ka selles raamatus mainitud «soolapiiritus» on sinna kirjutatud pärast Glauberi avastust. Uurinud «soolapiirituse» vesilahuse omadusi, nimetas inglise keemik Priestley selle soolhappeks. 1774. a. leidis rootsi keemik Scheele, et soolhape annab kuumutamisel mangaanperoksiidiga kollakasrohelise gaasi —

kloori.

Kloor ei leidnud kohe kasutamist. Esmakordselt kasutati kloori meditsiinis. Kloori vesilahust (kloorvett) soovitati arstidele ja üliõpilastele-arstidele kui desinfitseerivat ainet laipade lahkamisel. Möödunud sajandi 30-ndatel aastatel kasutati kloorvett inhalatsiooniks kopsutuberkuloosi, difteeria ja mõnede teiste haiguste puhul.

Tehnika arenguga hakkas kloori kasutamisala üha rohkem ja rohkem laienema. Kloori kasutati arvukate keemiliste ühendite valmistamisel aniliinvärvi- ja farmaatsiatööstuses, soolhappe, kloorlubja, hüpokloritite jne. tootmisel. Palju kasutatakse kloori kangaste ja tselluloosi pleegitamiseks paberi ja tekstiilitööstuses. Värvilises metallurgias saadakse maakidest kloreerimisel mõningaid metalle. Kõrgmolekulaarsete ühendite keemias kasutatakse kloori plastmasside, sünteetiliste kiudude, kautšuki jt. ainete valmistamiseks. Kloori hapnikuühendil magneesiumiga (magneesiumkloraadil) on huvitav omadus. Selle aine toimel puuvillapõõsale kaotab viimane lehed. Seda kasutatakse puuvilla korjamisel. Taolise toimega aineid on juba saadud palju. Neid nimetatakse defoliantideks.

Esimese maailmasõja ajal leidis kloor ootamatut kasutamist massilise hävitamise relvana.

Pärast kloori kasutati kohe teist lämmatavat gaasi, kloori ühendit süsinikuga — fosgeeni. Uue gaasi nimetuses peegeldub selle üks saamismeetodeid. Fosgeen moodustub päikesekiirte mõjul (kreekakeelsest sõnast *fos* — valgus ja *genao* — toodan, s. t. valgusest tekkinud). 1917. aastal kasutati massiliselt ipriiti, mis samuti sisaldab kloori. Sõja lõpul kasutati üle 50 mitmesuguse mürkaine, millest 90% olid kloori derivaadid. Mürkainete efektiivsust lahinguväljal näitab juba seegi, et ainult Inglise armees, mis oli arvuliselt viiendal kohal sõdivate riikide hulgas, langes rivist välja 1917. a. juulist 1918. a. novembrini üle 160 000 inimese.

Niisugune on lühidalt jutustus rohekaskollasest gaasist, mis oli käputäie imperialistide kuritegelikul tahtel muudetud Esimese maailmasõja ajal tuhandete inimeste mõrvariks.

TÄPSUSE TRIUMF

18. ARGOON — *Argon* (Ar)

Möödunud sajandi lõpul rikastus tehnika ja teadus rea uurimisriistadega mitmesuguste elementide füüsikalis-keemiliste omaduste määramiseks. Teaduse areng nõudis ainete omaduste kohta täpseid teadmisi. Kasutades uusi täpsemaid ja tundlikumaid aparaate, mõõtsid füüsikud uuesti kehade sulamis- ja keemistemperatuuri, nende optilisi, elektrilisi ja teisi omadusi. 1893. aastal otsustas inglise keemik John William Rayleigh mõõta mitmesuguste gaaside, eeskätt nende gaaside, millega füüsikud ja keemikud kõige sagedamini kokku puutusid, erikaalusid. Niisugusteks gaasideks olid lämmastik, vesinik ja hapnik.

Lämmastiku kaalu määrates tegi Rayleigh kindlaks, et õhust saadud lämmastik kaalub rohkem kui selle ühenditest eraldatud lämmastik. Nii kaalus 1 liiter «õhu» lämmastikku 1,257 g, ühenditest eraldatud lämmastiku liiter aga kaalus 1,251 g. Erinevus, mis algas tuhandikust grammist, kolmandast numbrist pärast koma, oli tühine — 0,006. Kuus milligrammi on niisama palju, kui palju kaalub umbes kirp. Vaatamata lämmastiku eraldamise erinevatele meetoditele mitmesugustest ühenditest, oli see erinevus aga konstantne.

Oma uurimuse tulemused «õhu» lämmastiku «ebanormaalse» kaalu kohta avaldas Rayleigh tuntud inglise ajakirjas «Nature». Oma artiklis pöördus Rayleigh teadlaste poole palvega välja selgitada «õhu» lämmastiku kaaluline ebanormaalsus. Londoni professor William Ramsay avaldas teravmeelse oletuse. Ta oletas, et «õhu» lämmastik kaalub rohkem sellepärast, et see sisaldab lisandina mingisugust rasket gaasi. Kuid kogenud uurijate andmed lükkasid ümber Ramsay oletuse. Õhku oli ju korduvalt uurinud palju teadlasi. Kõigile näis, et õhu koostis on nii-

võrd täpne, et võimatu oli oletada selles mingisuguste tundmatute lisandite olemasolu. See kõik aga ei takistanud Rayleigh'i ja Ramsay'd võtta vaevaks uuesti läbi vaadata eelmiste uurijate tööd. Vaadates läbi üle saja aasta tagasi surnud Henry Cavendishi aja jooksul kolletunud käsikirju, sattusid nad ootamatult huvitava katse kirjeldusele, mille tulemustel peatus mõlema uurija tähelepanu. Katse seisnes järgmises. Läbi kaarekujuliseks painutatud ja lämmastiku ning hapniku seguga täidetud klaastoru, mille otsad olid asetatud elavhõbedaga täidetud klaasi, lasti kolme nädala jooksul läbi elektrisädemeid. Katse pikkus oli tingitud sellest, et vooluallikaks oli elektrofoormasin. Sädemed masinalt olid nõrgad ja läbisid toru suurte ajavahemike järel. Reaktsiooni produkt «oranž suits» — lämmastikoksiidid — neeldus leelise tilkades, mida Cavendish viis torusse pipeti abil. Kui elavhõbe täitis kogu toru ning «oranžiks suitsuks» üleläinud lämmastik ja hapnik lahustusid täielikult leelises, oli katse lõppenud. Kuid tähelepanelikult jälgides märkas Cavendish elavhõbeda ja leelise kohal väikest gaasimullikest. Vaatamata elektrisädemete pikaajalisele läbilaskmisele ei muutunud see «oranžiks suitsuks».

Cavendish oli väga kummaline inimene. Pärimus on säilitanud mälestuse Cavendishist kui suurest veidrikust. Ta oli väga rikas, seltsimatu, sõnaaher ja tegeles kogu elu teaduslike uurimustega. Vaatamata sellele, et ta tegi terve rea tähelepanuväärseid avastusi, ei jutustanud ta nendest mitte kunagi kellelegi ja peaaegu mitte kunagi ei avaldanud oma töid. Tema veidrustel oli anekdootlik iseloom. Räägiti, et tema hiiglasuurt teaduslikku raamatukogu võis kasutada igaüks, kes jättis sedeli selle kohta, et niisugune isik niisugusel kuupäeval võttis raamatu Cavendishi raamatukogust. Cavendish ei teinud sellest reeglist erandit ka iseenda suhtes. Cavendish oli väga täpne inimene. Märkinud kõige täpsemal kombel žurnaali katse, ei unustanud ta mainimata ka kõige väiksemat gaasimullikest, mida ei õnnestunud muuta «oranžiks suitsuks», vaatamata Cavendishi kõikidele püüetele. Nii leidsid Rayleigh ja Ramsay selle veidriku, muinasjutuliselt rikka ja oma aja väljapaistva teadlase üleskirjutustes viite sellele, et «... meie atmosfääris sisaldub ... õhu osa, mis erineb kogu ülejäänud õhust ning ... et seda ei ole rohkem kui $^1/_{125}$ osa õhust».

Sattunud sellisele tähelepanuväärsele üleskirjutusele, otsustas Rayleigh korrata Cavendishi katset suuremas mastaabis. Ta kasutas vooluallikana kõrgepingegeneraatorit. Sädemed läbisid lämmastiku ja hapniku segu mõne tunni jooksul. Kui lämmastiku hapnikuühend oli lahustatud naatriumhüdroksiidis, avastas Rayleigh balloonis mingisuguse gaasi, ilmselt sellesama, mida sada aastat tagasi leidis Cavendish ja mis muutis raskeks «õhu» lämmastiku.

Ramsay toimis teisiti. Ta kasutas lämmastiku võimet kergesti ühineda kuumutatud magneesiumiga. Saanud õhust mitu liitrit lämmastikku, juhtis Ramsay selle kümne ööpäeva jooksul läbi punasekskuumutatud magneesiumiga toru. Kogu lämmastik ühines kuumutatud magneesiumiga, peale vähese hulga tundmatu gaasi, mis ei reageerinud magneesiumiga mitte mingisugustes tingimustes.

Nii jõudsid Rayleigh ja Ramsay erinevaid teid mööda ühele eesmärgile. Õhu koostises olev tundmatu gaas oli eraldatud. See paistis silma täieliku võimetuse poolest ühineda teiste ainetega, s. o. inertsuse poolest. Ei purustav fluor, ahnelt ühinev kloor, aktiivsed metallid, naatrium, kaalium ega teised elemendid ei reageerinud uue gaasiga kõikides kättesaadavates tingimustes. Rayleigh ja Ramsay nimetasid uue gaasi argooniks kreekakeelsest sõnast *argos*, mis tähendab laisk (*a* — eitus, *ergon* — tegevus).

Hiilgavad edusammud, mis on saavutatud inertsete gaaside keemias, ksenooni-, krüptooni-, radooni- ja heeliumiühendite saamine, lubavad oletada, et ka argooni «laiskus» on ainult suhteline. Võimsate mõjutusvahendite arsenal äratab nähtavasti ka argooni «talveunest».

1894. aasta augustis esines Rayleigh füüsikute, keemikute ja looduseuurijate kongressil vanas ülikoolilinnas Oxfordis ettekandega uue gaasi kohta. «Igas kuupmeetris õhus on umbes viisteist grammi argooni. Saalis, kus toimub kongress ... on mitu puuda argooni,» väitis Rayleigh oma ettekandes. Argooni avastamine oli täpsuse võiduks, pärast koma kolmanda arvulise suuruse võiduks. Peagi muutus argoon kättesaadavaks ja odavaks gaasiks. Nagu teada, põhineb sünteetilise ammoniaagi saamine vesiniku ja lämmastiku ühinemisreaktsioonil. Vesinikku saadakse generaatorgaasist või veest, lämmastikku õhust. Kui aga õhust eemaldada hapnik, veeaurud ja süsihappegaas, jääb järele lämmastiku ja argooni segu. Mis jääb siis järele,

kui lämmastik ühineb vesinikuga ja moodustub ammoniaak? Nähtavasti argoon. Seega on argoon tootmisjäätmeks ja seejuures küllalt suurel hulgal. Ühe tonni ammoniaagi saamiseks on vaja umbes tuhat kuupmeetrit lämmastikku, mida saadakse õhust. Segus lämmastikuga on umbes kümme kuupmeetrit argooni. Igas kuupmeetris õhus on 9,3 liitrit argooni, mis ei võta osa sünteesireaktsioonidest. Argoon on mittetoimiv gaas. Teda kasutatakse ainete kaitsmiseks õhu, veeaurude ja mõnede teiste gaaside eest. Argoon on heaks katteks taoliste «ohtude» eest. Argooni võib näiteks kasutada sula magneesiumi valamisel, mis õhu käes süttib kohe põlema. Argooni kasutamiseta on täiesti võimatu ette kujutada uute metallide keevitamist, mis on saanud kindla koha keemiamasinatööstuses. Kuidas on võimalik keevitada näiteks titaani, kui ta reageerib lämmastiku ja hapnikuga, võtab hapniku ära süsinik- ja vääveldioksiidilt.

Nimetage kas või ükski gaas, mis oleks võimeline looma kaitseatmosfääri sula keevituskolde ümber. Kas kasutada heeliumi või neooni? Kuid õhus on kõige rohkem argooni, mida on kergem saada. Seetõttu luuaksegi argooni abil läbipaistev kuppel, mis kaitseb keevituskohta. Mõnedes tööstustes on argoon asendamatu, eriti seal, kus hapnik lagundab toodangut ning lämmastik on ebasoovitav selle tõttu, et soodustab bakterite elutegevust.

Elektrivool, mis on lastud läbi argooniga täidetud toru, annab sinaka helenduse. Seetõttu kasutatakse argooni laialdaselt täidisena gaashelendustorudes. Argoonreklaamid säravad kinoteatrite sissekäikude kohal, kaupluste ja kohvikute vitriinidel.

Soojenenud elektrilambil on palju puudusi: kulutatakse liiga palju elektrienergiat soojuseks, mis muudab juhtmete isolatsiooni rabedaks. Mõnikord võib elektrilamp põhjustada paberist või siidist lambivarju süttimisel tulekahju. Igaühele on selge, et lambi ülesandeks on anda valgust, mitte aga soojust. Seepärast otsitigi kaua elektripirnide täitmiseks niisugust gaasi, mis ei reageeriks hõõgniidiga, oleks väikese soojusmahtuvusega ja juhiks halvasti soojust. Sobivaks gaasiks osutus argoon. Kui lämmastikule lisada ainult 15% argooni, suureneb elektripirni kasutegur ühe viiendiku võrra. Samasugune argooni ja lämmastiku segu on ka selles elektripirnis, mille valgusel teie võib-olla loete seda jutustust.



VILJAKUSE ELEMENT

19. KAALIUM — *Kalium* (K)

Jutustust selle elemendi kohta võib alustada tuntud saksa keemiku Justus Liebigi sõnadega: «Andke maale tagasi see, mis te talt võtsite, või ärge oodake talt tulevikus niipalju, kuipalju ta andis varem.» Need sõnad on öeldud üle saja aasta tagasi, kuid nad ei ole mitte sugugi kaotanud oma tähtsust ka tänapäeval. Kõikide taimede normaalseks arenguks peab pinnases olema rida elemente. Üks nendest on kaalium. Kaalium satub taimedesse pinnasest. Viljakoristamise ajal eemaldatakse see põllult koos terade, põhu ja juurviljadega. Nii muutub pinnas pidevalt iga aastaga vaesemaks kaaliumi poolest. Luuakse «taimede kaaliuminälja» oht, mille puhul viljakus langeb kiiresti. Et ära hoida kaaliuminälga, on vaja mulda viia kaaliumiühendeid. Kust neid aga võtta? Selgub, et maakoore üks levinumaid elemente, kaalium, mis moodustab 1,1% aatomite üldarvust, ei esine mitte kunagi suurte ladestena. Kaua aega (1843. aastast alates) oli teada ainult üks väga suur kaaliumisoola leiukoht — Strassfurdi leiukoht Saksamaal, millel oli tööstuslik tähtsus.

Uurides koos geoloog P. J. Preobraženskiga NSV Liidu soolajärvi ja mineraalveeallikaid, avastas kaasaja väljapaistev keemik Nikolai Semjonovitš Kurnakov kaaliumi kõige suurema leiukoha maailmas — Solikamski.

Peale Solikamski avastati kaalisoolade leiukohti Loode-Kasahstanis, Ukrainas, Stanislavi ja Drogobõtši oblastis. Viimastel aastatel on välja selgitatud uued kaalisoola lademete asukohad Valgevene NSV-s. Nendest on Soligorsk kõige suurem Euroopas. Kaaliumiühendeid on leitud ka Loode-Poolas. Viimasel ajal tehakse Iisraelis katseid kaaliumisoolade eraldamiseks Surnumere veest.

Meie maale on koondunud umbes 90% kaalisoolade maailmavarudest. Meie kaaliumitööstus ei varusta väetistega mitte ainult Nõukogude Liidu põllumajandust. Me abistame ka oma sõpru. Väga sageli märgitakse kaubalepingutele allakirjutamisel teiste kaupade hulgas ka mineraalväetisi.

Kaaliumi osa ei piirdu selle ühendite kasutamisega väetistena. Kaaliumiühendid on iga organismi ja inimese raku vajalikuks koostisosaks. Kindel vahekord kaaliumi ja teiste elementide vahel on vajalik lihaste, peamiselt südamelihaste normaalse tegevuse kindlustamiseks.

Kaaliumiühendeid on väga arvukalt. Neid kasutatakse inimese praktilise tegevuse mitmesugustes valdkondades. Näiteks ei saa valmistada ilma kaaliumdikromaadita head nahka jalanõude jaoks.

Kaaliumleelis (kaaliumhüdroksiid) on vajalik aine keemia-, farmaatsia- ja teistes tööstusharudes. Spetsiaalseks otstarbeks on näiteks vaja vedelat seepi, mida saadakse sellesama kaaliumhüdroksiidi abil. Suur hulk kaaliumhüdroksiidi on vaja raudnikkel- ehk leelisakumulaatorite jaoks.

Kaalium ei ole ainult viljakuse element, vaid annab ka maakerale soojust. Kaalium kuulub väheste «kergete» metallide hulka, mille üks isotoop on looduslikult radioaktiivne. On välja arvutatud, et kaaliumi radioaktiivse lagunemise arvel eraldub maakoores suur hulk soojust. Umbes 0,003 g kaaliumi radioaktiivse isotoobi olemasoluga inimese organismis seletub ka inimese organismile omane radioaktiivsus, mis väljendub selles, et igas sekundis laguneb üle 5000 kaaliumiaatomi.

Radioaktiivne kaalium massiarvuga 40 ja poolestusajaga $1{,}2 \cdot 10^9$ aastat esineb looduses segus kaaliumi sta-

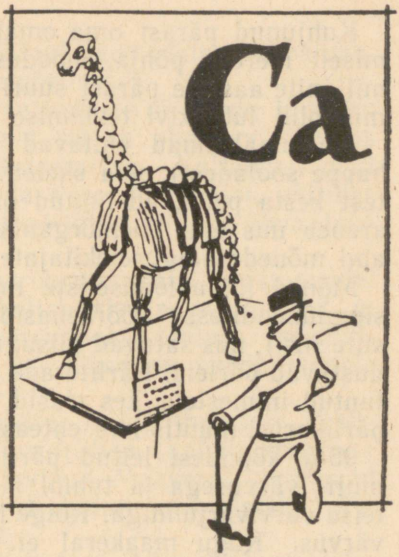
biilsete isotoopidega koguses 0,0119% [kaalium-40 suhe kaalium-39 on 1 : 8400]. Arvestades, et kaaliumi sisaldus täiskasvanud inimese organismis kõigub 0,1—0,35% piirides keha kaalust ja on keskmiselt (niinimetatud «standardse inimese» puhul) 0,2% ehk 140 g, ei ole raske määrata radioaktiivse isotoobi hulka organismis. See ei ole suur ning ta aktiivsus on $1{,}7 \cdot 10^{-7}$ küriid. Teades, et aktiivsuse ühik kürii vastab preparaadile, milles ühe sekundi jooksul laguneb $3{,}7 \cdot 10^{10}$ tuuma, on kerge arvutada inimese organismis sisalduva kaalium-40 aktiivsust tema tuumalagunemiste arvu järgi igas sekundis. On selgunud, et täiskasvanud inimese organismis laguneb igas sekundis 6290 kaaliumiaatomit. On alust oletada, et kaaliumi kiiritustoime, mis esineb inimese evolutsioonilise arengu igal etapil, avaldab tähtsat mõju ka tema elutegevusprotsessidele.

Kaaliumkloraat (Berthollet' sool) — kaaliumi ühend kloori ja hapnikuga — on pidupäevade ilutulestiku vajalikuks koostisosaks.

1807. a. sai inglise keemik H. Davy vabas olekus kaaliumi kaaliumhüdroksiidi elektrolüüsil. Juba araabia teadlased tundsid leelisi. *Alkali* tähendab araabia keeles tuhk, leelis, millest on tulnud ka nimetus kaalium. Vene keemiaalases nomenklatuuris võttis selle nimetuse kasutusele G. I. Hess 1881. aastal.

Harkovi ülikooli professor Giese kasutas sõna «kaalium» elemendi nimetusena juba 1813. a., enne oma sõitu Tartusse.

Vabas olekus on kaalium hõbejassinist värvi, kergesti sulav (sulab 62° C juures) metall. Metalliline kaalium on väga aktiivne. Ta oksüdeerub energiliselt õhus, süttib kokkupuutel veega, moodustades vesiniku ja leelise. Huvitav on üks kaaliumi sulameid naatriumiga. Vastandina kõikidele ülejäänud kaaliumi- ja naatriumisulamitele on see 76% kaaliumi ja 24% naatriumi sisaldav sulam vedel, mis tahkestub temperatuuril —12° C. Seda sulamit kasutatakse orgaaniliste ühendite sünteesil.



TA ON HOONETES JA ... LUUDES

20. KALTSIUM — *Calcium* (Ca)

Vesi on elu häll! Sajandite pimedusse on kadunud see aeg, kui ürgsete merede soojades lainetes tekkis elu mikroskoopiliste moodustiste näol. Mitmesuguste üksteisega lahutamatult seotud põhjuste kõige keerukam kombinatsioon viis uue kvaliteedi tekkimisele. Elutu aine teatud arenguastmel tekkis elus aine. Elu pidevas arenguprotsessis muutus elus mateeria lakkamatult täiuslikumaks ja keerukamaks. Valgutombukesest lihtsate rakkudeni ja rakkudest hulkraksete organismideni kasvas pidevalt elava keha püsivus. Elusolendite pehme, kergesti haavatav keha vajas vastupidavat tuge ja kaitset. Kui taimorganismide jaoks olid sobivaks materjaliks räni-ühendid, siis loomorganismide jaoks olid selleks kaltsiumiühendid.

Selle elemendi ühenditest ehitavad arvukad veeloomad: limused, vähid, samuti ka loendamatu hulk lihtsamaid organisme oma kehakatteid — vastupidavaid rüüsid. Neid vormilt mitmekesiseid, värvuselt eredaid ja ehituselt suurepäraseid kodasid võib iga inimene kohata mererannal, vaikse järve või jõe kaldal.

Kuhjunud pärast oma omanike surma veekogude, peamiselt merede põhja, moodustasid need kojad kümnete miljonite aastate pärast suuri kaltsiumiühendite massiive, mis olid lubjakivi tekkimise aluseks.

Maismaaloomad ehitavad kaltsiumiühenditest (fosforhappe sooladest) oma skeleti. Tihedasse kaltsiumiühenditest kesta peidavad linnud õrna poolvedela aine, millest areneb uus elu. Loomorganism võitleb kaltsiumiühendite abil mõnede haigusetekitajate mikroobide vastu.

Mõned liistaklõpuseliste limuste liigid, müürides kaltsiumiühenditesse võõrkehasid (liivateri, vetikaid, parasiite jne.), mis satuvad niisuguste limuste kodadesse, moodustavad pärleid. Pärliterade ilus väliskuju, mis oli ammu tuntud inimestele, kes elasid veekogude ääres, kus leidus pärlikarpe, muutis nad ehteasjadeks.

95% kõikidest leitud pärliteradest on hõbedase pärlmutri värvusega ja tuhmi läikega. 5% pärliteradest on teise värvivarjundiga. Kõige haruldasem on rohekassinine värvus. Kogu maakeral ei ole pärlikogujate käes üle 60 niisugust värvi pärli. Niisuguse «värvikoosseisuga» pärle esineb Tanimbari saari ümbritsevates vetes. Mustad pärlid, mida leidub Moluki saarte vetes, on haruldus-eks.

Pärlite hind sõltub nende värvusest, kujust ja mõõtmetest. Ovaalne on kõige haruldasem kuju, sagedamini esinevad ideaalselt kerakujulised pärlid. Pärlid on tavaliselt väikesed. 5—8,5-millimeetrise diameetriga pärle esineb keskmiselt üks kord 85 tuhande pärlikarbi kohta. Et leida 8,5—10-millimeetrise diameetriga pärli, on vaja merepõhjast välja tuua üle 250 000 pärlikarbi. Üle 1-sentimeetrise diameetriga pärle esineb üks kord 10 miljoni pärlikarbi kohta. Maailma kõikidest pärlitest hoitakse kõige suuremat Londoni muuseumis. Selle kaal on 85 grammi ja ümbermõõt 4,5 cm.

Pärli põhiaineks on kaltsiumkarbonaat, mida on igas pärlis keskmiselt 90%. Radiaalselt või kihiliselt paigutatud kaltsiumkarbonaadi kristallid on omavahel seotud orgaanilise aine — konhioliiniga. Mikroskoopilised tühimikud konhioliinis on täidetud mereveega. Pärlid kaotavad aja jooksul ning temperatuurikõikumiste tõttu värvuse ja läike. Kõrge temperatuuri toimel lagunevad pärlid süsihappegaasiks ja kustutamata lubjaks. Samasugust mõju avaldab pärlitele ka pikaajaline hoidmine, mistõttu meie päe-

vadeni ei ole säilinud mitte ühtegi pärli idamaade valitsejate muinasjutulistest varakambritest.

Kaltsiumi tähtsus loomorganismidele ei piirdu luustiku ja munakoorte loomisega, vaid tal on otsustav tähtsus ka organismide elutegevusprotsessides. Kaltsiumiioonid reguleerivad südametalitlust ja vere hüübimist, vältides organismi hukkumist verekaotuse tõttu, millega ähvardaks kõige väiksem kriimustus.

Ööpäevane kaltsiumivajadus on erinevatel organismidel erinev. Inimese ööpäevane kaltsiumivajadus on 0,7 g. Huvitav on järgmine fakt: verevadaku soolade (sealhulgas ka kaltsiumi) vahekord on lähedane nende suhtele merevees, kus tekkis elu.

Kaltsiumiühendid on lubjakivi, kriidi, marmori (kaltsiumkarbonaat), silikaatide, fosforiitide (kaltsiumfosfaat) ja kipsi näol looduses laialt levinud. Maakeral koosnevad nendest terved mäeahelikud. Kaltsium moodustab 1,5% maakoore aatomite üldarvust.

Kaltsiumiühendid on inimesele tuntud ka ehitusmaterjalina ja neid kasutati juba kauges minevikus.

Hiljuti avastasid Harvardi ülikooli arheoloogid Väike-Aasia muinasriigi Lüüdia pealinna Sardase varemed. Legendid jutustasid, et Lüüdia viimane kuningas Kroisos oli üks kõige rikkamaid kuningaid (rikas nagu Kröösus). Sardase leid õigustab legendi. Lüüdia pealinn säras tõepoolest luksuses. Nagu väljakaevamistel avastati, olid Sardase peatänava sõidu- ja kõnniteed kaetud 20 meetri laiuselt marmorplaatidega. Marmorist olid tehtud ka tänavat ääristava sammaskäigu sambad. Ka ujumisbassein oli kaetud marmoriga.

Kui me praegu vaimustume Moskva metroo marmorgarneeringute imeilusatest värvidest, imetleme Kremli tornide sihvakaid kontuure või vaatleme paleontoloogia muuseumis väljasurnud gigantide hiiglasuuri skelette, siis peame silmas pidama, et kõikidel nendel juhtudel puutume kokku metalli ühenditega, milleta ei saa olla marmorit, tugevat telliste sideainet ega ka arvukate loomade skelette.

1808. a. sai H. Davy metallilist kaltsiumi elektrolüüsi teel. Erinevalt oma ühenditest on kaltsiumi kasutamine piiratud. Kaltsiumi kasutatakse metallurgias sula metalli vabastamiseks metallis lahustunud hapnikust. Kaltsiumi uueks tarbijaks sai uraanimetallurgia.

Kaltsiumi nimetus ja keemiline sümbol tuleneb ladinakeelsest sõnast *calx*, mis tähendab lubi, pehme kivi. Nii nimetati mõningaid kaltsiumiühendeid (kriit, marmor jt.) nende suhteliselt kerge töödeldavuse tõttu.

MENDELEJEVI GEENIUSE TEINE TUNNISTAJA

21. SKANDIUM — *Scandium* (Sc)

Selleks et rääkida elemendist, mida mitte keegi ei olnud näinud ning isegi oletanud selle eksisteerimise võimalikkust, oli vaja D. I. Mendelejevi suurt usku oma loomingu eksimatusse ja perioodilisuse süsteemi tõelist teaduslikku alust.

Luues elementide perioodilisuse süsteemi avastas D. I. Mendelejev, et selles oli palju tühje kohti, või nagu niisugusel juhul öeldakse, «valgeid laike». «Valged laigud» tähendasid seda, et klassifikatsioonisüsteem ei ole õige, või seda, et need «valged laigud» tuli täita veel avastamata elementidega, millest uurijad ei tea mitte midagi. D. I. Mendelejev oli veendunud, et on olemas veel avastamata elemente.

1871. a. kirjutas D. I. Mendelejev ühe niisuguse elemendi kohta: «Seda elementi soovitatakse esialgselt nimetada ekabooriks,[1] tuletades nimetuse selle järgi, et ta on boori järel paarisarvuliste rühmade esimene element, ning sanskritikeelsest sõnast tulenev liide eka, mis tähendab üks... Ekaboor peab olema metall... seejuures peab selle metalli erikaal olema ligikaudu 3,0 ... See metall on mittelenduv...»

Möödus kaheksa aastat ning rootsi keemik Nilson avastas ühes väga haruldases mineraalis uue elemendi, millele omistati Skandinaavia poolsaare auks nimetus skandium.

[1] D. I. Mendelejev kasutas sanskriti keelt ladina ja kreeka keele asemel, millest tavaliselt oli tavaks võtta teaduslikud terminid ja nimetused. *(Autorite märkus.)*

Pärast uue elemendi uurimist kirjeldas Nilson skandiumi omadusi. Suur oli aga Nilsoni imestus, kui ta, võrrelnud skandiumi omadusi Mendelejevi ekaboori omadustega, tegi kindlaks nende omaduste peaaegu täieliku sarnasuse. «Ei jää mingisugust kahtlust, et skandiumi näol on avastatud ekaboor . . .,» kirjutas Nilson ja olles vapustatud sellest sündmusest, rõhutas: «Nii leiab vene keemiku mõte kõige selgemat kinnitust, mis võimaldas mitte ainult ennustada nimetatud lihtaine olemasolu, vaid eelkõige ka tema tähtsamaid omadusi.»

Võrdluseks esitame mõningaid andmeid, millega D. I. Mendelejev iseloomustas skandiumi (ekaboori) enne tema avastamist ja Nilson pärast tema poolt avastatud elemendi omaduste uurimist.

EKABOOR	SKANDIUM
Aatomkaal 45.	Aatomkaal 45,1.
Ekabooroksiid koosneb kahest ekaboori ja kolmest hapniku aatomist.	Skandiumoksiid koosneb kahest skandiumi ja kolmest hapniku aatomist.
Oksiidi erikaal 3,5.	Oksiidi erikaal 3,5.
Ekaboorsulfaat koosneb kahest ekaboori aatomist ja kolmest väävelhappejäägist.	Skandiumsulfaat koosneb kahest skandiumi aatomist ja kolmest väävelhappejäägist.
Väävelhappe kaksiksoolad ei ole oma kristallide kujult sarnased maarjastega.	Skandiumi ja kaaliumi väävelhappe kaksiksool ei ole oma kristallide kujult sarnased maarjastega.

Nagu esitatud omadustest nähtub, ei ole nende vahel märgatavat erinevust.

Skandium oli keemiliste elementide hulgas teine element, mis avastati pärast seda, kui D. I. Mendelejev oli ennustanud selle olemasolu ja omadusi perioodilisuse seaduse alusel. Skandium on selle tähtsa loodusseaduse õigsuse ilmekaks kinnituseks.

Kuigi skandiumi on maakoores pliist kaks korda rohkem aatomite arvu poolest ($2 \cdot 10^{-4}\%$), ei ole ta leidnud veel praktilist kasutamist.

Spektraalanalüüsid näitasid, et skandiumi esineb mõnedel tähtedel suurtes kogustes.

TULEVANE TITAAN

22. TITAAN — *Titanium* (Ti)

Vana-Kreeka mütoloogias nimetati titaanideks Gaia (Maa jumalanna) ja Uranose (Taevajumala) surematuid lapsi, hiiglasi, kes hiljem astusid võitlusse Zeusiga (Peajumalaga) Taeva valdamise pärast. Tunduvalt hiljem hakati titaanideks nimetama vaimu, mõistuse ja andekuse poolest suuri inimesi, õiguse, õilsate ideaalide ja vabaduse eest võitlejaid. Käesoleval ajal on selle sõnaga tahtmatult seotud kujutlus millestki suurest, võimsast ja kõikevõitvast.

Titaaniks nimetatakse ka üht keemilist elementi. Selle elemendi nimetus ja keemiline sümbol ei tulenenud titaanidest ega isegi ka Titaani nimest. Elemendi nimetus tulenes elbide (germaani mütoloogia) fantastilise kuninganna Titania nimest, kelle auks saksa keemik Klaproth nimetas 1797. a. tema poolt avastatud keemilise elemendi titaaniks. Esmakordselt leidis selle elemendi 6 aastat enne Klaprothi inglise keemik Gregor mineraal menakaniidis. Muuseas, Titania nime kannab planeet Uraani kolmas satelliit. Saturni kuuendat satelliiti nimetatakse Titanuseks. Ühes muuseumis uuriti kollektsioonis olevaid mineraale ning avastati, et tuhandest erinevast mineraalist sisaldab titaani umbes kaheksasada mineraali. Mineraale, mis sisaldavad titaani, leidub looduses kõikjal. NSV Liidus on niisuguste mineraalide kõige suuremad leiukohad Uraalis. Titaani on pinnases ja taimedes, jõgede ja järvede vees. Maakoore aatomite üldarvust on titaani (0,2%) veidi rohkem kui süsinikku (0,14%). Erinevalt süsinikust on titaan hajutatud element ja moodustab harva suuri

lademeid. Kuigi titaan oli tuntud suhteliselt ammu, sai teda puhtal kujul ameerika keemik Hunter alles 1910. aastal. Selle elemendi omadused olid tõepoolest «titaanilikud». Ta on raskesti sulav (sulab 1665° C juures), kerge (tihedus on 4,5) ning ühtlasi väga vastupidav õhus ja isegi merevees, mis väga kergesti hävitab rauda. Titaani suur vastupidavus merevee suhtes annab võimaluse valmistada sellest laevade poorte, mis ei vaja korrosioonivastast kaitset (pärast 120 päeva merevees olemist ei olnud titaanitükil mitte mingisuguseid hävimisjälgi). Eriti tähelepanuväärіv on titaani võime neelata ahnelt gaasi ning moodustada lämmastiku ja hapnikuga püsivaid ühendeid. Ühelt poolt raskendab see titaani saamist puhtal kujul, kuid teiselt poolt tagab titaani kõige laialdasema kasutamise tehnikas gaaside eemaldamiseks sulametallist. Titaani ei lisata mitte ainult terasele, vaid ka pronksile, messingile ja alumiiniumisulamitele. Titaani lisamine terasele muudab terase kõvaks ja elastseks. Niisugust terast kasutatakse rööbaste, vagunitelgede, rataste jms. valmistamiseks.

Titaan on mehhaaniliselt kergesti töödeldav, hästi sepistatav, kergesti valtsitav lehtedeks, lintideks ja isegi lehtmetalliks. Olles alumiiniumist veidi raskem, kuid 6 korda vastupidavam, on titaan alumiiniumi tulevane võistleja.

Kergus, mehhaaniline vastupidavus, kõrge sulamistemperatuur ja oksüdeeruvus muudavad titaani uusima tehnika kõige hinnalisemaks ehitusmaterjaliks. Seepärast läheb titaan ja sellest saadavad sulamid gaasiturbiinide labidate, kõrglennukite kerede ja kabiinide, kompressorite ketaste, kaitsekatte, kuumusekindla keemilise aparatuuri, lõikeinstrumentide ja paljude muude esemete valmistamiseks.

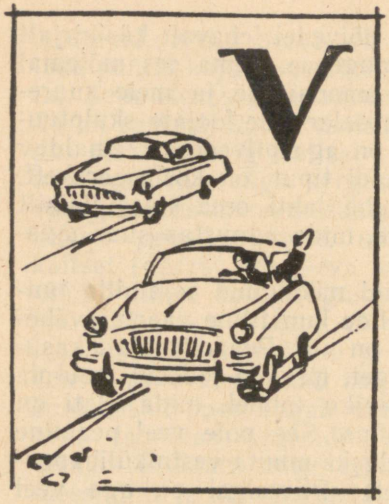
«Heli-» ja «soojusbarjääride» ületamine lennunduses, samuti ka reaktiivlennukite «lennulae tõus» oleks võimatu titaani ja tema sulamiteta. Kahtlemata kuulub titaanile kõige lähema tuleviku tehnikas juhtiv koht.

Titaani võime vastu pidada atmosfääri mõjudele ja eriti mitte tuhmuda aja jooksul, mida kahjuks ei oma roostevaba teras, on muutnud titaani monumentaalskulptuuri materjaliks. Rahvamajanduse Saavutuste Näituse sissekäigu juures oleva kosmose alistajatele pühendatud grandioosne monument koosneb titaani valkjassinistest lehtedest. «...Mõtlik Tsiolkovski istub tugitoolis. Konstantin

Eduardovitš on tõstnud pilgu põlvedel lebavalt käsikirjalt ja vaatleb tähelepanelikult kaugusse. Tema ees mõlemal pool alleed on nõukogude kosmonautide ja meie suurepäraste satelliitide ning kosmoselaevade loojate skulptuurid. Vene teadlase selja taga on aga pilvedesse eemalduv särav metallestakaad. Estakaadi tipul on kosmoserakett. Näib, nagu rebiks ta end kohe lahti oma stardiplatsilt ja lahkuks kaugele teekonnale, mida ennustas suur unistaja . . .».

Kui kurb see ka ei ole, kuid möödunud sajandite tunnustatud maalikunstnike maalide kunstiline väärtus väheneb pidevalt. Selle põhjuseks on plii. Peaaegu alati kasutati piltide maalimisel pliivalget, mis aja jooksul muutub. Pliivalge tumeneb väävelvesiniku toimel, mida alati on vähesel hulgal eluruumide õhus. See pole veel peamine häda. Tuhmunud pilti võib selgeks muuta vesinikülihapendiga töötlemisel (hõõrumisel). Pliivalgel on aga veel teine puudus — kattevõime osaline kadumine. Pliivalge kattejõu kadumine seletub poolläbipaistva ühendi (pliiseebi) moodustumisega värvis. See tekib valges pigmendis oleva pliioksiidi ja värvi sideainete õlides ja lakkides olevate hapete vahelisel reaktsioonil. See pliivalge puudus on suuremal või vähemal määral avaldanud mõju vanade meistrite (Caravaggio, Ribera, Poussini jt.) kõikidele teostele. Pliivalge on nüüd maalikunstis loovutanud oma koha titaanvalgele. Titaanvalge kattevõime on pliivalgest kaks korda suurem, ta ei ole mürgine ega tuhmu väävelvesiniku toimel. Titaanvalgete aluseks on puhas titaandioksiid, mis on hämmastavalt valge pulber. Elektriahjus võib kunstliikult saada läbipaistvaid titaandioksiidi kristalle. Nende murdumisnäitaja (2,7) on suurem kui teemandil (2,4) ning seetõttu võib neid kasutada kalliskivide imiteerimiseks, mis on ilusamad kui kõige paremad briljandid.

Pannes selga kunstsiidist särgi, pidage meeles, et ta sisaldab titaandioksiidi, mis annab kangale tuhmi varjundi. Emailid, glasuurid ja raskesti sulavad klaasid sisaldavad samuti seda oksiidi. Titaani mõned ühendid leidsid kasutamist raadiotehnikas, kuna neil on, võrreldes looduslike materjalidega, väga suur dielektriline konstant.



AUTOMETALL

23. VANAADIUM — *Vanadium* (V)

Tuntud «autokuningas» Ford ütles: «Kui ei oleks olnud vanaadiumi, ei oleks ka autot.» Vanaadiumi tühine lisamine (0,2%) tavalisele terasele annab viimasele terve rea hinnalisi omadusi: suureneb elastsus ning hõõrde- ja tõmbetugevus, mis on eriti tähtis niisuguste vastutusrikaste autoosade jaoks, nagu vedrud, teljed, võllid ja hammasrattad. Vanaadiumterasest valmistatakse automootoreid, vedurite silindreid ja piduripakke. Kui ei oleks vanaadiumterast, kaaluks auto kaks korda rohkem, kütuse kulu ja väliskummide kulumine suureneks kaks korda, väheneks teekatte ekspluatatsiooni aeg. Seetõttu nimetataksegi vanaadiumi näitlikult «autometalliks».

Väikeste merelaevade, hüdroplaanide ja glisserite ehitusel kasutatakse kõlava nimetusega sulamit — «vanadaali», mis koosneb alumiiniumist ja vanaadiumist ning ei ole ainult kõrgete mehhaaniliste omadustega, vaid ka suurepärase vastupidavusega merevee söövitava toime suhtes.

On oluline märkida, et maakeral saadakse igal aastal mitte üle 5 tuhande tonni vanaadiumi, s. o. ainult 5 korda

rohkem kui kulda. Muuseas, Maal on vanaadiumi suhteliselt palju. Ta moodustab 0,005% maakoore aatomite üldarvust, mis annab ümberarvutatult tonnidesse hiiglasuure arvu. Vanaadium kuulub rohkem kui viiekümne mineraali koostisse. Teda on avastatud isegi meteoriitide koostises, kuid vanaadiumi rikkalikke leiukohti leidub väga harva. Vanaadium on hajutatud element. Seetõttu peetakse maake, mis sisaldavad ainult ühe protsendi vanaadiumi, erakordselt rikasteks maakideks. Vanaadiumi tööstuslikuks saamiseks kasutatakse ka niisuguseid maake, kus vanaadiumi on ainult 0,1%.

Maakoores on vanaadiumi rohkem kui niisuguseid levinud elemente, nagu tsink, vask, tina ja plii. Kui vaadata vanaadiumi suurte tööstuslike leiukohtade kaarti, siis torkab silma, et paljud neist, nagu Colorado (mineraal karnotiit), Peruu (mineraal patroniit) ja Edela-Aafrika, asuvad kuiva ja kuuma kliimaga rajoonis. NSV Liidus on vanaadiumi saamise peamiseks allikaks rauа- ja polümetallilised maagid (maagid, mis sisaldavad mitut metalli).

Igaühele on selge, et kui tootmist kahjustamata on võimalik asendada väärismetallid kättesaadavama ja odavama materjaliga, kasutatakse seda viivitamata. Seepärast hakati kohe, niipea kui Odessa Keemiainstituudis tehti kindlaks, et platineeritud asbesti (plaatinapulbriga ülepuistatud asbest) on väävelhappe tootmisel võimalik asendada vanaadiumoksiidiga, seda leiutust tootmisse juurutama. Esmakordselt tehti niisugune asendus juba sõjaeelsetel aastatel ühes Donbassi tehases. Praegu ei kasuta enamik maailma tehaseid väävelhappe tootmisel katalüsaatorina plaatina-, vaid vanaadiumiühendeid. Peale väävelhappetööstuse kasutatakse vanaadiumiühendeid kummi-, klaasi- ja keraamikatööstuses.

Kaasaja tehnika elemendina leiab vanaadium laialdast kasutamist olevikus, kuid veelgi laialdasemalt hakatakse vanaadiumi ja selle ühendeid kasutama tulevikus.

Vanaadiumi avastamise ajalugu algas 1801. a., kui mehhiko mineraloog del Rio avastas ühes Mehhiko rauamaagis tundmatu elemendi.

30 aastat hiljem «avastas» vanaadiumi teistkordselt rootslane Sefström Rootsi rauamaakides. 1867. a. eraldas inglise keemik G. Roscoe vanaadiumi vabas olekus. Elemendi nimetus tuleneb muinasgermaani armastusjumalanna Vanadise nimest. Mütoloogiliste legendide järgi olid

selle jumalanna tunded ebatavaliselt püsivad ja selles mõttes õigustab vanaadium oma nimetust. Vedruteras, mis sisaldab seda metalli, on püsivate omadustega.

Vanaadium on hall, läikiv, õhu käes mitteoksüdeeruv, suhteliselt kerge (tihedus 6) ja raskesti sulav (sulamistemperatuur 1735° C) metall. Vanaadium on väheaktiivne, kuid pulbrilises olekus ühineb kuumutamisel energiliselt hapniku, väävli ja klooriga. Mõned taimed ja loomad, näiteks astsiidid, meripurad jt., võtavad vanaadiumi ümbritsevast keskkonnast ja koguvad teda hemovanadiinina verelibledesse — vanadotsiitidesse (kuni 15% tuha järgi). Nähtavasti võtavad vanaadiumiühendid nendes organismides osa oksüdeerumis- ja redutseerumisprotsessidest, hingamisest ja vereloomest. Vanaadiumi olemasolu loomade ja taimede jäänustest tekkinud nafta tuhas tõestab seda, et vanaadium etendas tähtsat osa möödunud geoloogilistel ajastutel elanud eri liiki taimede ja loomade elutegevusprotsessides, analoogiliselt rauaga kaasaegsetel loomadel.

Lahustuvad vanaadiumiühendid toimivad kaasaegsetele loomorganismidele tugevate mürkidena. Katsed mõnede loomade (sigade, härgade jt.) toidule vähese hulga vanaadiumiühendite lisamisega andsid ootamatuid tulemusi: suurenes loomade söögiisu, millega kaasnes nende ebatavaline rasvumine.

Tuberkuloosi puhul esineb sageli organismi kõhnumine. Ammust ajast püüti «tiisikuse» ravimisel säilitada haigetel söögiisu, andes neile suure rasvasisaldusega toitu. Seetõttu püüti kasutada vanaadiumiühendite võimet tõsta söögiisu ja luua rasvade kõrgendatud tagavara mõnede kopsutuberkuloosiliikide ravimisel. Seoses efektiivsete võitlusvahendite avastamisega selle haiguse vastu ei kasutata käesoleval ajal meditsiinis enam sel eesmärgil vanaadiumiühendeid.

KÕIGE KÕVEM METALL

24. KROOM — *Chromium* (Cr)

1797. aastal uuris prantsuse keemik Vauquelin esmakordselt rasket, punakat mineraali krokoisiiti, mis oli tema kätte jõudnud kaugest Siberist.

Krokoisiit, mida sageli nimetatakse krokoiidiks (kreekakeelsest sõnast *krokos* — safran), on haruldane mineraal, mida leiti XVIII saj. 40-ndatel aastatel Uraalis ning kirjeldati M. V. Lomonossovi poolt. Seejärel leidis Peterburi keemiaprofessor J. Lehmann 1762. a. krokoiiti ka Siberis. Tema käest sattus krokoiit Vauquelini kätte, kes avastas siberi mineraalis uue elemendi ühendi. Vauquelin ei suutnud seda elementi eraldada puhtal kujul. Olles hämmastunud värvide mitmekesisusest, mille moodustasid avastatud elemendi mitmesugused ühendid, nimetas Vauquelin ta kroomiks (kreekakeelsest sõnast *chroma* — värvus, värv). 1799. a. eraldas F. Tassaert uue elemendi suhteliselt puhtal kujul. See oli terashall, hõbedase läikega murdekohal, raskesti sulav (sulamistemperatuur 1800° C), rauaga peaaegu võrdse tihedusega (7,8) metall, mis ei oksüdeerunud tavalistes tingimustes.

Hiljem tehti kindlaks, et kroom on kõvem kui teised metallid. Suur tugevus, kõvadus ja püsivus välismõjude suhtes ning võime kergesti moodustada sulameid teiste metallidega, eriti rauaga, muutsid kroomi väga tähtsaks metalliks sulamite metallurgias.

Kroomi kasutatakse mitmesuguste eriteraste saamiseks, et valmistada tulirelvade (alates püssidest kuni kahuriteni) torusid, soomusplaate, tulekindlaid kappe jne. Terased, mis sisaldavad üle 13% kroomi, ei roosteta peaaegu

ning neid kasutatakse laevade veealuste osade valmistamisel, eriti allveelaevade kerede ehitamisel.

Kroomi kasutatakse laialdaselt esemete kromeerimisel. Kromeerimist tehakse elektrolüütiliselt. Vaatamata sellele, et pealekantava kihi paksus ei ületa 0,005 mm, muutuvad kromeeritud esemed vastupidavateks välismõjudele (niiskus, õhk) ja ei roosteta.

Kroomiühenditest valmistatakse kroomtelliseid — kroommagnesiite, mida kasutatakse metallurgiaahjudes ja teistes metallurgia konstruktsioonides ja ehitustes.

Kroomiühendeid esineb Rodeesias (Lõuna-Aafrika), Kreekas, Uus-Kaledoonias (saar Vaikses Ookeanis Austraalia lähedal) ja Uraalis. Kroom kuulub üsna levinud elementide hulka. Ta moodustab 0,006% maakoore aatomite üldarvust.

Kroom on taim- ja loomorganismide püsiv koostisosa. Veres on kroomi 0,012 kuni 0,0035%.

TERASE JA MALMI USTAV KAASLANE

25. MANGAAN — *Manganum* (Mn)

Vana-Rooma tuntud looduseuurija ja kirjanik Plinius Vanem viitas musta pulbri imepärasele võimele muuta klaasi valgeks. Seda ainet, mis peenestamisel andis musta pulbri, nimetati ammust ajast pürolusiidiks ehk mangaandioksiidiks. 1540. a. kirjeldas Vanuccio Biringucci pürolusiidi võimet puhastada klaasi. Pürolusiit on kõige tähtsam mangaanimaak.

Mangaani on kõikides terase- ja malmisortides. Mangaani võimet anda enamiku tuntud metallidega sulameid ei kasutata ainult mitmesuguste mangaanterasesortide, vaid ka suure arvu mitterauasulamite (manganiinide) saamiseks. Nendest eriti tähelepanuväärsed on mangaani sulamid vasega (mangaanpronks). Analoogiliselt terasega võib see karastuda ja samal ajal magnetiseeruda, kuigi mangaanil ega ka vasel ei ole märgatavaid magnetilisi omadusi.

Normaalseks manganiiniks nimetatav sulam, mis sisaldab 11—13% mangaani, 2,5—3,5% niklit ja 86% vaske, on huvitavate omadustega. Tal on suur elektritakistus ja väike elektromotoorne jõud ning ta on paaris vasega eriti sobiv takistuspoolide valmistamiseks. Manganiini võimet muuta takistust sõltuvalt rõhust, mille all asub sulam, kasutatakse elektrimanomeetrite valmistamisel. Tõepoolest, millega mõõta näiteks rõhku 15—25—30 tuhat atmosfääri? Mitte ükski tavaline manomeeter ei pea vastu niisugusele rõhule. Kui vastupidavad ka ei oleks toru seinad, tungib vedelik või gaas sellest plahvatusjõuga läbi. Mõnikord ei õnnestu leida isegi mikroavasid, mille kaudu tungib välja manomeetritoru sisu. Niisugustel juhtudel on

manganiin asendamatu. Mõõtes kindla rõhu all oleva manganiini elektrilise takistuse, võib graafikute järgi, mis näitab takistuse sõltuvust rõhust, viimase välja arvutada mistahes täpsusastmega.

Mangaani ühenditest, mis on leidnud kasutamist inimese praktilises tegevuses, tuleb mainida mangaanperoksiidi ja kaaliummanganaati (kaaliumpermanganaati), mis on kõige enam tuntud. Mangaanperoksiid leiab kasutamist Leclanche tüüpi galvaanilistes elementides, kloori saamisel, katalüütiliste segude (hopkaliit gaasitorbikutes) valmistamisel. Kaaliumpermanganaati kasutatakse laialdaselt meditsiinis antiseptilise vahendina haavade pesemisel, põletushaavade määrimisel jne., mao loputamisel fosfori, alkaloidide ja sinihappesooladega mürgituste korral. Samuti kasutatakse kaaliumpermanganaati keemias analüütilistel uurimistel, kloori, hapniku jt. ainete saamisel.

Loodus on rikas mangaani poolest. Teda on vähem kui rauda, kuid rohkem kui kroomi. Mangaan on levinud umbes samuti nagu väävel ja fosfor. Rikkad mangaanimaakide lademed on Indias, Brasiilias ning Lääne- ja Lõuna-Aafrikas.

Mangaanimaakide tööstuslike varude poolest on Nõukogude Liit esimesel kohal maailmas. Kõige rikkamad leiukohad (pürolusiit) asuvad Gruusias, Tšiaturi ümbruses, rikkalikud lademed on ka Ukrainas. Uraalis on orletsi ehk rodoniidi lademed, mis oma koostiselt on mangaani ja ränihappe sool. See mineraal on õrnroosat värvi (siit tuleneb ka ta nimetus: rodoniit kreekakeelsest sõnast *rodon* — roosa), hästi poleeritav ning kasutatakse sageli vooderdamisel. Rodoniit oli arvatavasti tuntud juba iidsel Venemaal bakaani nime all. Rodoniiti tuleb pidada vene kiviks sellepärast, et mitte kusagil teistes maakohtades ei ole seda niisuguste lademetena ning kusagil ei paista ta silma niisuguse ilu poolest nagu Uraalis. Rodoniidist esemeid säilitatakse Ermitaažis ja Petropavlovskaja kirikus Leningradis ning nad kaunistavad Moskva metroo maa-aluseid paleesid. Jaama «Majakovski väljak» sambad on kaunistatud vaarikpunast värvi rodoniidiga.

Tohutu hulk mangaani asub ookeanide põhjas. Muuseas, kuni viimase ajani valitses kindel veendumus, et ookeani põhi, mis koosneb põhiliselt kobedatest muda- ja liivasetetest, on vaikuse ja rahu kuningriik, kus ei ole tööstuslikuks otstarbeks kõlblikke maavarasid.

Kuid viimaste aastate uurimistega on tehtud kindlaks, et maavärisemiste, veealuste mägede järsakutelt lahtirebenenud mudalaviinide ning samuti ka mudalihete tõttu tekivad ookeanide põhjas suured veetormid. Nad ajavad ookeanipõhja mägede nõlvadelt alla suure kiirusega mudavoolusid, rebivad puruks telegraafikaableid, heites rebenenud otsad sadade kilomeetrite kaugusele, tõstavad põhja pinnalt üles kerakujulisi moodustisi (konkretsioone), mis sisaldavad mitmesuguste keemiliste elementide ühendeid.

Konkretsioonideks nimetatakse ümara kujuga moodustisi, mis tekivad mineraalaine kontsentreerumisel vesilahusest. Selgub, et ookeanipõhja suured avarused on kaetud mangaanikonkretsioonidega. Peale mangaani sisaldavad niisugused konkretsioonid ka rauda, koobaltit, niklit, vaske, haruldasi ja radioaktiivseid elemente. Mangaani on mõnedes konkretsioonides kuni 45%, vaske kuni 2%, niklit kuni 1,5%, koobaltit kuni 1%. Mangaanikonkretsioonide hulk on erinevates ookeanides erinev. Nende üldised varud on suured ning neid arvestatakse kümnetes miljardites tonnides. Kõige rikkam on Vaikne ookean, kus mangaanikonkretsioonide üldkaal moodustab üle 100 miljardi tonni. Atlandi ookeanis ulatub mangaanikonkretsioonide summaarne varu 45 miljardile tonnile, India ookeanis 40 miljardile tonnile. Konkretsioone leidub ka meredes. NSV Liidus on märkimisväärseid konkretsioonilademeid Barentsi, Kara ja mõnedes teistes meredes.

Tuntud ameerika insener John Mero töötas välja mangaanikonkretsioonide tootmise projekti Vaikse ookeani põhjast. Vastavalt tema projektile võib ookeani põhjast saada põhjavõrkude või hüdrauliliste pumpade abil üle 5000 tonni konkretsioone päevas. Kapitalimahutused konkretsioonide tootmise seadmestiku jaoks tasuvad end ära 3—5 aastaga. Järgnevatel aastatel aga peab ettevõte tooma üle 20 miljoni dollari tulu aastas.

Konkretsioonide tootmise projektide kallal töötavad intensiivselt ka nõukogude teadlased ja insenerid.

Mangaani saadi 1807. a. Ta on roosaka helgiga, kõva, kuid rabe metall. Mangaani erikaal on 7,4. Sulamistemperatuur (1250° C) on madalam kui raual. Õhus, eriti niiskes õhus, kattub mangaan õhukese oksiidikihiga. Mangaani suurt aktiivsust reageerimisel väävli, hapniku ja fosforiga kasutatakse terase tootmisel, mida mangaan puhastab väävli- ja fosforiühenditest.

Mangaan on bioelement. Tühisel hulgal on ta vajalik organismi normaalseks arenguks. Mõned loom- ja taimorganismid koguvad mangaani (roosteseened, merevetikad, vesipähkel — kuni 1%). Kõige suurema hulga mangaani talletavad endas mõned bakterid (kuni mitu protsenti oma kaalust).

Mangaan ja magneesium said oma nimetused sõnast *magneesia.* Kahe keemilise elemendi nimetuse tulenemine ühest ja samast sõnast seletub sellega, et pürolusiiti vastandati kaua aega valgele magneesiale ja nimetati mustaks magneesiaks. Pärast metalli saamist puhtal kujul nimetati mangaan ümber. Nimetuse aluseks oli kreeka-keelne sõna *manganese,* mis tähendas puhastama (vihje selle kasutamisele minevikus klaasi puhastajana). Mõned uurijad arvavad, et elemendi nimetus tulenes ladinakeelsest sõnast *magnes* — magniit, kuna pürolusiiti, millest toodetakse mangaani, peeti minevikus selle aine teisendiks, mida praegu nimetatakse magnet-rauamaagiks.



KUS VERI, SEAL KA RAUD

26. RAUD — *Ferrum* (Fe)

Mendelejevi elementide tabelis on raske leida mõnda teist elementi, millega inimkonna elu oleks nii lahutamatult seotud kui rauaga.

Raud on maailmahoone kõige tähtsam ehitusmaterjal. Rauda on kõikjal. Astronoomid on leidnud spektraalanalüüsi abil rauda kaugete ja lähedaste arvutute tähtede hõõguvates atmosfäärides. Geofüüsikud kinnitavad, et maakera tuum koosneb rauast ja sellega sarnaste metallide, nikli ja koobalti lisanditest. Maakoor ei ole suurem kui õhuke tagikiht, milles geokeemikute arvutuste järgi on 4,5% rauda. Maakera pinnal on raud levinud kõikjal. Teda leidub peaaegu kõikides savides, liivades ja kivimites. Mõnedes maakohtades moodustab ta suuri maagilademeid, millest näiteks Uraalis koosnevad terved mäed — Bakan, Võssokaja, Magnitnaja jt. Agronoomid leiavad rauda igal pool pinnases. Biokeemikud on avastanud, et raual on tähtis osa ka taimede, loomade ja inimese elus.

Olles hemoglobiini koostisosa, põhjustab raud selle aine punase värvuse, millest omakorda sõltub vere värvus.

Täiskasvanud inimese organismis on 3 g rauda, millest 75% on hemoglobiini koostises. Hemoglobiin võtab osa tähtsast bioloogilisest protsessist — hingamisest. Loomade ja inimese organismis on raud levinud «kõikjal»: rauda on isegi silmaläätse ja sarvkesta kudedes, kus ei ole üldse veresooni. Rauda on kõige rohkem maksas ja põrnas.

Palju elusorganisme eksisteerib hemoglobiinita, kuid ka nendes on rauda. Rauda on protoplasma koostises ning tema osavõtul toimub rakusisene hingamisprotsess.

Raud on vajalik ka taimedele. Ta võtab osa protoplasma oksüdeerimisprotsessidest, taimede hingamisest ja klorofülli ehitamisest, kuigi raud ise ei kuulu klorofülli koostisse.

Taimedel, millelt raud on kunstlikult ära võetud, on lehed värvusetud. Vähese hulga rauasoola lisamisel taimede toiteveele muutuvad lehed peagi roheliseks. Veel enam, tarvitseb värvitut lehte vaid niisutada väga nõrga rauasoola lahusega, kui töödeldud koht muutub kiiresti roheliseks.

Rauda kasutatakse ammust ajast meditsiinis verevaesuse, kõhnumise ja jõu vähenemise ravimisel.

Inimene tutvus rauaga juba kaugetel aegadel. On alust arvata, et raua proovid, mida hoidsid käes ürginimesed, ei olnud maismaa päritoluga. Olles universumi igaveste rändurite — meteoriitide koostises, mis juhuslikult leidsid varjupaiga meie planeedil, oli meteoriitraud selleks materjaliks, millest inimene esmakordselt valmistas raudesemeid. Möödus sadu ja tuhandeid aastaid, enne kui inimene õppis maagist rauda tootma. Sellest momendist algas rauaajand, mis kestab ka käesoleval ajal.

Nagu juba mainiti, esineb raud ehedalt maa peal peamiselt meteoriitse, «kosmilise» rauana. Maailmas kõige suurem raudmeteoriit, mida vaadeldi langemisel, asub meil, Moskvas, NSV Liidu Teaduste Akadeemia Meteoriidimuuseumis. Meteoriit purunes langemisel 18. oktoobril 1916. a. Boguslavski küla lähedal Kaug-Idas. Kaks kildu, mille leidis spetsiaalne ekspeditsioon, kaaluvad 256 kg. Meteoriitides ei ole aga absoluutselt puhas raud. Enamikel juhtudel on nendes niklit, koobaltit ja teisi elemente. Raudmeteoriidid sisaldavad keskmiselt 90% rauda, 8,5% niklit, 0,5% koobaltit ja 1% teisi metalle. Erinevalt maapealsest rauast on meteoriitraud ainult külmalt hästi

sepistatav. Meteoriitraud erineb puhtast maapealsest rauast, mida väga harva esineb mõnedes basaltkivimites, sisestruktuuri poolest. Happe toimel tekib poleeritud raudmeteoriidi pinnale iseloomulik muster, mis mõningal määral meenutab jäälilli aknaklaasidel.

Kuulus «pallaseraud», mida nimetatakse tema leidja, ränduri ja looduseuurija P. S. Pallase nime järgi, on maailmas üks suuremaid raudkivimeteoriite. Oma ehituselt meenutab ta raudkäsna, mille poorid on täidetud klaasja mineraaliga — oliviiniga.

Kõige suurem raudmeteoriit on 1920. aastal Edela-Aafrikast leitud umbes 60 tonnise kaaluga Goba meteoriit. Kaalult veidi kergem raudmeteoriit leiti 1896. a. Grööni-maa jääs tuntud ameerika polaarränduri Robert Peary poolt. See meteoriit kaalus 33 tonni. Suure vaevaga toimetati ta New Yorki, kus teda hoitakse praegugi.

Igal aastal langeb Maa pinnale maailmaruumist kuni 3000 tonni meteoriitainet, mille raud rikastab Maad selle elemendiga. Nii näiteks avastati 1891. a. Arizonase kõrbes tundmatu päritoluga suur lehter, mille läbimõõt oli 1200 m ja sügavus umbes 175 m. Lehtri uurimine näitas, et see oli tekkinud hiiglasuurest raudmeteoriidist, mis kunagi oli sinna langenud. Amatöörastronoom, insener Barringer suutis suure vaevaga organiseerida aktsiaseltsi raudmeteoriidi tööstuslikuks kasutamiseks. Ameerika ärimehi ahvatles kasumijanu. Lasti lahti kuuldus, et Arizonase meteoriidi kildudes avastati plaatinat. Meteoriidi põhiline mass oli aga sügaval maa all. Teemantpuur, mis jõudis 420 m sügavusel asuva meteoriidi põhimassini, purunes, ning töösturid, leidmata läbipuuritud kivimiproovides plaatinat, katkestasid töö. Teadlaste arvestuste järgi kaalus Arizonase meteoriit mitukümmend tuhat tonni. Ta langes eelajaloolisel ajal.

30. juunil 1908. a. langes kuulus Tunguusi meteoriit, mille otsingutel tegi tohutut tööd väsimatu rändur, teadlane ja Suure Isamasõja kangelane L. A. Kulik. Purustuste mõõtmete järgi, mida meteoriit tekitas langemisel taigas, arvutas tuntud nõukogude astronoom I. S. Astapovitš selle massi. See oli kolossaalne. Meteoriit kaalus 50 tuhat tonni.

Astronoomide arvutused näitavad, et niisuguseid suuri meteoriite, nagu Tunguusi meteoriit, langeb Maa peale üks kord tuhande aasta jooksul. Kui arvestada, et Maa vanust

hinnatakse 3 miljardile aastale[1], siis raua üldmass, mille on niisugused meteoriidid toonud Maa «ökonoomikasse», moodustab 150 miljardit tonni. 200 000 000 t raua iga-aastase ülemaailmse tarbimise korral jätkuks inimkonnale meteoriitrauda üle 750 aasta. Niisugune kogus rauda toodetakse iga aasta inimese poolt kõige tähtsamatest rauamaakidest. Rauamaakide leiukohad on iga maa üheks peamiseks rikkuseks. Kapitalismi arengu ajalugu sisaldab palju lehekülgi, mis on kirjutatud võitluses rauamaakide leiukohtade omastamise pärast valatud verega. Selles võitluses, mis toimusid ajaloo erinevatel etappidel, erinevate ideaalide — kord võltside ja alatute, kord ülevate ja õiglaste nimel, oli raud peamiseks materjaliks, millest valmistati relvi inimeste hävitamiseks.

Kahe viimase maailmasõja aastatel kulus lahingute ajal suurel hulgal rauda. Esimese maailmasõja ajal kulutas ainuüksi Saksamaa mürskude, torpeedode, pommide, miinide ja granaatide valmistamiseks kuni 10 miljonit tonni metalli aastas. See ületas kaks ja pool korda Lsaari-Venemaa aastase malmivalu. Sadu tuhandeid tonne maasügavusest toodetud ja suurtükimürskudeks valatud rauda külvati lahinguväljadel laiali surmatoovate kildudena. Selle «külvi» suurust iseloomustavad järgmised hulgad mürske, mille sõja ajal paiskasid välja peamised sõdivad riigid: Venemaa — 50 miljonit, Inglismaa — 170 milj., Saksamaa 272 milj., Prantsusmaa — 200 milj. (kahe kaliibri — 75 ja 150 mm järgi).

Sõja ajal oli päevi ja isegi tunde, mille jooksul paisati välja sadu tuhandeid ja isegi miljoneid mürske. Nii näiteks kulutasid inglased 4-päevase võitluse jooksul Arrase juures 1917. a. 10 miljonit mürsku. Miljon mürsku heitsid ameeriklased võitluses Saint Micheli juures 4 tunni jooksul! Ainuüksi prantsuse kindluse Verduni seinte all paisati rauatolmuks üle 3 miljoni tonni rauda.

Vähem ei raisatud rauda ka Suure Isamaasõja ajal 1941.—1945. a. Et otsustada raua kulu suuruse üle möödunud sõjas, piisab viidata ühele arvule — võitluse ajal Volgal heitis fašistlik lennuvägi miljon pommi.

---

[1]J. S. Stariki ja A. P. Vinogradovi järgi on 3,5 kuni 5 miljardit aastat. Uue kaalium-argoonimeetodi järgi, mille on välja töötanud E. Gerling ja A. Polkanov — 6,5 miljardit aastat (1962. a. said autorid selle meetodi eest Lenini preemia).

Kuid raud ei ole ainult võitlus, sõda ja purustused. Raud on ka ülesehitamismetall. Raud on kogu metallurgia, masinaehituse, raudteetranspordi, laevaehituse, grandioossete ehituste aluseks, alates Eiffeli tornist kuni raudteesildade ažuurideni.

Alates õmblusnõelast, naelast, kirvest ja lõpetades raudteevõrgu, ujuvate kindluste, lennukite ema- ja lahingulaevade ning tuldpurskavate kõrgahjudega, kus sünnib raud ise, koosneb kõik rauast.

Raua vajaduse suuruse üle võib otsustada kõige tähtsamate tööstustoodanguliikide tootmise mahu järgi, mis on kindlaks määratud NSV Liidu rahvamajanduse arendamise viie aasta (1966—1970) plaanis. Sellele vastavalt on malmi toodang planeeritud viia 1970. aastaks 94—97 miljoni tonnini, terasetoodang — 124—129 miljoni tonnini, valtsmetallitoodang — 95—99 miljoni tonnini, 20 aasta pärast aga 250 miljoni tonnini.

Keemiliselt puhas raud on hõbehall, läikiv, plastiline, väliselt plaatinaga väga sarnane metall. Ta on korrosiooni- ja happekindel. Tühiste lisandite tõttu kaotab aga raud need hinnalised omadused ning maakeral läheb igal aastal kaotsi niisugune hulk rauda, mis võrdub ühe neljandiku aastatoodanguga. Raua tihedus on 7,87. Raud sulab 1639° C temperatuuril ja keeb 2740° C. Puhas raud magnetiseerub ja demagnetiseerub kergesti.

Raua venekeelne nimetus *železo* tuleneb sanskritikeelsest sõnast *žalža,* mis tähendas metall, maak. Elemendi teaduslik nimetus tuleneb ladinakeelsest sõnast *ferrum* — raud.

IMEPÄRASTE SULAMITE METALL

27. KOOBALT — *Cobaltum* (Co)

Üks Sverdlovski arst-otolarüngoloog V. B. Brodovski sõitis Teaduste Akadeemia Uraali filiaali Metallide Füüsika Instituuti ebatavalise palvega. Ta palus kiiresti valmistada võimas, pikk ja vastupidav traadikujuline püsivmagnet. Niisugust magnetit oli arstile vaja selleks, et päästa väikese patsiendi elu, kellel oli nael sügaval bronhides. Bronhoskoobi abil ei õnnestunud naela eemaldada. Nael oli tunginud sügavale bronhidesse ning tavaliste näpitsate abil ei olnud võimalik naelapeast kinni haarata. Magnetiliste sulamite laboratooriumis valmistati mõne tunni jooksul spetsiaalsest materjalist võimsad magnetid, mille abil nael eemaldati ja päästeti lapse elu. Toodud juhtumit kirjeldati «Ogonjoki» lehekülgedel (1957. a. nr. 7).

Eriline sulam, millest valmistati magnet, sisaldas huvitavat metalli — koobaltit. Seda metalli kasutatakse mitmesuguste ja tõepoolest imepäraste omadustega sulamite valmistamiseks. Näiteks sisaldab koobaltteras, mida kasutatakse püsivmagnetite valmistamiseks, 15% koobaltit, 5—9% kroomi, 1% volframit ja süsinikku. Magnetilises sulamis permendüris on koobaltit 49%.

Peale meditsiinis kasutatavate magnetjuhtmete, südamike ja püsivmagnetite tootmiseks vajalike sulamite saadakse koobalti lisamisel tule- ja happekindlaid, keemiliselt inertseid, ülitugevaid ja teisi suurepäraseid sulameid. Nii näiteks kasutatakse suure kõvadusega sulamit stelliiti, mis sisaldab 35% koobaltit, niisama palju kroomi, 15% volframit, 13% rauda ja 2% süsinikku, lõiketerade, puuride, peitlite jt. tööriistade otste valmistamisel. Ülitugevad sulamid (pobediit jt.), mis sisaldavad 78—88% volframit, 5—6% süsinikku ja 6—15% koobaltit, on koobaltiga tse-

menteerunud volframkarbiidid, mis säilitavad oma kõvaduse isegi 1000° C temperatuuril.

Kõrgetel temperatuuridel ei vähene märgatavalt mitte ainult instrumentaalkiirlõiketerase, vaid isegi stelliidi tugevus. Ülikõvad sulamid võimaldavad metalli töötlemisel suuri kiirusi. See ei ole võimalik koobaltit mittesisaldavate sulamite puhul. Niinimetatud kovar, millel on klaasiga ühesugune paisumiskoefitsient, on väga püsiv elavhõbedaaurude suhtes. Need omadused võimaldavad kovari joota klaasi külge, mis on väga tähtis elektrilise raadioaparatuuri ja uute valgusallikate valmistamisel.

Looduses esineb koobaltit peamiselt ühenditena terves reas mineraalides. Neist kõige enam levinud on smaltiit (koobalti ja arseeni ühend) ja kobaltiin (koobalti, arseeni ja väävli ühend). Koobalt moodustab 0,001% maakoore aatomite üldarvust.

Puhtal kujul on koobalt veniv, sepistatav, väliselt rauaga sarnane metall, kuid on vee, õhu ja hapete toime suhtes rauast püsivam.

Koobaltil on suur osa bioloogilistes protsessides. Koobalti puudumine mõnede loomade toidus põhjustab neil tõsiseid häireid eluprotsessides.

Koobalt kuulub vitamiin B_{12} koostisse, milles on 4,5% koobaltit. See on ainuke vitamiin, mille koostises on metall. Selle vitamiini bioloogiline osa on väga suur. Vitamiin B_{12} puudumisel organismis areneb halvaloomuline aneemia. Vitamiini B_{12} tarvitavad mikroobid, sealhulgas ka need, kes elavad inimese soolestikus. Tervetel inimestel sisaldab maomahl erilist ainet (valk apoeriteiini), mis ühinedes vitamiiniga B_{12} moodustab uue, mikroobidele mittevastuvõetava aine (eriteiini). Mõnede maotalitlushäirete puhul kaob apoeriteiin maomahlast ning toiduga saadav vitamiin B_{12}, mille neelavad soolestiku mikroobid, ei satu inimese organismi. See põhjustab haigestumise halvaloomulisse aneemiasse.

Käesoleval ajal kasutatakse vitamiin B_{12} mitte ainult halvaloomulise aneemia, vaid ka rea teiste haiguste, nagu astma, neuralgia, seljaaju kuive jt. raviks.

Viimasel ajal kasutatakse koobalti isotoopi (koobalt, aatomkaaluga 60) meditsiinis raadiumi asendajana. Kiiritades aatomireaktoris metallilist koobaltit neutronitega, saadakse radioaktiivne koobalt aktiivsusega, mis vastab sadade ja tuhandete grammide raadiumi aktiivsusele

(kogu Maa peal ei ole saadud üle 1000 g raadiumi). Radioaktiivse koobalti kasutamise katse näitas, et koobalti omadused on ravimisel sobivamad kui raadiumi omadused. Ta annab ühtlasema energiaga gamma-kiirguse. Koobalti beetakiired aga neelduvad kergemini kui raadiumi beetakiired. Seetõttu saadakse koobaltiga ravimisel paremaid tulemusi. Radioaktiivne koobalt laguneb suhteliselt aeglaselt: 5 aasta ning 109 ja poole ööpäeva möödumisel väheneb tema aktiivsus poole võrra.

Huvipakkuv on viimasel ajal Ameerika Ühendriikides läbi viidud koobalt-60 kasutamine võitluses putukate, eriti kärbeste vastu. Kärbeste hulka lastakse steriilseid isaskärbseid, mida toodetakse radioaktiivse koobalti abil spetsiaalses kärbsevabrikus!

Niisuguse originaalse meetodi olemus võitluses kärbeste vastu seisneb järgmises. Kärbsevabrikus, mis kujutab endast suurt kahekorruselist hoonet, munevad kolm miljonit tavalist kärbest munad, millest arenevad vastsed. Nendest kooruvaid nukke hoitakse valmimiseni vastavates tingimustes.

Muuseas, sel perioodil, mis kestab viis ja pool ööpäeva, tarvitatakse hulgaliselt produkte. Nii näiteks tarvitatakse iga päev 6 tonni liha, 5 tonni vett, 2,5 tonni loomaverd, 2,5 liitrit mett ja 30 liitrit plasmat.

Kaks päeva enne kärbeste koorumist kiiritatakse nukke koobalt-60-ga. Nukkude kiiritamine kestab 12—14 minutit. Koorunud isaskärbsed muutuvad steriilseteks. Iga päev toodetakse 10 miljonit kärbest. Nad heidetakse lennukitelt alla vajalikesse rajoonidesse, arvestusega 100—800 kärbest ruutkilomeetri kohta. Pärast steriilsete isaskärbeste paaritumist emaskärbestega ei arene nende munadest uusi kärbseid, mistõttu kärbeste arv enam ei suurene.

Nimetust *koobalt* kasutatakse XV saj. lõpust alates. Ta tulenes sõnast *Kobold,* mis tähendas mäevaim. Metalli mütoloogilist nimetust võib seletada järgmiselt. Looduses esineb koobalt arseenimaakides, millest ei saa põletamisel puhast koobaltit, sest nende ühendite põletamisel muutub metall oksiidiks. Kuna keskaja mäetöölised pidasid maaki, mis ei andnud põletamisel metalli, mäevaimu, Koboldi (anglo-saksi mütoloogia) varaks, siis oli see ka metalli nimetuse aluseks.



VALE VASK

28. NIKKEL — *Niccolum* (Ni)

1751. aastal sai rootsi mineraloog ja keemik A. Cronstedt metalli, mida hiljem nimetati nikliks sõnast *nikkel,* mis tähendab vale vask (mõnede nikli looduslike ühendite sarnasuse tõttu vasemaakidega).

Nikkel esineb vabas olekus meteoriitides. Sagedamini on nikkel meteoriitides rauasulamina, milles nikli hulk võib ulatuda 5—10 protsendini.

Maa peal esineb nikkel peaaegu alati koos koobaltiga peamiselt nikli, koobalti ja arseeni (kupfernickel), arseeni ja väävli (nikliläik), raua, vase ja väävli (pentlandiit) ja teiste elementide ühendite seguna. Kõige suuremad nikli leiukohad on Kanadas ja Uus-Kaledoonias. Nõukogude Liidul on juhtiv koht maailmas teadaolevate niklivarude poolest. Niklit leidub paljudes kohtades: Uraalis, Krasnojarski krais ja Koola poolsaarel.

Vaatamata sellele, et Uraali leiukohad olid teada juba ammu enne revolutsiooni, ei toodetud tsaari-Venemaal niklit. Niklit veeti sisse välismaalt. Esimene niklitehas NSV Liidus lasti käiku 1934. a.

Puhta nikli saamine on seotud suurte raskustega, kuna niklit tuleb eraldada peaaegu alati kaasasolevast koobaltist. Niklil ja koobaltil on palju ühiseid omadusi. Nii on nikli tihedus (8,9) ühesugune koobalti tihedusega, aatomkaal on ainult 0,25 võrra väiksem, nikli sulamistemperatuur (1455° C) on 40° võrra madalam koobalti sulamistemperatuurist, nikli soojusjuhtivus on peaaegu võrdne koobalti soojusjuhtivusega. Nagu koobalt, nii on ka nikkel magnetiliste omadustega.

Puhas nikkel on hõbevalge, kerge, kollaka läikega metall, mis, nagu koobaltki, on hästi sepistatav ja poleeritav.

Niklit kasutatakse metallide kaitsmisel oksüdeerimise eest. Selleks kantakse nikkel elektrolüütilisel teel õhukese kihina kaitstava metalli pinnale. Igaühele on tuntud niisugused nikeldatud esemed, nagu teekannud, teemasinad, trammide, autobusside ja metroode käsipuud ning käepidemed. Nikli põhiliseks kasutamisalaks on mitmekesiste ja väga hinnaliste omadustega sulamite saamine.

Üks nikli sulamitest sai XIX saj. Euroopas nimetuse uushõbe. Seda nikli, vase ja tsingi sulamit, mis tõepoolest on rea omaduste poolest sarnane hõbedaga, kasutatakse lauanõude (teekannude, teemasinate, kahvlite ja lusikate) valmistamisel, samuti ka masina detailide (kraanide, ventiilide jt.) tootmisel ja nende viimistlemisel.

Nikli, vase ja tsingi teist sulamit nimetatakse nikeliiniks. Nikeliinil on suur takistus ning seda kasutatakse reostaatide, etaloontakistite jne. valmistamiseks.

Suure takistusega ja kõrge kuumakindlusega nikli, kroomi, raua ja mangaani sulamit (nikroomi) kasutatakse mitmesuguste elektrisoojendusaparaatide (pliitide, triikraudade, keetjate jne.) spiraalide valmistamisel.

Paistes silma väga väikese soojuspaisumisteguri poolest (10 korda väiksem kui raual) kasutatakse nikli, raua, mangaani ja süsiniku sulamit — invarit (muutumatu) — täpsete mõõtmisaparaatide (pendlite, pikkusmõõtude jt.) valmistamisel.

Sulam, mis sisaldab 68% niklit, 28% vaske, 2,5% rauda ja 1,5% mangaani (monelmetall), on suure keemilise püsivusega ning kasutatakse keemiatehaste mitmesuguse aparatuuri ja selle osade valmistamisel.

Sulam platiniit, mille koostises on nikkel ja süsinik, on samasuguse soojuspaisumisteguriga nagu klaaski. See-

tõttu valmistatakse sellest mitmesuguseid esemeid, sulatades metalli klaasi massi (süstlaid, elektrilampe jne.).

Koos teiste metallidega annab nikkel erinevate omadustega terast. Ühtedel terastel on ebatavaline vastupidavus, teistel — viskoossus, kolmandatel — püsivus keemiliste reagentide suhtes jne.

Laialdast kasutamist leiavad ka sulamid alni, alniko jt., millel on magnetilised omadused.

Teras, mille koostises on 9% niklit ja 18% kroomi, paistab silma vähese korrodeeritavuse poolest. Seda terast nimetatakse roostevabaks teraseks ning ta leiab laialdast kasutamist kirurgiliste instrumentide, igapäevaste majapidamisesemete jne. valmistamisel. Roostevaba terast on kasutatud Moskva metroojaamade kujundamisel. Esmakordselt kasutati roostevaba terast 25 m kõrguse monumentaalskulptuuri «Tööline ja kolhoositar» valmistamisel, mis ehtis Nõukogude paviljoni Maailmanäitusel Pariisis (1937. a.) ning mis on praegu paigutatud Rahvamajanduse Saavutuste Näituse sissekäigu juurde Moskvas.

Ühes instituudis koosnevad aatomireaktori (mark БР-5, mis tähendab kiire reaktor, 5 megavatti) automaatregulaatorid niklist. Erinevalt teistest reaktoritest töötab БР-5 kiirete neutronitega. Selles pole aeglusteid, vaid reguleerimine toimub 1000 kilogrammise üldkaaluga nikkelkombitsate abil. Need kombitsad hõlmavad reaktori töötsooni ja täidavad neutronite reflektorite osa, võimaldamata neil väljuda ahelreaktsiooni tsoonist. Ahelreaktsiooni väljumise ohu korral kontrollpiirkonnast, kui ähvardab avarii, nihkuvad nikkelkombitsad automaatselt kõrvale ahelreaktsiooni tsoonist ja reaktsioon kustub automaatselt.

Mõnedes riikides kasutatakse nikli (25%) ja vase (75%) sulamit peenraha valmistamiseks. Nikkel on kõikjal esinev metall, mille sulamid leiavad iga päevaga üha rohkem ja rohkem kasutamist.

Peenendatud olekus on niklil suur katalüütiline aktiivsus. Puhtal kujul kasutatakse niklit laboratooriuminõude (tiiglite, lapitsate jt.) valmistamiseks.

Nikliühenditest on suur praktiline tähtsus nikkeloksiidil, mida kasutatakse raudnikkel-leelisakumulaatorite valmistamiseks. Kuigi need akumulaatorid jäävad pliiakumulaatoritest maha elektromotoorselt jõult (emj. 1,4 v), on neil väiksem kaal, pikem iga ja lihtsam käsitsemisviis.



KÕIGE VANEMAID JA KASULIKUMAID METALLE

29. VASK — *Cuprum* (Cu)

Inimese esimene tutvus vasega toimus nähtavasti eelajaloolisel ajal. Looduses esineb vask mõnikord ehedalt üksikute kristallidena, tükikeste või suurte tükkidena. Kõige suurem leitud vase ehetükk on kaalunud 420 tonni. Huvitav on märkida, et mõnedel suurtel, juba iidsel ajal leitud vase ehetükkidel on väljaulatuvad osad maha raiutud kivist kirvestega. Ei ole raske ette kujutada, kui palju jõupingutusi kulutasid ürginimesed selleks tööks. Nagu teame, õppis inimene algul käsitama kivi. Kivist õppis ta tegema esimesi tööriistu ja sealhulgas ka kivikirvest. Hiljem valmistati võib-olla kivist kirve abil ... vasest kirves. Niiviisi oli vask esimesi metalle, mida inimene hakkas kasutama oma teadlikus tegevuses. Vask oli hästi tuntud eelajaloolisel ajal neile inimestele, kes paiknesid Põhja-Ameerikas. Hudsoni lahe kaldal ning Ülemjärve kallastel oli suuri vase ehetükke, mida töödeldi külmmeetodil. See eheda vase töötlemismeetod säilis indiaanlaste juures kuni Kolumbuse ajani.

Kuid ehedat vaske esineb harva ning inimene leidis juba mitu tuhat aastat e. m. a. vase saamise meetodi vasemaakidest. Egiptlastel näiteks oli vask tuntud väga ammu. Juba esimeste vaaraode ajal (4000—5000 aastat e. m. a.) toodeti vaske Siinai poolsaare kaevandustes. Iidsest ajast on teada vasemaagid Küprose saarel Vahemeres. Teadlased oletavad, et vase teaduslik nimetus *cuprum* tuleneb Küprose saare nimetusest, kus olid muistsete roomlaste vasekaevandused.

Muistseid vasekaevandusi on leitud ka Kesk-Euroopas, Austrias (Mitterbergis). Need on tähelepanuväärsed selle poolest, et sealt leiti kivist tööriistu. See fakt annab mõnedele teadlastele alust pidada seda aega mitte iseseisvaks ajaks kivi- ja pronksiaja vahel, vaid ainult kiviaja jätkuks. Vaske kasutati koos kiviga ammu enne kiviaja lõppu. Meil asusid kehvad vaseleiukohad praeguse Donbassi läheduses, mis nüüd on Dnepri kärestikuga üle ujutatud. Muistsete slaavlaste esivanemad, kes elasid Doni ja Dnepri ümbruses, kasutasid vaske relvade, ehete ja majapidamisesemete valmistamisel.

NSV Liidus on vaseleiukohad Uraalis. Vase tööstuslike leiukohtade avastamine Venemaal on seotud pärisorjuse pooldajate ja tuntud töösturite perekonnarikkuste rajaja Nikita Demidovi nimega. Sellest jutustab ka kiri suurel lahtivõetaval vasest laual, mida hoitakse Tagili muuseumis: «See esimene vask Venemaal on leitud Siberis... Nikita Demidovitš Demidovi poolt suure riigipea imperaator Peeter Esimese ürikute järgi 1702., 1706. ja 1709. aastal ning sellest esmakordselt väljasulatatud vasest on tehtud üks tool 1715. aastal.» Vase venekeelne nimetus *med* tulenes mõnede uurijate arvates sõnast *smida,* mis mõnede muistsete suguharude juures, kes asustasid kaasaegse NSV Liidu territooriumi Euroopa-osa, tähendas metalli üldse.

Vase praktiline kasutamine näitas muistsetele inimestele, et vask ei ole kõva metall ning sundis välja mõtlema meetodeid selle kvaliteedi parandamiseks. Vase ja tina sulami juhuslik moodustumine mõnede vaske ja tina sisaldavate maakide töötlemisel ei jäänud ürgaja «metallurgidele» tähele panemata. Sel viisil saadud sulami eelised olid tõukeks tema kunstlikuks tootmiseks.

Vase ja tina sulam saadi esmakordselt arvatavasti Mesopotaamias (Iraagis), kust ta hiljem levis Lähis- ja

Kaug-Ida maadesse. Vase ja tina sulami nimetus pronks on tunduvalt hilisema päritoluga ning seotud Aadria mere kaldal asuva väikese Itaalia kaubanduslinnakese Brindisi nimega. Kaupade hulgas olid ka pronksist esemed (ladinakeelsest sõnast *es brundusi*, s. t. Brindisi vask). Pronks on vasest kõvem, kergemini sulav, õhu käes püsiv, kergesti poleeritav ja hästi valatav.

Pronks tungis inimese praktilisse tegevusse ja pani aluse pronksiajale. Pronksist esemeid valati assüürlaste, egiptlaste, hindude ja teiste muistsete rahvaste juures. Kuid tervikulisi pronksist raidkujusid õppisid muistsed meistrid valama alles viiendal sajandil enne meie ajaarvamist. Mõned nendest kunstiteostest olid hiiglaslike mõõtmetega. Niisugune oli näiteks maavärisemise ajal 224. a. e. m. a. purunenud Rhodose koloss — muistse Rhodose sadama vaatamisväärsus, mis asus Egeuse mere kõige idapoolsemal samanimelisel saarel. Umbes 290 a. e. m. a. Charese poolt päikesejumala Heliose auks loodud Rhodose koloss seisis sissekäigu kohal sadamasse. Ka kõige suuremad laevad läksid tema alt läbi lahtiste purjedega.

Kõrge meisterlikkuse saavutasid pronksvalu saamisel jaapanlased. Tarvitseb vaid mainida 749. a. valatud üle neljasaja tonni kaaluvat hiiglaslikku Budda kuju Todaidzi katedraalis, et otsustada, kui suured meistrid olid jaapani valajad.

Meie ajani säilinud kujud (Marcus Aurelius, Kettaheitja, Magav satüür, Nike jt.) tõendavad pronksi suurt levikut ja tähtsust antiikmaailma kunstis.

Vaske kasutati laialt mitmesugusteks vajadusteks. Antiikaja ajaloolaste tunnistuste järgi valmistati Aleksandrias võltsitud «kuldmünte». 330 aastat enne meie ajaarvamist kirjutas Aristoteles: «Indias toodetakse vaske, mis erineb kullast ainult maitse poolest.» Aristoteles eksis muidugi, kuid tema vaatlusvõimet tuleb hinnata. Vesi kuldnõus on tõepoolest maitseta. Mõned vasesulamid, näiteks tombak, on väliselt raskesti eraldatavad kullast. Kuid vedelikul sellisest sulamist nõus on metalli kõrvalmaitse. Niisugustest kulla võltsimistest vasesulamite arvel räägibki Aristoteles oma teostes.

Muistsetele inimestele ei olnud tuntud mitte ainult vask ja selle sulamid. Antiikfreskode keemiline analüüs, mida teostas inglise keemik H. Davy, näitas, et nendes kasutati ererohelise värvina vaskatsetaati, mis ammust ajast on

tuntud «vaserooste» nimetuse all. Seda värvi on leitud Rooma imperaatori Tituse termide (saunade) maalides ja Pompeii seinafreskodes. Kaupade nimekirjas, mis veeti välja muistsest Aleksandriast, oli ka vaseroheline, mis oli muide luksusasjaks. Selle värvi abil tegid muistsed moedaamid silmade alla rohelised ringid, mida tol ajal peeti ilusaks.

Puhas vask on viskoosne, punakasroosat värvust, sulamistemperatuuriga 1083° C, suure tihedusega (9) ja erakordselt hea soojus- ja elektrijuhtivusega metall. Selles suhtes jääb vask maha ainult hõbedast. Proovige ette kujutada elektrotehnikat vaseta ja masinaehitust vase sulamiteta.

Vanasti kaeti Moskva paljude kirikute kuplid vasklehtedega. XVI sajandi suuremaid maailmaarhitektuuri ehitisi — Ivan Groznõi kellatorn, mis asub Moskva Kremlis, on kroonitud sibulakujulise kupliga, mis on kaetud ülekullatud vasklehtedega. Kupli alla paigutatud kolmerealine kiri slaavi keeles on samuti kirjutatud vasklehtedele ülekullatud vasest tähtedega.

Vasklehtedega on kaetud ka muinas-Venemaa peamise katedraali — Uspenski peakiriku lõunapoolne uks.

Pärast seda, kui XVI saj. teisel poolel võttis kõige suurem kirjastaja ning trükikoja omanik Antverpenis ja Leidenis, prantslane Christophe Plantin tarvitusele vasegravüüri illustratsioonide reprodutseerimiseks, hakati seda metalli suurel hulgal kulutama trükikunsti jaoks.

Vask on arvukate sulamite metall. Näitena toome mõnede pronksisortide koostised: 90% vaske ja 10% tina — kahurimetall, mida suhteliselt hiljuti kasutati suurtükkide valamisel; sulamit, mis sisaldab 77—80% vaske, 20—23% tina, 1—4% pliid, kasutati kellametalli nime all kellade valamiseks.

Kellametallist on tehtud üks «tunnikell» ja kümme «veerandtunnikella», mille helin antakse iga päev edasi Moskva Kremli Spasski tornist. «Veerandtunnikellade» kaal on 300—350 kg, «tunnikell» kaalub 2160 kg. Kellad on valatud XVII—XVIII saj. ning on kaunistatud kunstiliste ornamentidega, mõnedel on pealdised. Üks nendest kõlab: «See Spasski torni kell veerandtundide löömiseks on valatud 1769. a., 27. maikuu päeval. Kaalub 21 puuda. Valas meister Semjon Možžuhhin.»

Ehispronksist on ka Moskva Kremlis Uspenski katedraali edelapoolses nurgas olev ažuurvalust varikatus, mille valmistas 1725. a. katelsepp Dmitri Svertškov. Selles on 1612. a. poola šlahta interventide poolt surnukspiinatud patriarh Hermogeni sarkofaag.

Ehispronksist on ka valatud memoriaaltahvel, mis on püstitatud 1868. aastal Más a tierra saare kaljule (Juan Fernándeze saarte rühmast, 600 km kaugusel Tšiili rannikust) šoti meremehele Alexander Selkirkile, kes omal ajal innustas Daniel Defoed tema surematu «Robinson Crusoe» loomisele. Ajakirjanik D. Defoe, seitsme lapse isa, oli peaaegu 60-aastane, kui ta võttis prototüübiks Alexander Selkirki saatuse, istus kirjutuslaua taha, et kirjutada Robinson Crusoe elulugu. Hiljem tõlgiti see raamat peaaegu kõikidesse keeltesse, kirjastati miljonites eksemplarides ja selle on peaaegu kogu inimkond läbi lugenud.

Pikk raidkiri pronkstahvlil algab nii: «Alexander Selkirki mälestuseks, sündinud Largo's, Fife'i krahvkonnas, Šotimaal, kes elas sellel saarel täiesti üksinda neli aastat ja neli kuud . . .»

Ehispronks sisaldab 80—90% vaske, 5—8% tina ja 1—3% pliid. Rahapronksi nime all tuntud sulamitel on erinevates maades erinev koostis. Kergemini sulavaid, odavamaid ja vastupidavamaid sulameid tsingiga nimetatakse messingiks. Tavalist messingit ehk valgevaske, mis sisaldab 60—80% vaske ja 20—40% tsinki, kasutatakse kõige mitmekesisemate tehniliste ja majandusesemete valmistamiseks. Sulamid tombak, manganiin, deltametall, «lehtkuld», «uushõbe», «konstantaan» jt. sisaldavad kõik vaske.

Vase tarbijateks on metallitööstus, masinaehitus-, keemia- ja klaasitööstus, põllumajandus ja rida teisi tööstusharusid. Kapitalistlikes maades on vase peamiseks tarbijaks sõjatööstus. Kõige karmimatel kriisiaastatel ei tundnud kapitalistlikus maailmas kitsikust ainult need ettevõtted, mis tootsid ja töötlesid vaske. Nad valmistasid metalli sõja jaoks. Tänapäevani oksüdeeruvad lahinguväljadel maa sees messingist kestad, vasetükid mürskude juhtvöödest, sõduri katelokkidest ja allatulistatud lennukite detailidest.

Vaatamata suurtele edusammudele tootmistehnikas ja vase suhteliselt suurele sisaldusele maakoores (0,003% aatomite üldarvust) tuntakse XX saj. algusest alates puu-

dust vasest. Vase leiukohad, millel on tööstuslik tähtsus, koosnevad peamiselt sulfiididest — vase ja väävli ühenditest. Kuid vasesisaldus nendes maakides on harva üle 2%. Vase eraldamine on seetõttu võimalik ainult pärast vaseühendite protsentuaalse sisalduse kunstlikku suurendamist aheraine eraldamise teel.

Maakide töötlemise keerukas protsess metalliliseks vaseks lõpeb elektrolüüsiga. Elektrolüütilise vase puhtuseaste on 99%. Elektrolüüsivanni põhja jäävad kõrvalproduktidena vasega kaasasolevad lisandid — kuld, hõbe ja vahel ka plaatina. Need «jäätmed» teevad mõnikord tasa elektrolüüsi kulud.

Vase saamise kõige uuemaks tööstuslikuks meetodiks on vasemaakide maa-alune lahustamine. See meetod on tuntud suhteliselt ammu, kuid praktiliselt kasutatakse seda ainult kolmes leiukohas maailmas. Maagikihti juhitakse lahjendatud väävelhapet, lahus pumbatakse pinnale ja elektrolüüsitakse.

Vask kuulub bioelementide hulka. Olles rakusiseste keemiliste protsesside kiirendajaks, on vask väikestes kogustes vajalik taimede ja loomade normaalseks arenguks. Kaheksajalad, austrid ja mõned teised limused sisaldavad loomariigi esindajatest kõige suuremal hulgal vaske. Mõnede tigude ja peajalgsete limuste veres on vasel seesama osa, mis raual teiste loomade veres. Vask kuulub peajalgsete limuste ja tigude hingamispigmendi (hemotsüaniini) koostisse. Ühinedes õhuhapnikuga, muutub see aine siniseks (sellepärast ongi tigudel sinine veri), hapniku äraandmisel kudedele aga valastub, s. t. täidab hemoglobiini — hapniku ülekandja funktsiooni. Vasesisaldus hemotsüaniinis on 0,33—0,38%. Kõrgematel loomadel ja inimesel on vaske peamiselt maksas. Vase vähesus toidus (igapäevane vajadus on 0,005 g) põhjustab kehvveresust, hemoglobiini vähenemist, nõrkust jne. Vaske on ka piimas. On huvitav märkida, et kasvajarakud sisaldavad väga vähe vaske. Sellelt seisukohalt pälvib tähelepanu fakt, et rahvameditsiinis kasutatakse vaseühendeid kasvajate ravimisel.

Lahustuvad vaseühendid on mürgised. Seepärast kaetakse vasest tehtud majapidamisesemed, nagu teemasinad, teekannud, kastrulid jne. seestpoolt tina kihiga — tinutatakse. Tina kaitseb vaske lahustumise eest ja hoiab ära mürgistusi.



KAOTATUD JA UUESTI LEITUD METALL

30. TSINK — *Zincum* (Zn)

Raske on ette kujutada midagi ühist tavalise, koduses majapidamises vajaliku ämbri ja tualettlaual elegantses puudritoosis oleva puudri vahel. Sellest hoolimata on nendes esemetes midagi ühist. See on tsink .Ühel juhul katab ta õhukese kihina ämbri seinu ja kaitseb rauda kiire roostetamise ja hävimise eest. Teisel juhul on seesama tsink ühendis hapnikuga valge peene pulbri näol puudri koostisosaks. Tsinkoksiid on pehme pulber, mille tera meenutab tugeval suurendusel laialisirutatud jalgadega ämblikku. Nende «jalgadega» klammerduvad tsinkoksiidi osakesed näo puuderdamisel krobelise naha külge. Tsingiaurud süttivad õhus ja moodustavad tiheda valge suitsu — tsinkoksiidi. Tsinkoksiid kogutakse kokku, puhastatakse lisanditest ja kasutatakse puudri koostisosana. Ent see, mida me nii lihtsalt kirjeldasime, on tegelikus tootmises palju keerukam. On vaja jahvatusmasinaid, kõige peenemaid sõelu, väga puhast tsinki, lõhnavaid aineid, spetsiaalseid rasvu ja palju muud. Puuder ei ole aga tsingi peamine kasutamisala.

Hulgaliselt nõuab tsinkoksiidi farmatseutiline tööstus puistepulbrite, suspensioonide, hügieeniliste pastade, salvide, plaastrite jne. valmistamiseks. Tsinkoksiid leiab laialdast praktilist kasutamist valge värvi valmistamiseks, mida kasutatakse maalritöödel, maalimisel jne. Hulgaliselt kulub tsinki galvaaniliste elementide valmistamiseks.

Tsink on nii kindlalt tunginud meie ellu, et me lihtsalt ei märka teda. Samal ajal on lapsevann, vihmaveetoru, küna, paljude majade katused, kastekannud, laevatrossid, hakkmasina osad ja juurvilja puhastamise masinad valmistatud tsingist. Tsinki sisaldab valgevask, millest on valmistatud kohvikannud, uhmrid kaneeli ja pähklite purustamiseks ning tuhksuhkru valmistamiseks. Läikival teemasinal on tsink peidetud õhukese niklikihi alla. Tsinki on elektrilambipesas, suurtükimürsu kestas ja mitmesugustes masinate detailides. Tikke ja kalosse, tselluloidist mänguasju ja emaileeritud nõusid, laste akvarellvärve ja isegi pilti raamatus ei saa teha tsingita või tema ühenditeta. Tsink on kõikjal. Sealhulgas ka inimese, loomade ja taimede organismides.

Bioloogilises suhtes on tsink väga huvitav element. Vähesel hulgal on tsink vajalik taimede normaalseks kasvuks ja arenguks. Kuid mõnedes taimedes on palju tsinki. Näiteks on laialt levinud teelehes tsinki 0,02%, kannikeses — 0,05%. Mitmesuguste seente, sealhulgas ka pärmseente arenemine kiireneb tsingi juuresolekul. Mõnede selgrootute loomade juures on tsingil seesama osa mis raual selgroogsete veres. Loomariigi arenemiskäigus toimus omapärane hapniku kõige parema ülekandja valik hingamisprotsessis. Selleks kõige sobivamaks osutus raud. Kuid ühtedel loomadel täidab seda osa vask, teistel tsink. Mõnede teokodade tuhk sisaldab 10—15% tsinki. Inimorganismis on tsingi poolest eriti rikkad hambad (0,02%), närvikude ja maks.

Tsink oli tuntud juba ammu. Vase ja tsingi sulamit (messingit) tunti juba muistsel ajal. Seejärel kaotati andmed tsingi kohta ja alles 1721. a. avastas saksi metallurg I. Henckel (muuseas, tema juures õppis M. V. Lomonossov selgeks metallurgia) uuesti tsingi saamise maagist. Tsingi nimetus ja keemiline märk tulenes sõnast *zinken*, millega nimetati jääke retortides, kust hiljem avastati tsink.

Puhtal kujul on tsink sinakasvalge metall. Niiskes õhus kattub ta õhukese hüdroksiidi kilega, mis kaitseb metalli

edasiste muundumiste eest. 100—150° C kuumutatud tsink muutub sepistatavaks ja venitatavaks, 200° C juures aga niivõrd rabedaks, et seda võib pulbristada.

Üle poole maailmas toodetavast tsingist kulub tsingitud raua ja trossi valmistamiseks.

Georgi saalis, kõige ilusamas ja avaramas Moskva Kremli Suure palee saalis on 18 tsingist valatud keerdsammast, mis on kaunistatud suurepärase ornamendiga ja kroonitud võidukujudega, millel on loorberipärjad ja skulptor J. P. Vitali töö kuupäevad. Üks kujudest on loodud Ukraina Venemaaga taasühendamise auks.

Tsink ei ole püsiv hapete ja leeliste toime suhtes ja lahustub viimastes. Seetõttu ei ole tsingitud nõus soovitatav keeta toitu, hapendada kapsaid, kurke või tomateid. Kuna tsingi lahustuvad ühendid on mürgised, siis võib see esile kutsuda mürgistusi.

MENDELEJEVI GEENIUSE ESIMENE TUNNISTAJA

31. GALLIUM — *Gallium* (Ga)

Kui Dmitri Ivanovitš Mendelejev lõi oma keemiliste elementide süsteemi tema poolt avastatud perioodilisuse seaduse alusel, jäid perioodilisuse süsteemi kolmandasse rühma vabad kohad. D. I. Mendelejevi kindla veendumuse järgi pidid need kohad enda alla võtma sel ajal veel tundmata elemendid. Ühe neist viiendas reas nimetas D. I. Mendelejev ekaalumiiniumiks. Sügavalt veendunud elementide perioodilisuse süsteemi objektiivsuses, ei ennustanud D. I. Mendelejev mitte ainult ekaalumiiniumi olemasolu, vaid ühtlasi kirjeldas väga täpselt selle tundmatu elemendi omadusi. D. I. Mendelejev kirjutas «saladusliku» ekaalumiiniumi kohta Vene Keemiaseltsi ajakirjas 1871. a., et ekaalumiiniumi aatomkaal on ligikaudu 68, tihedus umbes 6, sulamistemperatuur aga väga madal: puhtal kujul peab see metall sulama inimese käes! Ekaalumiiniumi võib avastada spektroskoopiliselt.

20. septembril 1875. a. loeti Pariisi Teaduste Akadeemia koosolekul ette prantsuse keemiku Lecoq de Boisbaudrani kiri keemilise elemendi avastamise kohta spektraalanalüütiliselt, mille ta nimetas oma kodumaa Prantsusmaa auks galliumiks. Avastatud element oli kõikide omaduste poolest sarnane ekaalumiiniumiga. Märkimisväärne on see, et Boisbaudran ei määranud algul õigesti galliumi tihedust, vähendades seda, vastupidi D. I. Mendelejevi ennustatud tihedusele «umbes 6,0», arvuni 4,7. D. I. Mendelejev kirjutas Boisbaudranile kirja, milles ta viitas oletatavale veale. Boisbaudran kordas hoolikalt uurimisi ja veendus, et vene keemikul, «Sankt-Peterburi professoril, kes mitte

kunagi ei olnud hoidnud galliumi oma käes», vaid isegi ei olnud näinud seda spektroskoopiliselt, oli õigus. Galliumi tihedus oli tõepoolest 5,84. «Ma arvan . . . ei ole vajadust peatuda Mendelejevi teoreetiliste järelduste tõenduse suurel tähtsusel . . .» kirjutas sel puhul Lecoq de Boisbaudran.

Galliumi avastamist tuleb pidada teaduse tõeliseks triumfiks. Gallium oli esimene keemiline element, mis kinnitas D. I. Mendelejevi perioodilisuse seaduse triumfi. Kuigi galliumi on looduses kaks korda skandiumist rohkem, on ta väga hajutatud element ning rikkaid galliumimineraale ei tunta. Alles viimastel aastatel on hakatud seda hajutatud ja haruldast elementi kasutama. Selles ei ole midagi imelikku. Tsingimaakides on galliumi ainult kaks tuhandikku protsenti, galliumi poolest kõige rikkamas pürenee tsinkhelgis aga 0,5%. Kõige rikkam mineraal, Edela-Aafrika germaniit sisaldab kõigest kuus kümnendikku protsenti galliumi. Seepärast ongi ühe grammi puhta galliumi hind kõrge ja maksab üle kümne rubla kullas. Galliumi kasutatakse kõrgete temperatuuride mõõtmiseks kvartstermomeetrites. Gallium sulab, nagu ennustas D. I. Mendelejev, temperatuuril 30° C, kuid keeb alles üle kahetuhande kraadisel temperatuuril (2070° C). Klaasi peale kantud gallium annab peegleid, mis peegeldavad hästi valgust ja peavad vastu 500°—600° C kuumutamisele.



PERIOODILISUSE SÜSTEEMI TRIUMF

32. GERMAANIUM — *Germanium* (Ge)

1871. a. ennustas D. I. Mendelejev elemendi olemasolu, mis asub viiendas reas galliumi ja arseeni vahel ning neljandas rühmas räni ja tina vahel. On märkimisväärne, et nimetanud uue elemendi ekasiliitsiumiks, ei ennustanud D. I. Mendelejev mitte ainult ekasiliitsiumi ja selle oksiidi omadusi, nagu ta ekaalumiiniumi ja ekaboori puhul tegi, vaid ka selle mõningaid ühendeid. 15 aastat hiljem avastas saksa keemik Winkler elemendi, mille ta nimetas oma kodumaa auks germaaniumiks. Germaaniumi omadused langesid kokku ekasiliitsiumi omadustega.

Hämmastunud vene keemiku geniaalsusest, kirjutas Winkler: «Vaevalt võib õpetus elementide perioodilisusest oma õigsusele leida selgemat tõestust . . .»

D. I. Mendelejevi avastusel ei ole võrdset teaduses. Hinnates seda avastust, ei võrrelnud F. Engels seda juhuslikult teadusliku kangelasteoga. Kui varem vaatasid kõige suuremad teadlased, D. I. Mendelejevi kaasaeglased, perioodilisuse seadusele läbi skeptitsismi prisma, siis pärast Winkleri tööde avaldamist germaaniumi uurimise

alal hakkasid erinevates maades ilmuma üksteise järel pretendendid, kes taotlesid D. I. Mendelejevilt perioodilisuse seaduse avastamise au.

Üsna hiljuti, 1955. a. kirjastatud raamatutes kinnitatakse, et germaanium kuulub «tuleviku metallide» hulka. Tulevikust rääkida pole vaja. Juba praegu toodavad tehased raadiovastuvõtjaid, milles kogukad ja haprad raadiolambid on asendatud germaaniumist valmistatud pooljuhttrioodide ja -dioodidega. Need pooljuhid kaaluvad kümnendik grammi, kogu raadiovastuvõtja aga ei ole mõõtmetelt suurem paberossikarbist. Germaaniumkristall asendab terveid alaldajate seadeldisi. Germaaniumita ei oleks raadiolokaatoreid, mille abil võib kümnete kilomeetrite kauguselt avastada lendavat lennukit, jäämäge, ookeanis ujuvaid laevu ja mõõta kaugust Kuuni.

Germaaniumi kasutamine pooljuhttehnikas on väga laialdane. Pooljuhtaparaadid ei alalda mitte ainult voolu ega tugevda raadiolaineid, vaid muudavad ka soojusenergiat elektrienergiaks.

Germaanium on väga suure elektritakistusega, mis on 57 000 korda suurem kui vasel. Metalli puhtusastme suurenemisega kasvab takistus. Võib nimetada veel rida omadusi, mis asetavad germaaniumi ainulaadsete ja hinnaliste metallide ritta. Näiteks säilitab germaaniumi sulam kullaga kulla värvuse ning paisub jahutamisel. Germaaniumoksiidi lisamisel klaasile saadakse väga kõrge murdumisnäitajaga optiline klaas.

Germaaniumi on ainult kahes väga haruldases mineraalis: argirodiidis (hõbesulfiidist ja germaaniumsulfiidist koosnev mineraal) ja germaniidis (mineraali aluse moodustavad vask- ja germaaniumsulfiid). Germaaniumi sisaldus teistes allikates, nagu mõnede kivisöeliikide tuhas ja tsingimaakides, on väga väike.

Germaaniumile on omane allotroopia. Seejuures meenutab üks germaaniumi allotroopseid vorme väliselt metalli ning seda nimetatakse metalliliseks germaaniumiks.

Keeruka töötlemise arvutuid astmeid mööda tuleb läbi lasta tuhandeid tonne toorainet, enne kui nendest eraldub märgatav hulk puhast metalli. Pooljuhttehnika seisukohalt on see alles absoluutselt must metall, millel ei ole pooljuhtmaterjali omadusi. Raadiotehnika jaoks on vaja germaaniumi, milles lisandid ei tohi ületada kümnemiljondikku protsenti. Teiste sõnadega, üle miljardi germaa-

niumiaatomite kohta võib olla üks lisandi aatom. Ühe arseeni-, fosfori- või antimoniaatomi olemasolu kümnes miljonis germaaniumiaatomis vähendab tunduvalt selle pooljuhtomadusi.

Germaaniumi vähene tootmine tema küllaltki hinnatavate omaduste juures seletub sellega, et germaanium on maakoores hajutatud ning puhtal kujul on seda raske saada. Näiteks oli germaaniumi toodang 1946. a. Ameerika Ühendriikides ainult 800 kg.

Tšehhi ajakirjanikud, populaarse raamatu «Aafrika. Unistused ja tegelikkus» ja kõitva filmi «Mööda Aafrikat» autorid Hanselka ja Zikmund näitasid veel ühte germaaniumi vähese tootmise põhjust. Vasekaevanduse külastamise ajal Kongos (Katangas) olid nad rajoonis, mis on rikas haruldase mineraali ja germaniidi poolest. Kui ekskursioon lõppes, toimus ajakirjanike juuresolekul järgmine kõnelus:

«Kui palju te saate siit igal aastal germaaniumi?» küsis direktorilt ootamatult professor Noakes . . .

«Üks tonn aastas,» vastas direktor ja lisas kähku, otsekui ennetades uudishimuliku inglase järgmist küsimust: «Olemasolevatest tagavaradest me võiksime toota ka 100 tonni, kuid me ei tee seda sellepärast, et mitte alla kiskuda hindu maailmaturul.» Põhjus ei ole niivõrd germaaniumi geoloogilistes iseärasustes, kuivõrd kapitalistliku konkurentsi olemasolus. Tehnika ei saa küllaldasel hulgal germaaniumi sel lihtsal põhjusel, et kapitalistid takistavad germaaniumi hindade langemist. Kuid praegu ei ole suure nööbi suurune raadiovastuvõtja enam mingisuguseks imeks.

SDV teadlase Manfred Ardenne poolt loodud ravimipill inimese mao ja soolte talitluse uurimiseks ei sisalda mitte ainult tillukest raadiovastuvõtjat, vaid ka mikroskoopilisi seadmeid, mis määravad temperatuuri, maomahla happesuse, mao- ja soolteseinte rõhu. See ravimipill ei ole mitte ainult kõige väiksem aparaat, vaid ka kaasaja raadiotehnika triumf. Selline edu on saavutatud germaaniumi tõttu. Germaaniumi enda avastamine ei olnud suure Mendelejevi ideedele väiksemaks triumfiks.

«HIIREMÜRK»

33. ARSEEN — *Arsenicum* (As)

«Hiire» mürgiks nimetati Vana-Venemaal valget, kerget, jahusarnast, magusavõitu maitsega pulbrit, millega hävitati hiiri, rotte ja teisi närilisi. Kahe sõna kombinatsioonist (vene keeles arseen — *mõšjak*) tulenes aja jooksul üks sõna, millega vene keemikud nimetasid elementi, mille mürgised ühendid olid muistses Kreekas, Hiinas ja teistes maades tuntud kaua aega enne arseeni saamist puhtal kujul. Arseeniühendite tugeva mürgisuse tõttu nimetasid kreeklased arseeni «mehelikuks» ja «tugevaks». Niisugusest kreekakeelsete sõnade tähendusest tulenes arseeni ladinakeelne nimetus ja keemiline sümbol — *arsenicum* (tugev).

Muistsel ajal olid tuntud arseeni kuldkollast värvi (auripigment) ja tumepunast värvi (realgaar) väävliühendid, mida kasutati värvide ja ravivahenditena. I sajandil kirjeldas kreeka arst Dioskorides valge arseeni saamist auripigmendi põletamisel. Vabal kujul sai arseeni 1250. a. saksa alkeemik Albertus Magnus. Kuna alkeemikud kasutasid juba enne Albertus Magnust arseeni looduslikke ühendeid, siis on see väide siiski oletatav.

Mõned alkeemikutest pidasid arseeni metallide üheks koostisosaks. Niisuguse vaate põhjuseks oli fakt, et arseeni väävliühendeid leidus sageli koos teiste metallidega ning vase võime «vääristuda» arseeniga reageerimisel, mille tulemusena moodustusid heledat värvi ühendid. Nähtavasti oli neile tuntud ka ehe arseen.

Arseenil on mitu teisendit, millest kõige tavalisemad ja püsivamad on hall ja metalliline arseen. Viimane nimetus on antud arseenile metallilise läike ja elektrijuhtivuse

(olgugi et nõrga) tõttu. Erinevalt tüüpilistest metallidest on arseen väga habras. Arseeni sulamistemperatuur on keemistemperatuurist kõrgem, mistõttu arseen lendub kuumutamisel sulamata. Arseeni märgatav aurustumine algab 180° C. Edasisel kuumutamisel (õhu puudumisel) moodustab arseen raske gaasi, millel on ebameeldiv küüslaugulõhn.

Normaaltingimustes on arseen väheaktiivne element. Kuumutamisel muutub arseen reaktsioonivõimeliseks, moodustades ühendeid väävli, kloori ja teiste halogeenidega. Hapnikuga moodustab arseen diarseentrioksiidi, mis oma mürgiste omaduste tõttu oli ammust ajast laialt tuntud. See ühend on üheks kõige vanemaks mürgiks.

Arseeniühendite mürgised omadused tõid talle salajaste mõrvarite kõige armastatuma vahendi sünge kuulsuse, alates tavalistest kriminaalkurjategijatest kuni keisrite ja kuningateni. Arseeni abil vabanesid vanglateenistujad sageli «riiklikest» kurjategijatest. Kuigi nähtamatu, kuid küllaltki tähtis osa oli arseenil ka õukondlaste intriigides. Arseen aitas tsaaridel, kuningatel ja keisritel kõrvaldada ohtlikke troonipretendente.

Üheks arseeni kasutamise näiteks mõrvamise eesmärgil, mis muuseas avastati 140 aastat pärast kuritegu, on Napoleon I mürgitamine.

Nagu teada, peeti Prantsuse keisri surma põhjuseks, mis saabus 5. mail 1821. a., ametlikes dokumentides maovähki. Kuid Napoleoni poolt jäetud testamendis on koht, mis tahtmatult sunnib ajaloolasi suhtuma sellesse diagnoosi väga kriitiliselt. Ridades, mis on kirjutatud Napoleoni poolt 15. aprillil 1821. a., sisaldub järgmine mõte: «Ma ei sure loomulikku surma. Mind surmas inglise oligarhia ja tema palgaline mõrvar.»

Peale selle on teada Napoleoni enesetunde ja haiguse kirjeldused pealtnägijate seletuste alusel. Nende andmete kõrvutamine pildiga, mis on iseloomulik maovähile, sundis paljusid arste kahtlema ajaloolistes dokumentides esitatud diagnoosis ning pidama Napoleoni surma põhjuseks arseenimürgitust. Mitte mingisuguseid tõendeid muidugi ei olnud ja mitte keegi ei mõelnud kunagi, et ükskord võib neid leida. Kiirgusanalüüsi edusammud võimaldasid kontrollida arstide kahtlusi.

Kasutades inimese organismi võimet eemaldada arseeni naha kaudu juustesse ja küüntesse, uuris Glasgow' (Šoti-

maa) ülikooli teadlane G. Smith muuseumis seniajani säilinud Napoleoni juukseid aktivatsioonianalüüsil. Juuksed olid lõigatud Napoleoni surmapäeval sõduri — ustava teenija poolt. Analüüsi läbiviimiseks kiiritati juuksesalka neutronite vooga Harwelli (Inglismaa) Aatomiuurimiskeskuse reaktoris ja seejärel uuriti arseeni radioaktiivse isotoobi olemasolu juustes. Arseeni radioaktiivne isotoop pidi tingimata tekkima neutronitega pommitamise tulemusena juhul, kui juuksed sisaldasid arseeni looduslikku (stabiilset) isotoopi.

Kiirgusanalüüsi tulemused näitasid, et arseeni sisaldus uuritavas juukseproovis oli 13 korda suurem sellest arseeni hulgast, mis on normaalselt iga inimese niisamasuguses hulgas juustes.

Kuna arseen ladestub juustes nende kasvuajal, siis oli huvitav määrata arseeni sisaldust Napoleoni juustes erineval juuste pikkusel. Selleks lõigati kõige pikem juuksekarv osadeks ning igaüht analüüsiti eraldi.

Uurimisega tehti kindlaks arseeni ebaühtlane ladestumine piki juukseid, mis tõestas, et Napoleoni mürgitati pidevalt ja süstemaatiliselt. Kiirgusanalüüsi suur tundlikkus võimaldas määrata arseeniannuste perioodilise sattumise organismi kahenädalase täpsusega viimase eluaasta jooksul.

Tõepoolest, tuleb uskuda kohtuarstide aforismi: «Ei ole niisugust kuritegu, mida ei saa avastada!»

Arseeni laialdane kasutamine tarakanide, hiirte ja rottide hävitamiseks tõi talle üldise kuulsuse. Erakordne kättesaadavus (arseeni müüdi mitte ainult apteekides, vaid ka rohu- ja värvipoodides) ja arseeniga mürgituse tõestamatus põhjustasid sageli kuritegelikke mürgitusi. Eriti sagedased olid mürgitused tsaari-Venemaa külades. Mitmesugust liiki loitsimisvahendid sisaldasid väga sageli arseeni. On teada inimeste massilise mürgistuse juhtumeid. Vaskarseniidi sisaldava schweinfurdi rohelisega värvitud küünalde põlemisel moodustub arseniidisuits, mille sissehingamine põhjustab mürgistuse.

Pärast seda kui inglise keemik Marsh töötas välja ja juurutas 1836. a. praktikasse arseeni avastamise tundliku meetodi, esines tahtlikke arseenimürgistusi üha vähem. Arseen jättis liiga nähtavaid jälgi selleks, et teda nagu varem riskita kasutada. Marshi meetodil avastatakse kuni tuhandik milligrammi arseeni. Marshi reaktsiooni tund-

likkuse astet iseloomustab järgmine näide. Kord avastati arseeni kalmistu mullas, kuhu 20 aastat tagasi oli maetud arseeniühendiga mürgistatud inimene.

Arseen on tugev mürk loomadele ja mikroorganismidele. Mõningat liiki hallituse jaoks on aga arseeniühendid materjaliks, mis on vajalikud nende elutegevuseks. See hallitus elab arseeniühendite hapniku arvel, viies neid üle üheks kõige tugevamaks mürgiks anorgaanilises keemias — arsiiniks. Arsiin on ebameeldiva küüslaugulõhnaga ja kõige tugevama mürgisusega gaas. Paljud keemikud on langenud arsiini ohvriks. Arsiiniga töötamisel hukkus näiteks tuntud keemik Gehlen (1815).

Arseen kuulub mürkide hulka, mille aeglasel ja pideval sattumisel organismi tekib immuniteet. On teada juhtumeid, kui tavalised arseeni tarbijad võtsid sisse annuse, mis mitu korda ületab surmava doosi, ja jäid elama. Katsed loomadega näitasid selle harjumuse omapära. Selgus, et loom, kes on harjunud sisse võtma arseeni, hukkub kiiresti, kui tunduvalt väiksem doos viia verre või naha alla.

Arseeni leidub loomorganismides tühisel hulgal. Esmakordselt avastas arseeni esinemise organismides prantsuse teadlane M. Orfila 1838. a. Arseeni funktsioone organismis ei ole välja selgitatud. Võimalik, et ta on arengu stimulaatoriks. Selle kasuks kõnelevad faktid arseeni väikeste dooside tervendavast toimest organismile mõnede haiguste, nagu kehvveresuse, söögiisu kadumise, närvi-, naha- ja teiste haiguste puhul.

Saanud kuulsaks tugeva mürgina, on arseen pälvinud ka suurepärase ravivahendi kuulsuse. Saksa bakterioloogil ja biokeemikul Paul Ehrlichil õnnestus koos jaapani teadlase ja keemikuga S. Hata'ga luua arseeniühendi alusel preparaat, mis võitis raske ja selle ajani ravimatuks peetud haiguse — süüfilise.

Sajandite vältel maksis inimkond lõivu sellele haigusele. Mõned rahvused, eriti need, kes olid madalal kultuurilisel arenguastmel, mandusid ja surid välja süüfilise tõttu.

Pärast kuutsada viit ebaõnnestunud sünteesi saadi kuuesaja kuues arseeniühend, mis, olles peaaegu mürgitu inimese organismile, hävitas süüfilisetekitaja. Õnnestunud sünteesi arvu järgi hakati seda ainet nimetama «606» ehk salvarsaan, mis tähendas: «Elagu arseen!» Selle nimetusega sooviti näidata, et arseen, salajaste mõrvarite armas-

tatuim mürk, muutus teadlaste käes õnnistusrikkaks ravimiks, mis ravib terveks kohutavast haigusest.

Käesoleval ajal on välja töötatud rida arseeni sisaldavaid preparaate mitte ainult süüfilise, vaid ka inimese ja loomade teiste raskete haiguste (taastuva tüüfuse, unehaiguse jt.) ravimiseks. Arseeniühendeid kasutatakse hambaravipraktikas närvide suretamiseks.

Esimese maailmasõja ajal «leiutati» hulgaliselt mitmesuguseid mürkaineid, mille hulgas olid tähtsal kohal niinimetatud ärritavad arseenimürgid. Erinevalt salajastest mõrvaritest, kes tegutsesid anonüümselt, püüdsid mõrvarid, mürkainete «leiutajad», jäädvustada oma nimesid nende poolt leiutatud mürkide nimetustes. Niisuguseks on näiteks adamsiit, millel on ameerika keemiku Adamsi nimi, ja ljuisiit, mis on oma nime saanud ameerika koloneli Lewis'i nime järgi. Seda mürkainet õnneks ei kasutatud. Ta «leiutati» sõja lõpul ning oma kohutava mürgisuse tõttu nimetati «surmakasteks».

Arseeniühendeid kasutatakse laialdaselt klaasi, portselani ja fajansi tootmisel, nahkade ja karusnahkade töötlemisel. Põllumajanduses kasutatakse arseeniühendeid võitluses põllumajanduskultuuride kahjurite vastu.

«KUUELEMENT»

34. SELEEN — *Selenium* (Se)

Kreekakeelne sõna *selēnē* tähendab kuu. Oma nimetuse sai seleen seetõttu, et ta on nagu Kuu, mis saadab Maad tema lõputul teekonnal universumis, alati koos teise keemilise elemendi telluuriga, mida nimetati nii Maa auks (*tellus* — maa). Rootsi keemik Berzelius avastas 1817. a. seleeni ja pani talle ka nime.

... Puuriti nafta puurauku. 1200 m sügavusest puuraugust purskus välja võimas veejuga. Tormiline veejuga sööstis ojasse, ojast sügavasse kuristikku ja sealt edasi väikesesse jõkke, mille kaldal kasvas mahlakas rohi. Lehmad sõid seda rohtu ja mõne aja pärast muutus lehmade seisund halvaks. Sarved deformeerusid, karv hakkas välja langema, tekkis nohu, sõrad pehmenesid ja muutusid vormituteks. Loomaarstid nägid niisugust imelikku haiguspilti esmakordselt ning laiutasid seetõttu abitult käsi. Keemikud tulid appi. Rohu ja pinnase hoolikas uurimine näitas, et see sisaldab vähesel hulgal seleeni. Kust sattus seleen pinnasesse? Kõik teed viisid vee juurde. Selgus, et seleeniühendeid oli jõevees, kuhu nad nähtavasti sattusid koos puurauguveega. Tekkis veel teine küsimus. Kas seleen ei ole süüdi õnnetuses, mis juhtus lehmadega? Vastus oli jaatav.

Seleen on tugev mürk, mis mõjub organismile nagu arseengi. Seleenimürgistuse puhul ilmub peavalu, pikaleveniv nohu, lööve, juuste väljalangemine, küünte pehmenemine jne. Üks professionaalsetest haigustest, millesse haigestuvad seleeni ühenditega töötavad keemikud, sai spetsiaalse nimetuse — «seleeninohu». Organismi kroonilisel

mürgitamisel seleeniga tekib vastik ja raskelt talutav seleenvesiniku lõhn.

Puhtal kujul on seleen tahke, hall, metallilise läikega aine. Seleenil on mitu modifikatsiooni. Normaaltingimustes on seleen püsiv ja keemilistelt omadustelt sarnane väävliga. Seleen reageerib näiteks energiliselt fluori ja klooriga, kuumutamisel ka hapnikuga. Erinevalt väävlist juhib seleeni «metalliline» vorm (kuigi nõrgalt) elektrivoolu. Seejuures sõltub elektrijuhtivus valgustustugevusest. Seleeni seda omadust kasutatakse elektri- ja raadiotehnikas. Hulgaliselt kulub seleeni vahelduvvoolualaldite valmistamiseks. Seleeni kasutatakse kautšuki vulkaniseerimisel ja klaasitööstuses raua sooladega värvitud klaasi värvituks muutmiseks. Seleeni on vaja ka fototööstuses, füüsikas ja astronoomias täpsete aparaatide ehitamisel.

Loodus on seleeni poolest suhteliselt vaene. Maakoores on seleeni alla sajatuhandiku protsendi. Seleeni sisaldavaid mineraale looduses peaaegu ei esine. Mineraal seleniit, mille nimetus sarnaneb seleenile, ei oma seleeniga mitte midagi ühist. Seleniidis ei ole seleeni. Seleniit on kips, täpsemini, ta on kipsi teisend. Kuid nagu teada, koosneb kips kaltsiumist, väävlist, hapnikust ja veest.

Seleeni saamise põhiliseks allikaks on väävelhappe tootmisjäägid ja setted, mis tekivad vase elektrolüütilisel puhastamisel. Kogu maailma seleenitoodang ei ületa sada tonni aastas.



FOTOKUNSTI ELEMENT

35. BROOM — *Bromum* (Br)

Närvihäirete all kannatava inimese kohta öeldakse: «Ta joob broomi» või «Arstid kirjutasid talle broomi». Seda on võimatu uskuda. Broomi ei tohi juua. Puhtal kujul on broom väga mürgine, tumepunane, peaaegu pruun, raske vedelik (tihedus 3,1), mis isegi toatemperatuuril aurustub kiiresti. Broomiaurud on oranžpruuni värvusega, spetsiifilise, lämmatavalt terava lõhnaga, mis tugevalt ärritab limaskesta. Lõhna tõttu sai broom ka oma nimetuse kreekakeelsest sõnast *bromos*, mis tähendab hais, lehk, lehkav. Broomiaurude tühine hulk õhus põhjustab inimesel rasket mürgistust. Seepärast ei «jooda» ega «kirjutata välja» broomi, nagu tavaliselt igapäevases elus räägitakse. Haigele kirjutatakse välja väikesed doosid broomi sooli — naatriumbromiidi või harvemini kaaliumbromiidi, millel on rahustav toime kergesti ärrituvale närvisüsteemile.

Broom on väga aktiivne element, mis on võimeline vahetult ühinema paljude metallidega. Looduses esineb broomi ainult ühenditena. Broom ei moodusta mitte kunagi suuri soolakihte või -lademeid.

Igaüks meist on kasutanud broomiühendeid, ilma et ta ise seda aimaks. Broomiühenditeta ei ole võimalik saada ju mitte ühtegi fotot. Fotoplaadid, filmid ja fotopaber on kaetud õhukese želatiini ja hõbebromiidi kihiga. See ühend on suure valgustundlikkusega. Valgustamisel laguneb hõbebromiid suuremal või vähemal määral, sõltuvalt fotografeeritava objekti valgustusastmest, broomiks ja hõbedaks. Filmi ilmutamisel saadakse negatiiv, mille abil kopeeritakse fotopaberile eseme täpne koopia. Hõbebromiidita on raske ette kujutada kino, rea täppisteaduste eksisteerimist jne. Fotograafia abil õpib inimene tundma loodust. Kuu vastaskülje fotod võib esitada näitena hõbebromiidi kasutamise kohta kosmose uurimisel.

Broom avastati 1826. a. Montpellier' linna kolledži noore õpetaja Balard'i poolt. Balard'i avastus tegi ta nime kuulsaks kogu maailmas. Tuntud saksa keemik J. Liebig ütles sel puhul: «Balard ei avastanud broomi, vaid broom avastas Balard'i.»

Broom kuulub pisaraid esilekutsuvate mürkainete koostisse, mida laialdaselt kasutati Esimese maailmasõja ajal. Praegu kasutab politsei Ameerika Ühendriikides ja teistes kapitalistlikes maades broomisisaldavaid aineid tööliste demonstratsioonide laialiajamiseks ja võitluses streikivate tööliste vastu.

Broomiühendite põhiliseks allikaks on soolajärvede vesi. Broomi toodetakse mereveest pärast vee kondenseerimist aurutamise teel madalates basseinides.

VARJATUD GAAS

36. KRÜPTOON — *Krypton* (Kr)

Pärast argooni (1894. a.) ja heeliumi (1895. a.) avastamist piisas D. I. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi vaatamisest, et leida kinnitust teiste analoogiliste gaaside olemasolu kohta looduses. Argooni üks avastajaid Ramsay kirjutas: «... neid tuleb tingimata leida atmosfääris, kui vähesel hulgal neid ka ei oleks.» Nende gaaside leidmiseks kulus palju aastaid. 1898. a. eraldati õhust gaas neoon, seejärel eraldati ka teine inertne gaas, mida nimetati tema vaevarikka leidmise ja eraldamise tõttu krüptooniks (kreeka keeles *kryptos* — varjatud). Kuivõrd raske oli teda avastada, võib otsustada selle järgi, et ühes kuupmeetris õhus on kõigest üks milliliiter krüptooni. See on vähem sõrmkübara ruumalast. Selle gaasi esimeste portsjonite eraldamisel oli «tooraineks» sada kuupsentimeetrit vedelat õhku. Samal aastal õpiti saama vedelat õhku suurtes kogustes, mis kindlustas Ramsayle, kes leidis krüptooni, edu.

Spektroskoopiline uurimine kinnitas arvamust uue elemendi kohta. «Varjatud» gaasil olid spektris niisugused jooned, mida ei andnud mitte ükski tol ajal tuntud aine.

Kaasaegne tehnika võimaldab krüptooni saada õhust suurtes kogustes, ning on alust oletada, et krüptoon asendab varsti elektrilampides argooni. Krüptooniga täidetud lambid on ökonoomsemad. Sama energiakulu puhul annavad nad rohkem valgust, taluvad paremini ülekoormust ja on tunduvalt vastupidavamad tavalistest, lämmastiku ja argooni seguga täidetud lampidest. See seletub sellega, et krüptooni «massiivsed» väheliikuvad molekulid aeglus-

tavad hõõgniidilt soojuse edasiandmist lambiklaasile ja vähendavad aine aatomite aurustumist hõõgniidi pinnalt.

On teada krüptooni kuus stabiilset isotoopi. Looduslikus segus on kõige rohkem (56,9%) isotoopi massiarvuga 84. Suurest arvust (umbes kakskümmend) kunstlikult saadud radioaktiivsetest isotoopidest kasutatakse praktiliselt isotoopi massiarvuga 85.

Krüptooni radioaktiivset isotoopi krüptoon-85, mis kiirgab intensiivselt beetakiiri, kasutatakse spetsiaalsete lampide täitmiseks, milles radioaktiivne kiirgusenergia muudetakse nähtavaks valguseks. Niisugused lambid koosnevad klaasballoonist, mille siseseinad on kaetud fosforestseeruva ainega. Sattudes fosforestseeruvale ainele, kutsuvad krüptoon-85 beetakiired esile helenduse, mis on 450—500 meetri kaugusele hästi nähtav.

Kolme meetri kaugusel lambist võib täiesti vabalt lugeda ajalehte. Lambid on pika elueaga (krüptoon-85 poolestusaeg on 8,5 aastat), töötavad sõltumata vooluallikast ja välistingimustest.

Krüptoon-85 kasutatakse ka meditsiinis. Suur tähtsus rea haiguste diagnoosimisel on vere hulga määramisel, mis voolab ühe ajaühiku jooksul läbi mitmesuguste organite (aju, neerud jne.). Selle ülesande lahendamisel kasutatakse krüptoon-85. See viiakse organismi kopsude kaudu õhuga, millele on lisatud teatud hulk krüptooni. Vastava organi või selle osa gaasiga küllastumise kiiruse järgi, mis tehakse kindlaks radiomeetrilise aparatuuri abil, otsustatakse vereringe seisundi üle nendes organites.

Pärast krüptooni sissehingamise katkestamist eraldub viimane kiiresti organismist, avaldamata oma radioaktiivsusega vähimatki toimet organismile.

«Pealetung» krüptooni püsivusele, tegevusetusele ja keemilisele inertsusele algas kohe pärast seda, kui 1962. a. saadi üle kahekümne mitmesuguse ksenooniühendi fluori ja hapnikuga ning keemikud võisid õigustatult öelda: «Inertsed gaasid ei ole inertsed!»

Ultraviolettkiirguse toimel vedela krüptooni ja fluori segule või elektrilahendusel samas segus saadi vastavalt krüptoondifluoriid ja krüptoontetrafluoriid.

TUMEPUNANE HELLIK

37. RUBIIDIUM — *Rubidium* (Rb)

Seda pehmet, kergesti sulavat (sulab temperatuuril 39° C) metalli ei nimetata tumepunaseks tema enda värvuse pärast. Olles omadustelt väga sarnane kaaliumiga, on ta metallilise läikega hõbehall metall. Oma nimetuse sai rubiidium punaste joonte järgi spektris, mille kaudu ta avastati 1861. a. saksa keemiku R. Bunseni ja füüsiku G. Kirchhoffi poolt. Rubiidiumiühendeid leidub alati koos kaaliumi ja naatriumiga. Ühtedel juhtudel on neid suhteliselt palju, kuni 0,1%, teistel aga tunduvalt vähem. Rubiidiumiühendite poolest on kõige rikkamad mõnede mineraalallikate vesi ning mõned vulkaanilise päritoluga mineraalid (lepidoliit, liitiumvilk). Rubiidium moodustab 0,004% maakoore aatomite üldarvust.

Üksikud taimeliigid võtavad rubiidiumiühendeid mullast valikuliselt. Niisuguste taimede hulka kuuluvad mõned peedid. Rubiidiumi on ka viinamarjamahlas (liitri kohta 0,5 kuni 1,0 mg).

Rubiidium on metall, mida võib nimetada keemiliselt väga tundlikuks metalliks. Õhuga kokkupuutumisel süttib ta spontaanselt põlema ning põleb ereda roosakasvioletse leegiga. Veega plahvatab, niisama tormiliselt reageerib kokkupuutel fluori, kloori, broomi, joodi ja väävliga. Rubiidiumi tuleb hoida nagu tõelist hellikut välismõjude eest. Selleks asetatakse rubiidium nõudesse, mis on täidetud kuiva petrooleumiga. Rubiidium on petrooleumist raskem (rubiidiumi tihedus on 1,5) ning ta ei reageeri viimasega.

Rubiidium on radioaktiivne element. Ta kiirgab aeglaselt elektrone, muutudes strontsiumiks.

Rubiidiumi kõige märkimisväärsemaks omaduseks on tema omapärane valgustundlikkus. Valguskiirte mõjul muutub rubiidium elektrivoolu allikaks. Valguskiirguse katkemisel kaob ka vool. Elektrivoolu tekkimist valguse toimel nimetatakse fotoefektiks. Elektrivoolu, mis tekib fotoefekti puhul, nimetatakse fotovooluks. Rubiidiumi fotoelektrilised omadused võimaldavad kasutada teda elektriliste aparaatide — fotoelementide valmistamiseks, kus valgusenergia muudetakse otseselt elektrienergiaks. Fotoelemente kasutatakse laialt käesoleval ajal helikinos, televisioonis, keerukate tootmisprotsesside automatiseerimisel, agregaatide ja masinate töö kaugjuhtimisel, eriti aatomitehnikas.

Kloori, broomi ja joodi sooladena kasutatakse rubiidiumi meditsiinis valuvaigistavate ja rahustavate vahenditena.

METALL, MILLES PEITUB OHT INIMKONNA SAATUSELE

38. STRONTSIUM — *Strontium* (Sr)

1787. a. avastati Šotimaal Strontiani küla lähedal seniajani tundmata mineraal, mida nimetati leiukoha järgi strontsianiidiks.

Strontsianiidi vastu tundis huvi inglise uurija A. Crawford. Uurides strontsianiidi keemilisi omadusi, oletas Crawford, et strontsianiidis on uus, veel tundmata «muld». Ka saksa keemik Klaproth kinnitas strontsianiidis «strontsianiitmulla» olemasolu.

Mineraal barüüti uurides tuli vene keemik T. E. Lovits, sõltumata eespoolmainitud uurijatest, järeldusele, et barüüdis on peale baariumoksiidi lisandina ka «strontsianiitmulda». Olles erakordselt ettevaatlik oma järeldustes ja nähes, et ta seisab uue keemilise elemendi, õigemini selle hapnikuühendi avastamise lävel, ei söandanud Lovits avaldada oma avastust enne katsete teistkordse kontrollimise lõpetamist, mis nõudis suuremat hulka «strontsianiitmulda», kui tal varem oli. Kui Lovitsi uurimised olid vormistatud avaldamiseks artiklis nimetuse all «Strontsiaanmulla kohta raskepaos», tutvus ta välismaalt saadud keemiaalastes ajakirjades Klaprothi uurimistega, mis langesid täpselt kokku tema poolt saadud tulemustega. Oma artiklis kirjutas Lovits: «Mul jäi üle ainult kontrollida Klaprothi avastust... strontsiaanmulla suurepärane omadus — värvida piirituslambi leek karmiinpunaseks, ja tõepoolest ka minu soolal... oli täiel määral see omadus.»

Sel viisil tõestas Lovits, täiesti sõltumata Klaprothist ja inglise keemikust T. Hope'ist, kes tõestas 1792. a.

strontsianiidis uue metalli olemasolu, samal aastal selle metalli olemasolu uues mineraalis, mida praegu nimetatakse tselestiiniks. Vabas olekus eraldati uus metall 1808. a. H. Davy poolt ja strontsianiidi nime järgi, kus esmakordselt avastati selle metalli «muld» — metalli hapnikuühend, nimetati strontsiumiks.

Vabas olekus on strontsium hõbedaselt läikiv, kerge (2,6), küllalt pehme metall, mis sulab temperatuuril üle 750° C. Lenduvate strontsiumiühendite võime anda leegile ere karmiinpunane värvus määras strontsiumi praktilise kasutamise pürotehnikas.

Venemaal kasutati strontsiumiühendeid laialdaselt enne nende eraldamist puhtal kujul pürotehnilistes segudes juba Peeter I ja Katariina II ajal «ilutulede» saamiseks. Nendeta ei möödunud mitte ükski arvukatest pidustustest, millega Katariina II eriti armastas kaunistada oma valitsemist.

Strontsiumiühendid olid sajandeid leegi värvaineks. Strontsiumisooladega veripunaseks värvitud leeki nägid paljud inimesed. Korduvalt läksid arvututes sõdades signaalrakettide punase valguse all, mis lõhestasid öist pimedust, sõdurid rünnakule, rutates vastu surmale, vigastustele või võidule. Korduvalt tuli meremeestel punase raketi kauge valguse peale rutata appi merehädalistele, kes värvide keeles palusid abi. Korduvalt on palju inimesi lapselikult ja lihtsameelselt vaimustudes ning hüüatusi jagades imetlenud punaseid «strontsiumitulesid», mis süttisid sügavsinises öises taevas tähtsate sündmuste, aastapäevade, üldrahvalike pidupäevade ning muude pidustuste puhul.

Akadeemik A. J. Fersman ei nimetanud juhuslikult oma raamatus «Huvitav geokeemia» strontsiumi «punaste tulede metalliks». Tõepoolest, kaua aega oli rakettide leegi värvimine võib-olla ainukeseks strontsiumi ja selle ühendite praktiliseks kasutamisalaks.

Aatomienergia saaduste avastamine avab strontsiumi mõnede kunstlike radioaktiivsete isotoopide praktiliseks kasutamiseks avara perspektiivi.

Paljutõotav selles suhtes on strontsiumi radioaktiivse isotoobi kasutamine aatomipatareide tootmisel kosmiliste rakettide ja Maa kunstlike kaaslaste jaoks. Aatomielektripatareide töötamise aluseks on radioaktiivse strontsiumi võime kiirata suure energiaga elektrone. Radioaktiivse

strontsiumi elemendid, mis on koondatud tikukarbi suurusesse patareisse, on võimelised andma energiat paljude aastate kestel (15—25 aastat).

Aatomipatareid radioaktiivse strontsiumi alusel leiavad kahtlemata kasutamist telefonides, raadioaparatuuris jne. Austria kellassepad kasutavad näiteks strontsiumpatareisid edukalt elektrikellade häireteta töö tagamiseks.

Axel Heibergi saarel (Kanadas) kasutatakse strontsiumi radioaktiivset isotoopi automaatmeteoroloogiajaama töötamisel. Selles jaamas on energiaallikaks 0,4 kg strontsiumi radioaktiivset isotoopi (strontsium-90 poolestusaeg on 28 aastat, kiirgab beetakiiri), mis on asetatud spetsiaalsesse pliist ekraaniga kaitstud kolmekihilisse sulamisse. Strontsiumi radioaktiivsel lagunemisel moodustuv soojus muundub termopaaride abil elektrienergiaks. Energia akumuleerub patareides, mis varustavad seadmeid temperatuuri, õhurõhu, tuule kiiruse ja suuna mõõtmiseks. Saadud andmed fikseeritakse eriseadeldise abil ja antakse edasi raadio teel kahe transistorsaatejaama abil kaugemale kui 1500 km. Kogu aparatuur on monteeritud 2,5 m kõrgusse ja 0,65 m diameetriga terassilindrisse, mille üldkaal on üks tonn. On arvestatud, et aatomimeteoroloogiline jaam töötab teenindamata kaks-kolm aastat.

Peale tuumareaktorite, kus strontsium-90[1] radioaktiivne isotoop moodustub koos teiste radioaktiivsete isotoopidega, saadakse teda ka aatomipommide ja tooriumi, uraani või mõne selle isotoopi sisaldava seadeldise plahvatusel. Seega varjab radioaktiivne isotoop strontsium-90 väga reaalset hädaohtu kogu inimkonna elule ja tervisele.

Kõik teavad, et Ameerika Ühendriigid teostasid aastast aastasse süstemaatiliselt mitmesuguste aatomiseadeldiste plahvatusi, vaatamata NSV Liidu arvukatele ettepanekutele eksperimentaalsete plahvatuste kohese ja täieliku keelustamise kohta. Kõikidele ei ole aga selge selle ohu suurus, mida toovad kaasa plahvatused maakera elanikkonnale. Paljud arvavad, et aatomiplahvatuste muinasjutuline võimsus on tingitud samadest faktoritest, mis toimivad ka tavaliste pommiplahvatuste puhul, ning erinevus

[1] Praegu on teada strontsiumi 15 radioaktiivset isotoopi massiarvuga 81—97, kuid eksisteerimise kestus, välja arvatud strontsium-90, on neil väike, ja poolestusaeg kõigub ühe kümnendiku minuti ja 65 päeva vahel.

on ainult selles, et aatomiseadiste purustavate faktorite mõju levib kümneid ja sadu miljoneid kordi suuremal pindalal. Teiste sõnadega, erinevus taandub ainult hulgaefektile, mis on kohutav sõja puhul. Katseplahvatused, mida viiakse läbi asustatud kohtadest kaugel, kõrbetes, nagu seda teevad Prantsuse armee kindralid, või Vaikse ookeani saartel, nagu seda praktiseerivad Pentagoni sõjalised spetsialistid, ei ähvardavat millegagi inimesi.

Esimesel pilgul näib niisugune arutlus õigena. Mitmesuguste seadeldiste plahvatusenergia kõrvutamisel, mis on ümber arvutatud kõige võimsama lõhkeaine, trotüüli kaalulisele hulgale, kerkib see kõige eredamalt esile, mida võib näitlikult esitada järgmises tabelis.

Purustava seadeldise liik	Plahvatusenergia, mis on arvutatud trotüüli hulgale tonnides
Teise maailmasõja pommid, mis olid laetud trotüüliga . .	2—3
Nagasakile heidetud aatomipomm	20 000
Kõikide Teises maailmasõjas (1941—1945. a.) kasutatud relvaliikide summaarne plahvatusefekt	5 000 000 (ületab plahvatused, mis leidsid aset kõikides varemolnud sõdades)
Aatomiseadeldis, mis lasti õhku Ameerika Ühendriikide poolt 1954. a. Bikini atollis (Vaikne ookean)	15 000 000

Nagu näeme tabelist ületab kaasaja aatomiseadeldise üks katseplahvatus purustava toime suuruselt kõik plahvatused, mis on pandud toime inimkonna ajaloos olnud kõikide sõdade ajal. Kuid aatomiseadeldise ja lõhkeainega laetud, niiöelda, tavalist liiki seadeldise erinevuse olemus ei seisne ainult eralduva energia hulgas, vaid ka selle omadustes. Erinevalt kõikidest inimkonna ajaloos kasutatavatest lõhkeseadmetest tekitab aatomiseadeldis plahvatuse, mis peale tavaliste, purustava toimega faktorite — lööklaine, lendavate kildude, soojus- ja valguskiirguse — on radioaktiivse kiirguse ja mitmesuguste radioaktiivsete ainete võimsaks allikaks.

Olles tuumareaktsioonide resultaadiks, kaasneb aatomiseadme plahvatusega suure hulga radioaktiivsete produktide moodustumine. Üldse tekib umbes sada radioaktiivset

isotoopi, mis vastavad D. I. Mendelejevi tabeli keskel olevatele keemilistele elementidele järjenumbriga (aatominumbriga) 30 kuni 63. Nende radioaktiivsete isotoopide poolestusaeg (eksisteerimise kestus) on väga erinev ja kõigub mõnest sekundist kuni kümnete, tuhandete ja isegi miljardite aastateni[1]. Koos sellega muudab neutronite voog, mis toimib ümbritsevate ainete tavalistele aatomitele, viimased radioaktiivseteks. Tekib niinimetatud kunstlik radioaktiivsus. Nii näiteks maakoore alus — räni, mis kuulub arvukate kivimite ja mineraalide koostisse ning on savi ja liiva vajalik koostisosa, muutub radioaktiivseks isotoobiks räni-31 poolestusajaga 2 tundi 36 minutit. Kaltsium, mida loomad kasutavad skelettide ja kodade ehitamiseks, ning mis on kriidi, marmori, lubjakivide koostisosaks, muutub neutronite voo mõjul radioaktiivseks kaltsium-45, millel poolestusaeg on peaaegu pool aastat. Atmosfäärilämmastik läheb neutronite toimel üle radioaktiivseks süsinik-14 jne.

Maapealse plahvatuse korral, olenevalt selle jõust, kaevub maapinnast välja 10 kuni 100 miljonit tonni mulda, millest suurem osa koos teiste radioaktiivsete produktidega tõuseb atmosfääri 8—15 km kõrgusesse.

Kõrge plahvatustemperatuur (mitusada tuhat kuni miljon kraadi) põhjustab suure hulga atmosfääri heidetud ainete ülemineku gaasilisse olekusse. Kuid ükskõik kui kõrgele atmosfääri ka ei oleks tõusnud radioaktiivsed produktid, hakkavad nad pärast jahtumist kondenseeruma ning sadenema maakera pinnale. Maakera täiskülvamises radioaktiivsete ainetega peitubki katseplahvatuste kõige peamine ja suurim oht.

On kokku arvutatud, et esimese minuti lõpul pärast plahvatust ulatub atmosfääri tõusnud plahvatusproduktide pilve radioaktiivsus uskumatu suuruseni, mis võrdub sadade miljardite (!) raadiumi kilogrammidega (kogu maa peal on saadud veidi üle ühe kilogrammi raadiumi). Plahvatuspilve radioaktiivsus langeb kiiresti lühikese eluea ga isotoopide kadumise arvel, kuid ikkagi jääb ka 10 aastat pärast plahvatust radioaktiivsus väga suureks ja vastab vähemalt viie tonni raadiumi radioaktiivsusele. See

[1] Peale strontsium-90 on nende hulgas kõige suurema praktilise tähtsusega tseesium-137 (järjenumber 55) poolestusaeg 33 aastat ja rubiidium-87 (järjenumber 37) poolestusaeg 6,1 · 1010 aastat.

radioaktiivsus langeb põhiliselt aatomiplahvatuste pika eluea produktide, sealhulgas peamiselt strontsium-90 arvele.

Millega ähvardab inimkonda maapinna radioaktiivsuse suurenemine? Milles seisneb katseplahvatuste ohtlikkus?

See ohtlikkus seisneb põhiliselt organismisisese radiatsiooniastme suurenemises radioaktiivsete plahvatusproduktide, peamiselt radioaktiivse strontsiumi organismi sattumise tagajärjel. Radioaktiivne isotoop ei erine ülejäänus tavalistest elementidest. Moodustumisel lülituvad nad ainete üldisesse ringkäiku looduses ja mõned neist, sealhulgas ka strontsium, satuvad kiiresti elusorganismidesse. Erandiks ei ole siin ka inimene.

Strontsiumi radioaktiivne isotoop satub inimese organismi taimede kaudu. Söönud radioaktiivset strontsiumi sisaldavat rohtu, omastab koduloom selle.

Rea omaduste poolest on strontsium väga sarnane kaltsiumiga, mis võtab inimese ja loomade organismis osa mitte ainult skeleti ehitamisest, vaid mida leidub ka veres ja suurel hulgal piima koostises. Piima ja osalt ka lihaga satub strontsium-90 inimese organismi. Niisugune on strontsiumi kõige pikem tee maismaal.

Umbes samasuguse tee sooritab veekogude pinnale langenud strontsium. Siin neelatakse ta aktiivselt planktoni poolt. Planktoni kaudu satub strontsium veeloomade ja eriti kalade organismi. Söödavate kalade liha, kalamarja ja maksaga satub strontsium inimese organismi.

Tuleb märkida, et strontsium-90 sisaldavate produktide igasugune kulinaarne töötlemine ei vähenda tema aktiivsust.

On võimalik ka teine, lühem tee strontsiumi sattumiseks inimese organismi. Taim — inimene, kui strontsium-90 satub inimese organismi otseselt puu- ja juurviljade ning teiste taimsete produktide toiduks kasutamisel.

Strontsium asub inimese organismis peamiselt luustikus, kuhu satub ka radioaktiivne strontsium. Rinnaga toitvatel naistel satub osa strontsiumi koos kaltsiumiga piima, sealt aga lapse organismi. Tuleb märkida, et lapse noor, kasvav organism on palju tundlikum isegi väga väikese radiatsiooni toime suhtes.

Nii toimub strontsiumi radioaktiivse isotoobi ladestumine inimese organismis. Kui aatomiplahvatusseadmete katsetamist ei katkestata, tõuseb siseradiatsiooni tase

pidevalt, organismi loomulik kohanemine radioaktiivse kiirguse toime suhtes ületatakse ning organismis ilmnevad suurenenud radiatsiooni tõttu haiguslikud nähud.

Olemasolevate andmete alusel, mis saadi katsetamisel loomadega, võivad väikeste radiatsiooni annuste pideva toime tagajärjed avalduda eluea lühenemises ja enneaegses vananemises, luude halvaloomulistesse kasvajatesse ja valgeveresusse (leukeemiasse) haigestumiste suurenemises, nakkushaiguste arvulises suurenemises, mitmesugustes närvihäiretes ja lõpuks, vahest kõige kohutavamas, mitmesugustes järeltulijate vigastustes.

Uurimistega loomadel tehti kindlaks, et enneaegne vananemine on põhiliselt võrdeline radioaktiivse annuse mõjuga ning järelikult ka organismi sattuva radioaktiivse strontsiumi hulgaga.

Radioaktiivse strontsiumi ladestumine skeletis, mis mõnede teadlaste arvestuste järgi andis juba 1957. a. 10 korda suurema kiirgusannuse beetakiirtena, kui annus, mida annab skeletis sisalduva raadiumi looduslik kiirgus, põhjustab raskeid haigusi — luuvähki ja leukeemiat.

Lähtudes statistilistest andmetest Hirošima ja Nagasaki ümbruse elanike valgeveresusse haigestumise kohta, tegi ÜRO teaduslik komitee kiirguse alal kindlaks, et kui aatomilõhkeseadmete katsetusi jätkatakse sama tempoga, mis 1954.—1957. a., siis järgmise sajandi algul haigestub igal aastal luuvähki 40 000 ja leukeemiasse 200 000 inimest.

Nakkushaigustesse haigestumise sagenemine kiirgusfooni suurenemisel on tingitud sellest, et kiirgusannuse suurenemine vähendab järsult organismi võimet toota kaitseaineid (antikehi), mis desinfitseerivad mikroobide poolt eritatavaid mürke, ja põhjustab erilise valgu lagunemist, millel on tähtis osa loomulikus immuunsuses haiguste suhtes. Koos sellega nõrgeneb vere omadus hävitada mikroobe ning väheneb leukotsüütide võime neelata mikroobe (fagotsütoos). Teisest küljest kutsub radioaktiivse kiirguse mõju viirustele ja mikroorganismidele esile nende omaduste järsu, niinimetatud mutatsioonilise[1] muutumise, mis võib põhjustada uute haiguslike iseärasuste ja isegi vormide ilmnemist. Muuseas, on alust arvata, et

[1] Mutatsioon — (ladina keeles «mutatio» — muutus, teisumine) järsu kõrvalekalde või uue tunnuse, organismi omaduse tekkimine elutingimuste muutuste mõjul.

gripiepideemia, mis haaras 1957. a. augustis-oktoobris peaaegu kogu maailma (panteemia), tekkis aatomirelva katseplahvatuste neutroonse kiirguse mõjul ilmunud uute gripiviiruste vormide tagajärjel.

Erilist mõju avaldab nii sisese kui ka välise radiatsioonifooni suurenemine inimese paljunemisvõimele. Katsetes loomadega on kindlaks tehtud radiatsiooni hävitav mõju järglasi tootvate rakkude sisestruktuurile. Radiatsiooni poolt esilekutsutud pärilikke tunnuseid kandvate rakutuuma kehakeste (kromosoomide) kõige väiksemad kahjustused põhjustavad järske kõrvalekaldumisi normist (mutatsioone), mis pärilikult avalduvad mitmesuguste häiretena organismi talitluses (psüühiline ebanormaalsus, hemofiilia, albinism, skisofreenia jt.) või anatoomiliste ebanormaalsustena (mitmesugused ebardid).

Käesoleval ajal on tõestatud, et mutatsioonide tekkimise sagedus on võrdeline üldise kiirguse doosiga. Organismi pärilike vigastuste arvu kasvu statistiline uurimine näitab, et juhul, kui aatomiplahvatusi jätkatakse samasuguse tempoga, nagu neid viidi läbi 1954. a.—1957. a., siis järgmise sajandi algul sünnib üle 95 tuhande lapse, kellel on rasked pärilikud kahjustused, nagu ebardlus, puudulikult arenenud mõistus jne.

1957. a. juulis toimus Kanadas, Uus-Šotimaal, Pugwashi linnas sõltumatute teadlaste konverents, et arutada ohtlikkust, mis ähvardab inimkonda aatomirelva katsetuste jätkamise korral. Konverentsi tööst võttis osa 25 väljapaistvat teadlast 10 suuremast riigist maailmas.

Konverentsil arutati igakülgselt hädaohu suurust Maa järjest suureneva saastamise tõttu aatomiplahvatuste radioaktiivsete produktidega ja eriti radioaktiivse strontsiumiga. Teadlaste konverents rõhutas eriti, et Ameerika Ühendriikide poolt läbiviidavad süstemaatilised aatomirelvakatsetused põhjustavad lähima kümne aasta jooksul üle 100 000 haigestumise luuvähki, leukeemiasse ning niisama palju organismi raskeid pärilikke kahjustusi.

Niisugune on ohu hind, mida peidab endas kahjutu metalli üks radioaktiivseid isotoope. Värvides leegi signaalvärvi, ta nagu hoiatas oma aatomite põues peituva ohu eest.

Katseplahvatuste lõpetamise eest võitleb visalt Nõukogude Liit, kes seisab progressiivse ja aruka inimkonna eesotsas, ja kelle jaoks teadlase soov: «meie kohus on

ennekõike veel sündimatute suhtes», ei ole ainult ilusaks fraasiks. Selle tulemusena saavutati kokkulepe tuumarelvakatsetuste keelustamise kohta kolmes keskkonnas (vees, atmosfääris ja maapinnal) ning kirjutati alla Moskva lepingule, millega ühinesid peaaegu kõik riigid. Saavutati kokkulepe kosmilisse ruumi tuumalaengutega seadmete mittesaatmise kohta. Kuid see on ainult esimene samm kõikide katsetuste ja aatomirelva enda keelustamise kohta.

METALL, MIS ÄHVARDAB OOKEANIDE RAHVASTIKKU

39. ÜTRIUM — *Yttrium* (Y)

Rootsi armee leitnant, keemik ja kirglik kollektsionäärmineraloog Karl Arrhenius otsustas veeta 1787. a. juulikuu väikeses külas Ytterbys Stokholmi lähedal. Vana mahajäetud karjäär Ytterby ümbruses oli Arrheniuse mineraloogiliste uurimiste kohaks. Puhkus ei möödunud kasutult. Vanast karjäärist leidis Karl Arrhenius seniajani tundmata uue mineraali. See oli raske must kivi, mis väliselt meenutas asfalti või kivisütt.

Rõõmuga, mida tunnevad ainult geoloogid-uurijad, tõelised jahimehed ja amatöör-kollektsionäärid, vaatles leitnant Arrhenius päikesekiirtes tuhmilt helkivat musta kivi. Sel ajal ta muidugi ei osanud oletada, et tema käes on mineraal, mis on keemias kõige huvitavamate haruldaste muldelementide ajaloo aluseks.

Tundes suurt rõõmu, sattus Arrhenius uuele mineraalile nime otsides segadusse. Lõpuks nimetas ta mineraali küla auks, mille nime ei ole kerge leida isegi suurtelt geograafilistelt kaartidelt, üterbiidiks. Üterbiit oli tähtsal kohal Karl Arrheniuse kollektsioonis.

Seitse aastat hiljem sattus üterbiidi proov tuntud soome keemiku Johann Gadolini kätte. Uurinud hoolikalt saadud mineraali, avastas Gadolin uue, tundmatu elemendi oksiidi. See oksiid meenutas teatud omaduste poolest kord kaltsiumoksiidi, kord oli sarnane alumiiniumoksiidiga. Kolm aastat pärast Gadolini analüüsi kinnitas Upsala ülikooli keemiaprofessor A. Ekeberg üterbiidi teistkordsel analüüsil Gadolini arvamust. Ekebergi ettepanekul nimetati tundmata elemendi oksiid ütriumimullaks, mineraali

aga Gadolini auks, kes esimesena teostas üterbiidi hoolikat analüüsi, gadoliniidiks.

1828. aastal õnnestus Friedrich Wöhleril ütriumimulla töötlemisel klooriga ja uue elemendi üleviimisel kloorühendiks metallilise naatriumi abil eraldada ütriumikloriidist uus metall.

Kuuludes keerukate ja maakoores hajutatud mineraalide koostisse, ei saada ütriumi suurtes hulkades. Teda on erakordselt raske eraldada nendest mineraalidest, kus teda leidub, väga sarnaste keemiliste omaduste tõttu teiste elementidega.

Kuna ütrium ei leidnud tehnikas praktilist kasutamist ja tema järele polnud nõudmist, pidurdas see ütriumi saamist teda sisaldavatest mineraalidest.

Sellest on tingitud ka ütriumi vähene uurimine, mida näeme sellest, et tema kõige tähtsamad füüsikalised konstandid on erinevates käsiraamatutes ja juhendites erinevad. Nii on 1962. a. J. Kaye ja T. Laby poolt väljaantud käsiraamatus füüsikaliste ja keemiliste konstantide tabelis antud järgmised ütriumi konstandid: tihedus 4,6, sulamistemperatuur 1500° C, keemistemperatuur 3000° C. Selsamal aastal ilmunud J. T. Goronovski, J. P. Nazarenko ja E. F. Nekrjatši väikeses keemia käsiraamatus on toodud järgmised ütriumi konstandid: tihedus 5,51, sulamistemperatuur 1490° C, keemistemperatuur 2500° C, kusjuures viimane arv on antud sulgudes.

Me ei hakka rääkima varemate aastate käsiraamatutest, kus sageli võib näha ütriumi füüsikaliste konstantide tabelis sümboli järel küsimärki.

Tunduvalt paremini on uuritud ütriumi arvukaid radioaktiivseid isotoope. Seejuures kasvab huvi nende vastu pidevalt.

See huvi kasvab ja areneb seoses ookeanivete radioaktiivse saastamisega, mis on Ameerika Ühendriikide poolt süstemaatiliselt Vaikses ookeanis läbiviidavate aatomiplahvatuste ja samuti radioaktiivsete jääkide ladestumise tagajärjeks ookeani põhjas.

Nagu teada, levisid Bikini atolli piirkonnas toimepandud aatomiseadme plahvatuse radioaktiivsed ained aastaga merevees üle ... 3,5 milj. ruutkilomeetri. Alates 1954. aastast tehti kindlaks, et Vaikse ookeani kalad olid muutunud radioaktiivse saasta kandjateks. Jaapani teadlased, kui aatomipommide plahvatustest kõige rohkem kanna-

tada saanud maa esindajad, olid esmakordselt inimkonna ajaloos sunnitud välja töötama spetsiaalseid meetodeid värskelt või külmutatult Jaapanisse toodud kalade radiomeetrilisteks uurimisteks.

Misaki, Tokio, Simizu, Sogama ja Jandzu sadamates töötasid spetsiaalsed radiomeetrilised jaamad müügikalade radioaktiivsuse kindlaksmääramiseks. Nende uurimistega tehti kindlaks, et ajavahemikul 1954. a. märtsist kuni novembrini sisaldasid 2052 kalalaevast 312 kala, mis prakeeriti välja. Kala radioaktiivse saastumise suuruse üle võib otsustada järgmiste andmete järgi. Kui merevee radioaktiivsus võtta tinglikult võrdseks ühega, siis kalaliha radioaktiivsus on 200, luudel — 300, sugunäärmetel — 120 000, maksal — 300 000 niisugust ühikut.

Radioaktiivsete ainetega on saastatud ka püügikalade põhitoit — plankton. Radiomeetrilised uurimised näitasid, et planktonorganismide radioaktiivsus oli 50 000 korda suurem kui neid ümbritseva merevee radioaktiivsus. Elusorganismide ja nende kudede radioaktiivsuse tunduv suurenemine seletub sellega, et toiduga saadavad radioaktiivsed ained, esmajärjekorras strontsium-90, ladestuvad organismis.

Vastavalt Miuake, Saruhashi ja Katsuragi uurimistele on strontsiumi vee pindmistes kihtides Vaikse ookeani loodeosas $8{,}0 \cdot 10^{-13}$—$3{,}0 \cdot 10^{-13}$ küriid[1] liitris.

Professor Hijamo andmetel suurenes Vaikse ookeani lääneosa tööstuslikes rajoonides strontsium-90 sisaldus 1954. aastast kuni 1957. aastani üle 6 korra.

Nõukogude teadlaste uurimistega, mis viidi läbi 1960. ja 1961. aastal, tehti kindlaks, et merevee radioaktiivse saastamise oht maailmaookeani tööndusressurssidele on täiesti reaalne.

Eriti suur on kalade saastamise oht, kuna katsed, mis on tehtud mitmesuguste püügikalade marjadega, näitasid, et ütrium kontsentreerub kalamarjas. Ütrium-90 tekib strontsiumi beetamuundumise tulemusena.

Olles beetakiirgaja, poolestusajaga 64 tundi, ladestub radioaktiivne ütrium kalamarjas ja vigastab seda. See põhjustab kalamarja hävimist, embrüotel mitmesuguste väärarendite tekkimist ja kalamaimude vähest ellujäämist.

---

[1] Kürii — radioaktiivse isotoobi aktiivsus, kui ühes sekundis laguneb 37 miljardit aatomit.

Ütrium-90 suur võime adsorbeeruda bioloogilistel pindadel on ohtlik kõikidele organismidele, eriti aga planktonorganismidele, mille massil on suur pind.

On selge, et hädaoht varitseb Ameerika külma sõja pooldajate tahtel ka Vaikse ookeani arvukate saarte elanikkonda, kuna Vaikse ookeani veed mitte ainult ei uhu neid saari, vaid annavad ka toitu, mis on mürgistatud aatomipommide radioaktiivsete ainetega.

KÕRGETE TEMPERATUURIDE TEHNIKA METALL

40. TSIRKOONIUM — *Zirconium* (Zr)

Ühes suhteliselt hiljuti väljaantud keemia õpikus on kirjutatud: «... tsirkoonium leiab nähtavasti kasutamist tulevikus, kuid puhta metalli saamise raskus lubab arvata, et see ei juhtu varsti.»

Autor eksis. Juba praegu kasutatakse tsirkooniumi kõige erinevamates tehnikaharudes. Tsirkooniumi ja selle ühendite tootmine kasvab iga päevaga.

Võimsalt Volgalt, mis muudab voolava vee energia elektrienergiaks, kõrguvad läbi jõgede ja aasade, tasandike ja mäestike elektriülekandeliinide ažuursed tornid. Neil asuvad isolaatorid, mille koostisse kuuluvad tsirkooniumiühendid... Välguna vilksatas taevas reaktiivlennuk. Lennuki turbiin, mille töötamistemperatuur on 750—800° C, sisaldab samuti tsirkooniumi.

Tsirkoonium on kõrgete temperatuuride, hiiglasuurte kiiruste ja vapustavate võimsuste metall. Tsirkooniumdioksiid on kõige raskemini sulavaid aineid looduses. Ta sulab 2680° C temperatuuril ning on sulas olekus ebatavaliselt püsiv mitmesuguste keemiliste toimete suhtes. Seetõttu kasutatakse tsirkooniumdioksiidi tulekindlate esemete, kvartsi sulatustiiglite, metallurgiaahjude seinte vooderdamiseks vajaminevate telliste, kuumuskindlate emailide ja raskestisulava klaasi valmistamiseks. Tsirkooniumdioksiidi suurepäraseks omaduseks on tema ruumala väga tühine muutus temperatuuri mõjul. Seetõttu ei pragune tsirkooniumdioksiidist valmistatud sulatusahjude seinad kuumutamisel ja jahtumisel, mis tunduvalt suurendab nende ekspluatatsiooniaega.

Saraatovi ühes tehases hakati tootma kõrgekvaliteedilist tulekindlat materjali, mis oma segu komponentide (haruldase mineraali badeliidi ja korundi) järgi nimetati «Bakor-33». Badeliit, mis kuulub segu koostisse tsirkoo-

niumdioksiidi lisandina, sisaldab hafniumdioksiidi, mille sulamistemperatuur ületab tsirkooniumdioksiidi sulamistemperatuuri. See tulekindel materjal ei jää maha tuntud prantsuse firma «Electro-réfracteur» kõige paremast tulekindlast materjalist. Selle tulekindla materjali kasutamine klaasiahjude basseinide ehitamisel võimaldab pikendada nende ekspluatatsiooniaega üle 2 korra ja tõsta klaasikeetmise temperatuuri kuni 1500—1600° C. Tulekindlast tsirkooniummaterjalist on valmistatud ka maailmas kõige suurema pideva terasevalamise seadme klaas-dosaator Donetski metallurgiatehases. Tulekindlast tsirkooniummaterjalist valmistatakse klaase kõrgete temperatuuride mõõtmiseks martäänahjudes.

Tsirkoonium, mida vähesel hulgal lisatakse terasele (0,1%), tõstab tunduvalt terase tugevust ja viskoossust, mis on eriti tähtis lühiajaliste, kuid tugevate löökide korral. Seetõttu kasutatakse tsirkooniumterast soomusplaatide ja -katete valmistamisel. Tsirkooniumi lisamine vasele suurendab tunduvalt selle vastupidavust, vähendamata seejuures elektrijuhtivust. Tsirkooniumisulamil alumiiniumi ja magneesiumiga on suur vastupidavus ja püsivus 150—200° C temperatuuril. Tsirkooniumipulbri segu põlevate ühenditega kasutatakse valgustusrakettide valmistamisel, mis annavad hulgaliselt soojust.

Värvuseta, läbipaistev või pruunikasoranž, roosa teemandiläikega mineraal, mis sisaldab tsirkooniumdioksiidi, oli tuntud juba iidsel ajal nimetuste hüatsint, jatsint ja jargoon all. Sõna *tsirkoonium* dešifreerimiseks tuleb abiks võtta, kuigi edutult, idamaa keeled. Näiteks araabiakeelset sõna *tsargun*, mis tähendas kuldne värv, kasutati tsirkooniumi sisaldava mineraali tsirkooni mõnede teisendite nimetamiseks. Arvatavasti tulenes selle kuldkollase mineraali nimetusest ka tsirkooni nimetus.

Uus element, mis avastati selles mineraalis Klaprothi poolt 1789. a., nimetati tsirkooniumiks. 35 aastat hiljem sai rootsi keemik J. Berzelius tsirkooniumi vabas olekus halli amorfse pulbrina. Kulus veel üheksakümmend aastat, enne kui saadi suhteliselt puhast tsirkooniumi. Kuid ka siis ei teadnud mitte keegi täpselt selle keemilisi omadusi. Pealegi ei olnud ühiseid seisukohti ka tema füüsikaliste omaduste suhtes. Ühtede uurijate arvates oli tsirkoonium tahke, kuid rabe metall, erikaaluga 6,4 ja sulamistemperatuuriga 2350° C. Teised väitsid, et tsirkoonium sulab

1860° C temperatuuril ja erikaal ei ületa 6,1. See seletub tsirkooniumi suure sarnasusega ja raske eraldatavusega temaga alati kaasasolevast hafniumist, elemendist, mis asub 72. kohal Mendelejevi tabelis.

Et leida puhta tsirkooniumi saamise võimalus, oli vaja analüütikute hoolikat tööd ning keemikute ja füüsikute ühiseid jõupingutusi. Alles käesoleva sajandi neljakümnendatel aastatel, s. t. 150 aastat pärast tsirkooniumi avastamist, saadi tema puhtad proovid (kuni 99,99%).

Tsirkooniumi, nagu ka rea teiste haruldaste metallide saamine, eriti puhtal kujul, sai võimalikuks pärast seda, kui töötati välja originaalne, niinimetatud «jodiidne» meetod. Saastatud metall ühineb joodiga. Tsirkooniumjodiid asetatakse seejärel silindrilisse nõusse, mille keskel on 1400° C kuumutatud volframniit. Tsirkooniumjodiidi kuumutamisel puutuvad tema aurud kokku volframtraadiga ning lagunevad kõige puhtamaks metalliks ja joodi aurudeks. Metall sadeneb traadile. Niisugusel meetodil saadud metall on kahjuks veel väga kallis.

Kuumutatud tsirkoonium neelab ahnelt gaase ümbritsevast keskkonnast. Sellel põhineb tsirkooniumi kasutamine metallipulbrite paakumisel, samuti ka elektrovaakuumtehnikas. Tsirkoonium ei reageeri toatemperatuuril gaasidega, kuid 300° C temperatuuril neelab ahnelt vesinikku, üle 400° C aga hapnikku ja lämmastikku.

On veel üks ala, kus tsirkoonium leiab laialdast kasutamist olevikus ja piiramatult tulevikus. See on aatomimootorites. Kõrge sulamistemperatuur, vastupidavus ja mis peamine — neutroonne inertsus, muudavad tsirkooniumi ja selle sulamid asendamatuks materjaliks aatomimootorite detailide jaoks.

Tsirkooniumist valmistatakse aatomikütuse «riietus» — kütusekassetid, kuhu paigutatakse aatomireaktorite kütuseelemendid (uraan, uraandioksiid jt.). Tsirkooniumi ja uraan-235 sulamist on valmistatud osa Ameerika Ühendriikide esimese aatomielektrijaama reaktori kütuseelemente Shippingport'is. Teine osa kütuseelemente koosneb 10,5 mm diameetriga ja 0,7 mm paksuse seintega tsirkooniumtorudest, mis on täidetud uraanoksiidiga ning kaaluvad 11 tonni. Tsirkooniumi sulamist uraaniga, mis on rikastatud isotoobiga (massiarvu 235) ning suletud tsirkooniumikesta, koosnevad Ameerika Ühendriikide esimese allveelaeva «Nautilus» kütuseelemendid.

KAS NIOBE VÕI KOLUMBUS?

41. NIOOBIUM — *Niobium* (Nb)

Kaotanud oma arvuka suguvõsa, tardus Tantalose tütar Niobe hingelisest valust ja vapustustest ning muutus pisaraidvalavaks kiviks. Nii kinnitab kreeka mütoloogia. Selle lohutamatu ema nime järgi, kes nuttis taga oma lapsi, või kivi nimest, millest nõrgus vett, nimetati see keemiline element nioobiumiks. Inglise keemik Hatchett avastas selle elemendi 1801. a. ja nimetas ta esialgu kolumbiumiks. Nioobiumi sisaldavad mineraalid — kolumbiit ja tantaliit kuuluvad haruldaste mineraalide hulka. See on üheks peamiseks põhjuseks, miks nioobiumi ja selle ühendeid kasutatakse piiratult, vaatamata sellele, et nioobium paistab silma suurepäraste tehniliste omaduste poolest, nagu suur korrosioonikindlus, püsivus keemiliste reagentide suhtes, kõrge sulamistemperatuur (sulab 2415° C) ja vastupidavus. Nioobiumi lisamine eriterase sortidele suurendab järsult nende teraste keevisõmbluste vastupidavust. Terased, mis sisaldavad 1—5% nioobiumi, on kuumusekindlad ja neid kasutatakse kõrgrõhukatelde ning reaktiivmootorite ehitamisel.

Et nioobium on tehnika jaoks raskesti kättesaadav metall, võib otsustada kas või niisuguse fakti järgi. Element avastati 1801. a. Puhtal kujul aga eraldati ta alles 1907. a. Sada aastat kulus selleks, et välja töötada nioobiumi saamismeetodit.

Lõpuks veel üks puhta nioobiumi omadus, mida varem ainult mainiti. Ta neelab tavalisel temperatuuril hästi vesinikku. 1 g nioobiumi neelab üle 100 cm^3 gaasi. Nioobium imeb gaasi endasse nagu käsn. Niisugust «käsna»

võib «välja pigistada» ainult tugeval kuumutamisel. Isegi kuumutamisel kuni 900° C säilitab iga gramm niisugust nioobiumi 4 cm^3 vesinikku.

Mõnede nioobiumiühendite omadused on eriti tähelepanuväärsed. Nii näiteks on nioobiumkarbiidil kõrge sulamistemperatuur ja väga suur kõvadus. Seda kasutatakse ülikõvade sulamite valmistamisel lõiketerade, puuride, peitlite teravike jne. jaoks.

Kuni 1950. a. nimetati nioobiumi ameerika ja inglise kirjanduses kolumbiumiks.

See nimetus tulenes mineraali kolumbiidi nimest, milles element avastati. Omal ajal veeti kolumbiiti välja Põhja-Ameerikast ja säilitati Briti muuseumis. Mineraali nimetuse päritolu on seotud Põhja-Ameerika osariigi Columbia nimetusega. See nimetus on Ameerika kontinendil laialt levinud ja seda kannavad mitu linna Ameerika Ühendriikides, provints Kanadas, Ameerika Ühendriikide ringkond, jõgi Põhja-Ameerika lõunaosas jt. Columbia on antud neile nimetuseks Ameerika esimese avastaja Christophe Kolumbuse auks. Arvatavasti ei ole aluseta mõnede autorite arvamus, kes sidusid elemendi nimetuse kuulsa meresõitja nimega.

1950. a. leppisid keemikud kokku võtta kõikides maades kasutusele selle metalli ühtne nimetus, jättes talle muinasjutulise Niobe nime, mille saksa keemik H. Rose võttis teaduses kasutusele 1844. aastal.

SAMURAIDE MÖÖKADE SALADUS

42. MOLÜBDEEN — *Molybdaenum* (Mo)

Keedusool, mis on äärmiselt vajalik inimorganismile, oleks nagu «neelanud» selle soola koostisse kuuluvate kloori ja erakordse keemilise aktiivsusega metallilise naatriumi mürgised omadused. Taolised nähtused ei ole keemias erandiks. Juba iidsel ajal tuntud mineraal molübdeniit on samuti ühend, mille koostisosadel — molübdeenil ja väävlil — ei ole sarnaseid omadusi mineraali endaga. Molübdeniidiga võib kirjutada nagu pliiatsiga, mille südamik koosneb grafiidist. Ainult et grafiit jätab paberile hallikasmusta jälje, molübdeniidijooned paberil aga on rohekashalli helgiga. Mineraali nimetus tuleneb kreeka-keelsest sõnast *molybdos*, mis tähendab plii. See nimetus vihjab molübdeniidi vähesele kõvadusele (on võrdne peaaegu talgi kõvadusega) ja tinahallile värvile. Molübdeniidist sai oma nimetuse ka 1778. a. Scheele poolt avastatud element — molübdeen.

Esmakordselt eraldas suhteliselt puhast metalli, molübdeeni, 1783. a. rootsi keemik P. Hjelm. Keemiliselt puhas molübdeen on hallikasvalge, raske (tihedus 10,3) ja raskesti sulav (sulab temperatuuril 2625° C) metall, mida on kerge mehhaaniliselt töödelda. Tuleb märkida, et metallilise molübdeeni omadusi kirjeldati alles XX sajandi algul teisiti kui praegu. Niisugused omadused, nagu kõvadus, sulamistemperatuur ja keemiline aktiivsus sõltuvad metalli puhtusastmest. Teiste elementide tühised lisandid muudavad järsult metallilise molübdeeni omadusi. Seetõttu ei ole imestamapanev, et kahekümnendatel aastatel ilmunud raamatutes on molübdeen väga rabe metall, kuid suhteliselt hiljuti saadud molübdeen on kergesti valtsitav ja sepistatav.

Huvi molübdeeni kui metalli vastu tekkis esmakordselt siis, kui lahendati samuraide mõõkade suure teravuse saladus. Kaua aega ei õnnestunud metallurgidel valmistada niisuguse vastupidavusega terast, et sellest valmistatud külmrelva tera, analoogiliselt vanaaegsete samuraide mõõgateradega, ei muutuks nüriks. Lõpuks avastati vanade meistrite saladused, mille lahendamist alustas suur vene metallurg P. P. Anossov. Avastati ka samuraide mõõkade teravuse «saladus». Selgus, et mõõgaterase koostisse kuulus molübdeen. Kui selgus, et molübdeeni vähesed lisandid mõjuvad soodsalt terase kvaliteedile, muutus molübdeen paljude spetsialistide tähelepanuobjektiks. Peagi tehti kindlaks, et molübdeeni lisamisel terasele suureneb viimase viskoossus ja kõvadus, kuna kõvaduse suurenemisega muutus teras tavaliselt rabedamaks.

Kui Esimese maailmasõja ajal 1914.—1918. a. ilmusid lahinguväljale Inglise-Prantsuse «maismaa drednoodid» — kohmakad tankid, siis nende 75 millimeetri paksust kõva, kuid rabedat soomust läbistasid kergelt saksa suurtükiväe 75-millimeetrised mürsud. Tarvitses vaid lisada soomusterasele 1,5—2% molübdeeni, kui needsamad mürsud ei suutnud läbi tungida juba 25 mm paksusest soomusest. Molübdeeni lisamine terastele, eriti koos kroomi ja volframiga, suurendab nende tugevust ja keemilist vastupidavust. Molübdeeni sulamitel volframiga on niisugused soojuspaisumise omadused, mis võimaldavad neid sulameid kasutada plaatina asemel.

Soomuste ja suurtükitorude juurest pöördume kõigile tuttava elektripirni juurde. Klaasballoonis on traat, mis hakkab elektrivoolu toimel hõõguma. Lähemal tutvumisel ainetega, millest koosnevad pirni koostiselemendid, selgub, et pirni eredalt helenduv niit on tehtud volframist ning konksud, millede külge on riputatud volframniit, molübdeenist.

Elektronlambis, mis on kaasaja raadiotehnika aluseks, on katoodi ja anoodi ülalhoidvad peened niidid valmistatud molübdeenist. Molübdeeni sulamist tsirkooniumiga valmistatakse elektronlampide anoode. Röntgenitorude antikatoodid ja võimsate soojendusahjude spiraalid koosnevad samuti metallilisest molübdeenist.

Loodus on molübdeeni poolest suhteliselt rikas. Molübdeeni on 0,0003% maakoore kõikidest aatomitest. Molübdeeniühendite leiukohti esineb maakera paljudes kohtades.

Neid on Ameerika Ühendriikides, Tšiilis, Mehhikos, Norras ja Aafrikas. Molübdeenimaakide lademeid on ka Nõukogude Liidus.

NSV Liidu Euroopa-osa territooriumil on molübdeenimaakide lademeid Kaukaasias. Nendest pälvib erilist tähelepanu Tõrnõ-Auzi volframi ja molübdeeni leiukoht. See asub Kaukaasia ja Euroopa kõige suurema mäetipu Elbruse lähedal, oma ilult tähelepanuväärses Baksani mäekurus Kabardiini-Balkaari ANSV territooriumil.

Selle leiukoha tähtsam kaevandus «Molübdeen» asub 2004 meetri kõrgusel merepinnast. Kaevandus «Molübdeen» on üks kõige täiuslikumalt mehhaniseeritud kaevandusi. Kõik läbindus-, peale- ja mahalaadimistööd on mehhaniseeritud. Mäesügavusest saadud maak «voolab» vahetult elektrirongide vagunitesse.

Tõrnõ-Auzi leiukoha läheduses töötab mitte ainult NSV Liidus, vaid ka Euroopas ainuke, Naltšinski hüdrometallurgiatehas. Selles tehases ei ole ühtegi agregaati, millega on tavaliselt seotud metallurgiaettevõte (kõrgahjud, martäänahjud, konverterid jne.). Naltšinski hüdrometallurgiatehases valmistatakse toodangut mitmesuguste reagentide vesilahuste abil. Hüdrometallurgia võimaldab saada erakordselt puhast metalli, millel on heli kiirusest suuremate kiiruste, kõrgete temperatuuride ja suurte rõhkude ajastul otsustav tähtsus.

Molübdeeni saamine on ka praegu küllalt raske. Molübdeeni saamise tehnoloogia koosneb paljudest keemilistest operatsioonidest, mille tulemusena saadakse molübdeentrioksiid. Kuid sellega ei lõpe veel protsess. Molübdeentrioksiidi on vaja taandada puhtaks metalliks. See ei ole eriti lihtne. Süsinikuga taandada ei tohi, sest sel juhul ei saa puhast molübdeeni, vaid molübdeeni ja karbiidide segu — väga kõva ja rabeda aine, mida võib kasutada ainult kõvade sulamite saamisel. Seetõttu toimub molübdeentrioksiidi taandamine vesinikuga või aluminotermiliselt. Kõrge sulamistemperatuuri tõttu saadakse pulbriline molübdeen. Et muuta pulber kompaktseks metalliks, on vaja läbi viia rida niinimetatud pulbrimetallurgia operatsioone — pulbri pressimine, paakumine ja traadiks venitamine.

Suur osa molübdeenimaagist töödeldakse ferromolübdeeniks (kõrgeprotsendiline molübdeeni sulam rauaga), mida on vaja põhilisele tarbijale — terasemetallurgiale.

Laialdast kasutamist leiavad ka molübdeeni mitmesugused ühendid. Ühed neist on head nafta töötlemise katalüsaatorid, teised kangaste, plastmasside ja naha värvained. Kui molübdeen ei oleks niivõrd defitsiitne, leiaks ta veelgi rohkem rakendusalasid.

Nõudmine molübdeeni järele suureneb väga kiiresti. XX sajandi algul toodeti ainult 20—30 tonni molübdeeni, 1950. a. aga oli molübdeeni maailmatoodang juba kümneid tuhandeid tonne.

Kõige suuremad molübdeeni leiukohad asuvad Colorado osariigis (Ameerika Ühendriigid), kuid ameerika monopolistid ei soovi suurendada molübdeeni tootmist, et mitte alandada molübdeeni hinda. See näitab veel kord, kuidas kapitalism pidurdab tehnilist progressi. Ainuke tööstusharu kapitalismi tingimustes, kus toimub molübdeeni metallurgiline tootmine, on sõjatööstus.

1900. a. avastas E. Demarcay, et molübdeeni esineb kõikides taimorganismides. 1928. a. avastas Manking molübdeeni ka loomorganismides. Käesoleval ajal on kindlaks tehtud, et molübdeen on vajalik nii taim- kui ka loomorganismide eluks ja normaalseks arenguks. Taimorganismides võtab molübdeen osa nitraatide fermentatiivsetest taastamisprotsessidest, muutes nitraatide lämmastiku sobivaks aminohapete ja valkude sünteesimiseks. Molübdeeni puudumisel kaotavad taimed võime omastada nitraatide lämmastikku ja hukkuvad lämmastikunälja tõttu. Peale selle soodustab molübdeen taimedel kaltsiumi omastamist ning mineraalse fosfori muundumist fosforit sisaldavateks orgaanilisteks ühenditeks.

Kui molübdeeni on pinnases vähe, põhjustab see taimelehtede eri liiki plekilisuse, õite mahalangemise või puudulikult arenenud sigimiku. Taimede massilisi haigusi esineb Kalifornias, Uus-Meremaal ja Tasmaanias, kus pinnas on molübdeeni poolest vaene.

Molübdeeni keskmine sisaldus pinnases on 0,00023—0,00026%.

Loomorganismides kuulub molübdeen erilise fermendi koostisse, mis võtab osa ainevahetusprotsessist ühendites, millest ehitatakse rakutuumad (puriinvahetus).

Kui loomorganismi satub molübdeeni liigne hulk, areneb neil eriline haigus (molübdenoos). Haiguse tunnusteks on kõhulahtisus, piimaanni vähenemine, karva värvuse muutumine, naha kõvanemine jne. Inglismaa mõnedes

provintsides (Warwickshire, Somerset jt.), kus karjamaade pinnas on rikas molübdeeni poolest, on esinenud koduloomade massilisi haigestumisi.

Märgitud aatomite meetodi abil tehti kindlaks, et molübdeeni liia korral hakkab ta asendama luudes fosforit, mis pidurdab skeleti arengut ja on eriti ohtlik noorloomadele.

Molübdeeni liia sattumine inimese organismi rikub puriinsete ühendite ainevahetust, mille tagajärjel suureneb kusihappe moodustumine. Kusihape lahustub väga halvasti vees (39 000 osas vees lahustub 18° C temperatuuril 1 osa kusihapet). Kudedes ladestudes põhjustab kusihape haiguse, mis on tuntud endeemilise molübdeenpodagra nime all. Niisuguseid haigeid esineb mõnedes Põhja-Armeenia rajoonides ja teistel biogeokeemilistel aladel, mis on rikkad molübdeeni poolest.

Molübdeeni liia toksilist toimet organismis vähendatakse vaskvitrioli (0,002 g ööpäevas) väheste hulkade sisseviimisega organismi.

«VÄLJASURNUD» JA INIMESE POOLT UUESTI LOODUD METALL

43. TEHNEETSIUM — *Technetium* (Tc)

Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi looja D. I. Mendelejev, jaotades selles «kortereid» elementide vahel, «broneeris» 1870. a. ühe «korteri» (nr. 43) sel ajal veel tundmata elemendi tulevaseks «sissekirjutamiseks». D. I. Mendelejev nimetas tundmata «üürniku» ekamangaaniks, oletades, et selle omadused meenutavad teatud määral mangaani.

Muuseas, sel ajal tuntud elementi ilmeeniumi, mille avastas keemik Hermann juba 1848. a. ja mis oli omaduste poolest sarnane mangaaniga, ei söandanud Mendelejev panna korterisse nr. 43. Ilmeeniumi aatomkaal oli kahtlaselt kõrge, millele vastavalt ta oleks pidanud asuma juba seaduslike «üürnike» — ruteeniumi või roodiumi «korteritest». Kuna Mendelejevi tabelis on elementide «elukoha» tõendiks aatomkaal, siis leidis D. I. Mendelejev, et ilmeeniumi ei saa paigutada perioodilisuse süsteemi. Tal oli õigus. Teiste teadlaste uurimised ilmeeniumi «isiksuse» väljaselgitamiseks tõid päevavalgele Hermanni vea. Ilmeenium oli väärelement.

Korter nr. 43 oli 16 aastat tühi. 1886. a. teatas keemik Kern uue keemilise elemendi avastusest, mis oma omadustelt meenutas mangaani. Uus element nimetati kuulsa inglise keemiku Davy auks deeviumiks, ning saksa keemik Rang paigutas avastatud elemendi tema käes oleva perioodilisuse süsteemi variandis ekamangaani kohale. Kuid uue elemendi «isiksuse» kontrollimine ei õigustanud ootusi. Deevium ja 10 aastat hiljem Barriére'i «avastatud» «element» lüütsium osutusid eksitusteks.

Aasta pärast Mendelejevi surma lõpetas jaapani keemik Ogawa ebaõnnestumiste seeria salapärase tundmatu avastamisega. Ogawal õnnestus suhteliselt haruldasest mineraalist, molübdeenist, eraldada mangaanile väga sarnane «element», mis nimetati Jaapani auks nippooniumiks. Peagi aga selgus, et ka nippooniumi ei ole olemas.

Kogenud uurijate vigade seeria muutis teadlasi tähelepanelikumaks ja äratas huvi elemendi leidmise vastu, mis niivõrd hästi ennast varjas. Nagu alati, leidus skeptikuid, kes kahtlesid: «Kas Mendelejev ise ei eksinud, kui ta eraldas olematule mangaani analoogile «korteri»?»

Skeptikute kahtlused hajusid jäägitult noore inglise füüsiku Moseley hiilgavate eksperimentide tulemusena. Ta tõestas, et igal elemendil on Mendelejevi tabelis oma röntgenikiirgus, mille lainepikkus on seda väiksem, mida raskem on element. Teades lainepikkust, võib arvutada elemendi järjekorranumbri, mis on võrdne selle aatomi tuumalaenguga. Olles elementide paigutuse õigsuse erapooletuks kontrolliks Mendelejevi tabelis, kinnitas Moseley avastus ka «korteri» nr. 43 eraldamise õigsust tuntud «üürniku» jaoks. Ta esineb looduses, ning teda tuleb otsida!

Kus, millistel objektidel ja milliste meetoditega tuleb otsimisi teostada?

See küsimus huvitas paljusid uurijaid, eriti kahte saksa keemikut Walter Noddackit ja Ida Tacket, kellest hiljem sai Ida Noddack.

Lähtudes keemiliste elementide Goldschmithi geokeemilisest klassifikatsioonist, millele vastavalt 43. «korteri» tulevane «üürnik» kaldub niinimetatud siderofiilsete elementide grupi poole (kalduvad raua suunas), ning millel, vastavalt Bohri teooriale, on väljastpoolt teises elektronkestas kuni 18 elektroni, otsustasid Ida ja Walter Noddack otsida elementi nr. 43 ainete hulgast, kus selle elemendi olemasolu oli kõige tõenäolisem. Niisugusteks aineteks olid maagid ja mineraalid, mis sisaldasid plaatinametalle, molübdeeni ja nioobiumi.

Kasutades oma aja täiuslikke ja täpseid analüütilisi meetodeid, avanes Ida ja Walter Noddackil 1925. a. võimalus «sisse kirjutada» avastatud keemiline element korterisse nr. 43. Selle initsiaalideks olid tähed Ma sõnast *masuurium*.

Avastatud elemendi nimetuses oli midagi lähedast masurkale. Kuid uue elemendi nimetus ei tulenenud masurka — elurõõmsa poola rahvatantsu nimetusest, mis pärines Masoovia vojevoodkonnast ning oli XIX sajandil tuntud kõikides Euroopa maades. Masuuriumiks nimetati teda Ida-Preisimaa Gumbinneni ja Königsbergi ringkondade lõunaosa auks, mis oli ammust ajast asustatud poola talupoegadega. Uus element nimetati «... Saksa piiriäärse rajooni auks», märkisid militaristlikke ringkondi pooldavad saksa ajalehed. Kuid Masuuria on Poola maa. Saksa militaristide katsed kinnistada pretensioone Poola maa suhtes ka elemendi nimetuses olid asjatud.

Rea teiste uurijate ja lõpuks ka abielupaar Noddackite hoolikad katsed ei suutnud edaspidi kinnitada, et uus element tegelikult eksisteerib.

Vead muutusid seaduspärasuseks. Võib-olla oli õigus nendel, kes analoogiliselt Wilhelm Prantlyga kinnitasid, et elementi järjekorranumbriga 43 ei eksisteeri looduses.

Tekkinud küsimustele andis vastuse tuumafüüsika. Nõukogude teadlase Štšukarevi ja saksa füüsiku Mattauchi poolt väljatöötatud tuumafüüsika tähtsast reeglist (Štšukarevi-Mattauchi reegel), millele vastavalt elementide isobaarid[1], mille tuumalaengud erinevad ühe ühiku võrra, ei saa olla mõlemad stabiilsed, järeldus, et elemendil 43 ei ole püsivaid isotoope. Selle elemendi isotoobid võivad olla vastavalt Štšukarevi-Mattauchi reeglile ainult radioaktiivsed. Arvatavasti oli neil isotoopidel, võrreldes Maa vanusega, lühike poolestusaeg, mistõttu nad ei elanud meie ajani ning element 43 osutus mitteeksisteerivaks Maa looduses. Ta oli «väljasurnud» element.

Kas «korter» number 43 on määratud igavesti tühjaks jääma ja inimene ei näe mitte kunagi selle omanikku? Kuid tuuma «alkeemia» edusammud avastasid uusi võimalusi, millest käesoleva sajandi algul ei mõelnud isegi julged fantastid.

On teada, et iga elementi iseloomustab aatomituuma laeng. Tarvitseb vaid muuta laengut, kui kohe tekib teise elemendi aatomituum. Kuidas aga on võimalik muuta laengut? Kuidas saab tungida mikromaailma mastaabis

---

[1] Isobaarid (kreeka keeles «isos» — sama, võrdne ja «baros» — raskus, kaal) — elementide aatomid, mille tuumadel on erinevad laengud, kuid ühesugune mass.

tühise aatomi sügavusse ja ületada aatomituuma positiivse välja äratõukejõudu? Nendele küsimustele andis vastuse juba 1919. a. XX sajandi tuntud «alkeemik» Rutherford, kes sai lämmastiku aatomite «pommitamisel» hapniku isotoobi. Pommitamisel kasutati relvana raadiumi aatomeid, mürsuna alfaosakesi.

«Väljasurnud» elemendi loomise kallale asus ameerika füüsik Lawrence Kalifornia ülikooli tsüklotronil[1] Berkeley linnas. Vesiniku raske isotoobi tuumad olid laenguteks, pommitamise objektiks aga molübdeenplaat. Pommitamine kestis mitu kuud. Seejärel saadeti «märklaud» üle ookeani Itaalisse, Palermo linna spetsialistidele «ei millegi», s. o. tõepoolest uue elemendi nähtamatute ja kaalutute hulkade leidmiseks. Kahtlejatele mainime, et spetsialistidel-füüsikutel Perrier'l ja Segre'l oli, nagu hiljem kindlaks tehti, 0,000 000 0001 g uut elementi. Element ilmus uuesti Maa peale 1937. a. kevadel. «Väljasurnud» element loodi inimese poolt. Element nr. 43, mis saadi kunstlikult, nimetati XX sajandi tehnilise progressi auks, kui selle progressi laps, tehneetsiumiks (kreekakeelsest sõnast *tehnicos*, mis tähendab kunstlik).

Peagi said Maurer ja Ramm Saksamaal tehneetsiumi molübdeeni pommitamisel neutronitega.

Peagi avastati, et uraani ühe isotoobi (uraan-235) tuumad jagunevad aeglaste neutronite toimel. Uurides moodustunud kildude produkte, avastasid füüsikud Hahn ja Strassman nende hulgast molübdeeni kolm radioaktiivset isotoopi, mis edasiste radioaktiivsete muundumiste protsessis pidid muunduma vastavaks tehneetsiumi isotoobiks. 1940. a. leidsid Segre ja Wu uraani jagunemisproduktides tehneetsiumi isotoobi tehneetsium-99. Seega on käesoleval ajal tuumareaktor tehneetsiumi «vabrikuks», kus teda võib saada niisugustes kogustes, mis on küllaldane mitte ainult tema omaduste uurimiseks, vaid ka tehnikas kasutamiseks. Kui 1937. a. kevadel oli tehneetsiumi loojate käsutuses 0,000 000 000 1 g ainet, siis 17 aastat hiljem oli ameerika uurijatel Parkeril ja Martinil juba 1 g puhast tehneetsiumi, s. o. 10 miljardit korda rohkem kui Perrier'l ja Segré'l.

Tehneetsium, mida ei leitud Maa peal, avastati mõnede tähtede spektrites, kus tehneetsium moodustub tuumareaktsioonide tulemusena.

---

[1] Tsüklotron — seadis kiirte laetud osakeste voo saamiseks.

Ameerika astronoomi Charlotte Moori sensatsiooniline teadaanne tehneetsiumi avastamise kohta Päikesel, mis avaldati 1951. a., ei leidnud hiljem kinnitust teiste uurijate poolt. Niisiis, Maal «väljasurnud», meie ajani Päikesel mitte säilinud, kuid praegu tuumareaktsioonidel neutronitega ja mõnedel tähtedel nende evolutsiooniprotsessis moodustuvat tehneetsiumi «saadakse jagunenud uraani kildudest tuumareaktorites» piiramata koguses. Selle meetodiga on saadud juba sadu kilogramme tehneetsiumi.

Mida kujutab endast «korteri» nr. 43 «üürnik», mida paljud uurijad erinevates maades otsisid hoolikalt peaaegu kolmveerand sajandit? Ta on element, mis tõi uurijatele kord teadusliku avastuse kuulsuse, kord nende languse eksituste tõttu.

Tehneetsium on hõbevalge metall. Omadustelt meenutab ta reeniumi. Tehneetsiumi erikaal on 11,5. Ta lahustub hästi lämmastik- ja väävelhappes. Ühendites on tehneetsium kõige sagedamini 7. ja 4. valentne. Sulab temperatuuril 2300° C. Praegu on teada 15 tehneetsiumi isotoopi. Kõik nad on radioaktiivsed. Nende eluiga (poolestusaeg) kõigub minuti ja sadade tuhandete aastate vahel.

XX sajandi hiilgavate tehniliste saavutuste tulemusena hakkas kunstlikult loodud tehneetsium hiljem ise osa võtma selle imepärase sajandi edusammude edasisest arengust. «Mittemaapealse» elemendi maapealseks tööks oli metallide kaitsmine roostetamise eest.

Raud- ja teraskonstruktsioonide roostetamine on üheks kõige sagedamini esinevaks ja kõige hävitavamaks nähtuseks kaasaja inimese elus. Kümneid miljoneid tonne kõige mitmekesisemaid malmist, rauast ja terasest esemeid sööb rooste ära sõna otseses mõttes igal aastal. Raudteesildade ažuurne võrestik, taevaniulatuvad televisioonimastid, kõrgepingeliinide mastid, transatlantiliste liinilaevade, laevade ja mitmesuguste masinate korpused kaetakse raua ja terase kaitseks õlivärviga, et nad ei muutuks punakaspruuniks tolmuks. Et takistada raua muutumist punakaspruuniks pulbriks, kaetakse raud- ja terasesemed teiste metallide õhukese kilega, mis on püsivamad vee ja niiske õhu suhtes.

Möödub teatud aeg ja inimeste kurvastuseks, kes elavad tsingitud plekist katustega majades, avastatakse, et katus ei kaitse neid enam ägeda suvise vihmahoo ja tüütavate sügisvihmade eest. Niisama märkamatult ja küllalt kiiresti

hävivad vihmaveetorud, hakkab vett läbi laskma lapsevann ja kastekann, veevärgitorud ja raudtee tsisternid, muutuvad kõlbmatuks rööpad ja teraskonstruktsioonid.

Selgus, et korrosiooni vastu võib võidelda mitte ainult sel teel, et metalli kaitstakse ümbritseva keskkonna eest vee ja õhu suhtes läbitungimatu kilega, vaid metalli pinda võib ka keemiliselt muuta inaktiivseks.

Aineid, mis aeglustavad korrosiooni metallipinna inaktiveerimise teel, nimetatakse inhibiitoriteks (ladina keeles *inhibire* — pidurdama, pärssima). Selle rühma ainete hulgas on tehneetsiumil kõige suurem inhibeeriv efekt. Mõnede tehneetsiumiühendite (pertehnetaat) tühine hulk on küllaldane selleks, et hoida rauda ja süsinikuvaeseid terasesorte roostetamise eest. Märkimisväärne on ka see, et tehneetsiumi inhibeeriv toime säilib kuni 250° C temperatuurini.

1962. a. pühitses tehneetsium oma teistkordse ilmumise 25. aastapäeva Maa peal. See aeg on tühine, võrreldes tema eelmise eksisteerimise ajaga Maa peal ja ajaga, mis on möödunud tema «väljasuremise» momendist. Kuid vaatamata oma «imikueale» annab ta tootmisele olulist abi, mis kasvab ja laieneb koos tehneetsiumi tootmise kasvuga.

PLAATINA KAASLANE

44. RUTEENIUM — *Ruthenium* (Ru)

Selle elemendi avastamise ajalugu algas Venemaal, kui XIX sajandi 20-ndatel aastatel avastati Uraalis plaatina leiukohad. Teade sellest avastusest levis kiiresti maailmas ning kutsus rahvusvahelisel turul esile palju elevust ja rahutust. Välismaa spekulantide hulgas levisid kuuldused imepärastest ehetükkidest — plaatinaliivast, mida plaatinaotsijad tõstavad otse labidatega. Need olid tõepoolest rikkad plaatina leiukohad, ning krahv Kankrin, kes oli sel ajal Venemaa rahandusminister, andis korralduse plaatinarahade müntimise kohta. Hakati vermima 3, 6 ja 12 rubla väärtusega münte. Lasti välja 1 400 000 plaatinast münti, milleks kulutati üle 20 t ehedat plaatina.

Samal aastal, kui Kankrin andis korralduse müntide vermimise kohta, tuli Tartu ülikooli professor Osann plaatinaproove uurides järeldusele, et plaatinaga koos on kolm uut elementi. Ühe neist nimetas Osann pooluraaniks, teise — poliiniks ja kolmanda Venemaa ladinakeelse nimetuse Ruteenia auks ruteeniumiks. Keemikud võtsid Osanni «avastuse» vastu umbusklikult. Eriti protesteeris selle vastu rootsi keemik Berzelius, kellel oli sel ajal ülemaailmne autoriteet. Osanni ja Berzeliuse vahel tekkinud vaidlust asus lahendama Kaasani ülikooli keemiaprofessor K. K. Claus. Saanud oma käsutusse vähese hulga plaatinamüntide vermimise jäätmeid, avastas Claus uue elemendi, millele jättis Osanni poolt antud nimetuse — ruteenium. 13. sept. 1845. a. avaldas Claus Teaduste Akadeemias teadaande uue elemendi ja selle omaduste kohta. 1845. a. ilmus Clausi ettekanne eri raamatuna nimetuse all: «Uraali plaatinamaagi jääkide ja metall ruteeniumi kee-

miline uurimine». «... Uuritud materjali vähesus — vähem kui 6 grammi täiesti puhast metalli — ei võimaldanud mul jätkata uurimisi,» kirjutas Claus oma raamatus. Saadud andmed uue metalli omaduste kohta võimaldasid Clausil kindlalt teatada, et ta on avastanud uue elemendi.

Soovides tutvustada välismaa teadlastele avastatud elementi, saatis Claus Berzeliusele metalliproovi. Berzeliuse vastus oli imelik. Kuigi ta käes oli uus element ja selle omaduste üksikasjaline kirjeldus, ei nõustunud Berzelius Clausi arvamusega. Berzelius teatas, et Claus'ilt saadud metall on ammutuntud elemendi «iriidiumi puhastamata proov». Hiljem aga oli Berzelius sunnitud tunnistama oma viga.

Järgnevalt uuriti hoolikalt avastatud elementi. Ruteeniumi keemiliste omaduste uurimine võimaldas tundma õppida selle keemiliste ühendite huvitavaid iseärasusi. Selle metalli suuremate varude puudumine maakoores (esineb lauriidis — haruldases mineraalis Borneo saarel) ja tootmise ning eraldamise raskus teistest plaatina lisanditest takistasid ruteeniumi kasutuselevõtmist. Niipea kui geoloogid avastavad selle elemendi märkimisväärseid leiukohti mõnes väheuuritud rajoonis või maakoore sügavates kihtides, asub ruteenium väärilisele kohale inimese praktilises tegevuses. Kõikides raamatutes on ruteeniumi kohta öeldud väga vähe: äärmiselt haruldane metall, mistõttu ei ole leidnud küllaldast kasutamist. Puhtal kujul kasutatakse ruteeniumi termopaaride valmistamisel ning katalüsaatorina ammoniaagi sünteesil. Sulamitena kasutatakse ruteeniumi juveelitöödel. Ruteeniumi mõningaid sooli kasutatakse laboratoorses tehnikas mikroskoopiliste preparaatide valmistamisel.

Väliselt on ruteenium rauaga sarnane, kõva, raskesti sulav ja heade katalüütiliste omadustega metall, mis lahustub halvasti kuningvees.

VEEL ÜKS PLAATINA KAASLANE

45. ROODIUM — *Rhodium* (Rh)

XIX sajandi algul tegeles inglise keemik W. Wollaston plaatinamaakide põhjaliku analüüsiga. Tema tööd kroonis kahekordne edu. Ta avastas plaatinas kaks tundmatut metalli. Ühte nendest nimetati tema soolade soolalahuste roosa värvuse tõttu roodiumiks (kreeka keeles *rodon* — roosa). Roodium on alati koos plaatinaga. Harva esineb teda ehedalt kullaliivas. Plaatina kuulub vähelevinud elementide hulka, roodiumi aga on looduses plaatinast 2,5 korda vähem. Kui arvestada, et roodiumi eraldamine plaatinast ja selle teistest kaaslastest on tehnoloogiliselt raske, siis on selge ka roodiumi haruldus ja kõrge hind.

Roodium on erakordselt püsiv metall paljude ainete toime suhtes. Ta ei lahustu tavalistes hapetes ega kuningvees. Roodiumi sulamistemperatuur on umbes kaks tuhat kraadi (1966° C). Vedelas olekus lahustab roodium kuni seitse protsenti süsinikku, jahtumisel aga eraldab lahustunud süsiniku grafiidina. Kui roodium oleks kättesaadavam metall, võiks seda kasutada kõige puhtama grafiidi saamisel, mis on väga vajalik kaasaja tehnika paljudes harudes. Roodium desinfitseerib vett. Roodiumi bakteritsiidne võime on väga hinnaline vee puhastamiseks haigusetekitajatest mikroorganismidest. Võimalik, et lähemas tulevikus hakatakse roodiumi kasutama haiguste ravimisel.

Kõik plaatina kaaslased on tuntud heade katalüsaatoritena, eriti peenestatud olekus.

Enamik metalle on kompaktses olekus spetsiifilise, niinimetatud metallilise läikega ja «valge», «heleda» värvusega. Erandi moodustavad vask, kuld ja mõned teised värvilised metallid, millel säilib karakteerne värv ka pärast

peenestamist. Teiste metallide pulbrid on aga halli värvusega, kõige peenemad aga mustad või peaaegu mustad. Siit tulenebki keemiline ja seejärel ka tehniline nimetus — roodiummust.

Roodiummust lahustub hapetes, samal ajal aga roodiumkang, nagu juba varem mainiti, ei lahustu isegi kuningvees. Roodiummusta katalüütiline aktiivsus on niivõrd suur, et piiritus muutub tema juuresolekul äädikhappeks. Lisaks sellele on roodiumkatalüsaator püsiv katalüsaatorite mürkide suhtes.

Puhtal kujul kasutatakse roodiumi kõige täpsemate püromeetrite, astronoomiliste mõõteriistade, samuti ka peeglite ja valgustusseadmete reflektorite valmistamiseks. Jäädes hõbedast maha peegeldusvõime poolest, ei muutu roodium, erinevalt hõbedast, aja jooksul tuhmiks.

VINGUGAASI OLEMASOLU HOIATAJA

46. PALLAADIUM — *Palladium* (Pd)

Saksa astronoom W. Olbers, kes tegi saksa matemaatiku C. Gaussi arvutuste alusel kindlaks pärast avastamist kohe kaotatud väikeplaneedi Cerese asukoha, avastas 1802. a. päikesesüsteemis teise asteroidi, mida nimetati Pallaseks.

Aasta hiljem leidis W. Wollaston veel ühe plaatinametallide rea esindaja ning nimetas selle hiljuti avastatud planeedi nime järgi pallaadiumiks.

Pallaadiumi on tühise lisandina plaatinamaakides ja kullaliivas, s. o. purustatud kivimites. Harvem esineb pallaadium looduslike plaatinasulamitena, mõnikord kulla või hõbeda sulamitena. Pallaadium sarnaneb paljus plaatinarühma metallidega, kuid tal on ka mõningaid olulisi erinevusi. Need erinevused seisnevad eelkõige selles, et pallaadium on kõige kergemini sulav ja kõige kergem selle rühma teistest metallidest. Pallaadiumi sulamistemperatuur on veidi üle 1550° C, tihedus aga 12. Muuseas, see klausel võib paista mitte eriti õnnestununa, kuna paljudel metallidel on ju sulamistemperatuur tunduvalt madalam. Näiteks raud sulab pallaadiumist viisteist kraadi madalamal temperatuuril ja on poolteist korda sellest kergem.

... Kui klaaskolvis segada kaks ruumala vesinikku ja üks ruumala hapnikku, siis võib niisugune segu säilida toatemperatuuril väga kaua. Segu kuumutamine 400° C viib selleni, et vesinik ja hapnik ühinevad täielikult ja moodustavad vee. Kui nende kahe gaasi segusse viia aga pallaadium, siis moodustub vesi juba toatemperatuuril. Pallaadium on paljude keemiliste reaktsioonide energili-

seks katalüsaatoriks. Nii nagu teistel katalüsaatoritelmetallidel, avalduvad ka pallaadiumi katalüütilised omadused eriti tugevasti pulbrilises olekus. Pallaadiumi katalüütilised omadused on ilmselt seotud tema erakordse võimega neelata mõningaid gaase, eriti vesinikku. Üks kuupsentimeeter pallaadiumi neelab üle seitsmesaja kuupsentimeetri vesinikku. Seejuures suureneb kõva metall mahult, tursub ja isegi praguneb. Midagi taolist võib jälgida kummi paisumisel bensiinis ja õlides. Teame, et kui bensiinipudel sulgeda kummist korgiga, siis ei saa seda enam välja tõmmata. Kummikork paisub bensiini neeldumise tõttu kummis.

Vesiniku neeldumise või lahustumisega pallaadiumis on seotud selle metalli teine imestamisväärne omadus: võime läbi lasta vesinikku. Läbi ühe millimeetri paksuse ja ühe ruutsentimeetrilise pindalaga vaheseina läheb 240° C temperatuuril üle neljakümne kuupsentimeetri vesinikku minutis. Kõrgemal temperatuuril suureneb vesiniku läbiimbumine veelgi. Seega ei ole meie tavalised kujutlused metallist kui püsivast gaaside takistusest alati õiged.

Pallaadiumi keemiline püsivus on väiksem kui teistel plaatinametallidel, kuid pallaadiumi suur kättesaadavus võimaldab teda kasutada laialdasemalt kui ülejäänud plaatina kaaslasi.

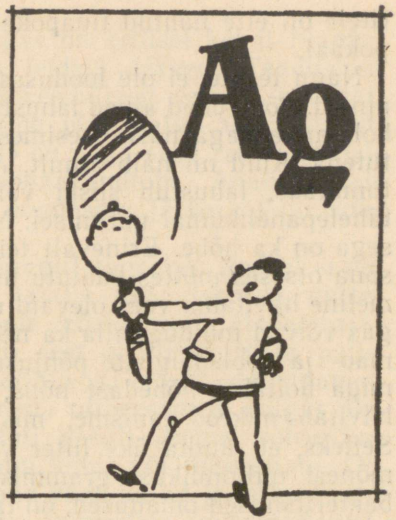
Pallaadiumi kasutatakse hõbedasulamina, mõnikord ka puhtal kujul hambaravitehnikas, kullasulamina — kellatööstuses. Suure vastupidavuse ja ilu tõttu kasutatakse pallaadiumi juveelitöödel teiste metallide katmisel ning ehteasjade, eriti hinnaliste kalliskivide raamistiku viimistlemisel. Suure operatsioonide arvuga arvutusmasinates kaetakse eriti vastutusrikkad kontaktid pallaadiumiga.

Süsinikoksiid, mida igapäevases elus nimetatakse vingugaasiks, on tugevamaid mürke. See on salakaval mürk. Kuna süsinikoksiidil pole värvust, lõhna ja maitset, on ta raskesti määratav, eriti väikese, kuid elule juba ohtliku kontsentratsiooni puhul õhus.

Vingugaas moodustub suhteliselt kergesti sisepõlemismootorites, ahjude enneaegsel sulgemisel, generaatorgaasi saamisel ja terves reas keemilistes protsessides. Vingugaasi lubatud kontsentratsiooni piir tööstusettevõtete õhus on 0,02 mg liitris. Õhu sissehingamine, mis sisaldab 5—7 mg vingugaasi liitri kohta, põhjustab surma 5—10 minuti pärast.

Selle gaasi kindlakstegemiseks õhus on väga mugav kasutada pallaadiumiühendeid. Filterpaber, mis on töödeldud pallaadiumkloriidi lahusega, tumeneb kiiresti ja teatab sellega ähvardavast hädaohust. Niisugune laitmatu signalisaator toob suurt kasu nendes tehnika- ja tootmisharudes, kus tuleb kokku puutuda vingugaasiga. Reaktsiooni tundlikkus on väga suur. Vingugaasi kontsentratsiooni puhul 9 mg liitris õhus tumeneb paber momentaanselt, 0,02 mg puhul liitris aga tumeneb paber ühe minuti pärast.

Lõpetades jutustuse pallaadiumist, juhime tähelepanu sellele, et samaaegselt heeliumi avastamisega tehti pallaadiumi olemasolu kindlaks ka Päikesel.



MAKEDOONIA ALEKSANDRI SÕJAMEESTE HAIGUSE SALADUS

47. HÕBE — *Argentum* (Ag)

Makedoonia Aleksandri sõjavägi liikus võideldes mööda Aasia maid (IV sajandil e. m. a.). Pärast seda, kui sõjavägi saabus India territooriumile, hakkasid sõjameeste hulgas levima rasked mao- ja soolehaigused.

Pärast mitmeid veriseid lahinguid ja hiilgavalt pühitsetud võite jõudis Aleksander 326. a. kevadel Induse kallastele. Kuid oma peamist vaenlast — haigust — ei suutnud Aleksandri «võitmatu» sõjavägi võita. Kurnatud ja jõuetud sõdurid keeldusid edasi minemast Gangese kallastele, kuhu Aleksandrit meelitas vallutusejanu. 326. a. sügisel hakkasid Aleksandri sõjaväed taganema.

Makedoonia Aleksandri sõjakäikude säilinud kirjeldused näitavad, et lihtsõdurid haigestusid sagedamini kui väepealikud, kuigi viimased elasid sõjakäikudel ühesugustes tingimustes lihtsõduritega ja jagasid võrdselt nendega kõiki sõdurielu ebamugavusi ja puudusi. Alles 2250 aastat hiljem leiti põhjus, miks Makedoonia Aleksandri sõdurid haigestusid. See seisnes erinevas varustamises. Lihtsõdu-

ritele oli ette nähtud tinapokaal, väepealikutele aga hõbepokaal.

Nagu teame, ei ole looduses absoluutselt lahustumatuid aineid. Tõsi, ühed ained lahustuvad hästi, teised halvemini, kolmandad aga näivad esimesel pilgul täiesti lahustumatutena. Kuid nii näib ainult. Aine, mida me peame lahustumatuks, lahustub siiski vähesel määral, nagu selgub tähelepanelikumal uurimisel. Niisugune vähese lahustumisega on ka hõbe. Erinevalt teistest metallidest on tühine, sõna otseses mõttes kaalutu hulk lahustunud hõbedat võimeline hävitama vees olevaid mikroorganisme. Nende hulgas võivad muidugi olla ka need mikroorganismid, mis on mao- ja soolehaiguste põhjuseks. Seetõttu ei rikne vesi, mida hoitakse hõbedast nõus, kaua aega. Lahustuv hõbe hävitab mikroorganisme, mis paljunevad kõdunemisel. Selleks, et muuta üks liiter vett kahjutuks, piisab ainult mõnest miljondikust grammist hõbedast. Et anda veele bakteritsiidsed omadused, on tarvis seda hoida lühiajalises kokkupuutes hõbedaga.

Nii hoidis hõbepeekrite kasutamine ära, kuigi osaliselt, Makedoonia Aleksandri armee väepealikute haigestumise mao- ja soolehaigustesse. Võimalik, et taoline hõbeda omapäraste omaduste jälgimine oli põhjuseks, miks muistse Egiptuse elanikud (2500 a. e. m. a. oli neil hõbe kallim kullast) hakkasid lahtiste haavade ravimisel kasutama originaalset meetodit: haavale pandi peale hõbeplaadid.

Praegu kasutatakse hõbeda ja selle soolade desinfitseerivaid omadusi laialdaselt sanitaartehnikas ja meditsiinis vee steriliseerimiseks, «hõbemarli» ja «hõbevati» valmistamisel nahahaiguste, raskelt kinnikasvavate haavade, haavandite jt. ravimisel.

Muuseas, juba praegu oletatakse, et kosmonaudid võivad oma tulevastel reisidel universumi avarustesse kasutada «hõbevett» kui riknematut jooki.

Lahustunud hõbeda hulk sõltub tema kokkupuutepinnast veega. Selleks et hõbeesemete pinda mitte suurendada, soovitasid uurijad sadestada hõbeda õhukese kilena tavalise liiva teradele.

Vee filtreerimine läbi niisuguse «hõbeliiva» on küllaldane selleks, et vesi vabaneks mikroobidest. Hõbeda kulu väheneb siinjuures miinimumini, kuid saavutatav tulemus muutub maksimaalseks.

Mägi-Altai harulduste hulgas on erilisel kohal Manžeroki järv. Selle järve vees leidsid Järvede Teadusliku Uurimise Instituudi töötajad keemiliselt puhast hõbedat. Uurimised, mis teostati arstide järelevalve all, näitasid, et Manžeroki järve «hõbeveel» on väga suur raviefekt haigete juures, kes põevad maohaavandtõbe. Analüütiliselt määratavate hõbedahulkade olemasolu järvevees on suureks harulduseks.

Meie igapäevases elus on peeglil suur osa. Peegel ei ole luksusasjaks, vaid eluliselt vajalik ese. Iseenda mittenägemine on kaasaja inimesele mõeldamatu. Habemeajamist, riiete kohendamist, näo eest hoolitsemist ja palju muud ei ole võimalik teha peeglita. Ei ole imestamapanev, et peegel on inimese igapäevaste tarbeesemete hulgas üks vanemaid. Kaua aega kasutati peegli asemel poleeritud metallplaate, kõige sagedamini kuld- või hõbeplaate. On selge, et niisugused peeglid olid väga kallid ja, olles kõrge hinnaga, olid ainult rikastele inimestele kättesaadavad. Pärast pronksi «leiutamist» hakati igapäevases elus kasutama pronksist peegleid. Pronks- ja vaskpeeglid olid laialt levinud roomlaste ja kreeklaste juures. Pompeii väljakaevamistel on leitud palju niisuguseid peegleid. Pronksist, vasest ja hõbedast metallpeeglid olid kasutusel väga kaua aega.

Vaatamata sellele, et klaas leiutati väga ammu, ilmusid klaaspeeglid suhteliselt hiljuti. See on seletatav sellega, et klaaspeeglite valmistamiseks oli vaja juba küllaldaselt teadmisi, mis muistsel ajal veel puudusid. Sisuliselt on ka klaaspeegel metalne. Klaaspeeglis on ju peegeldajaks samuti metall, kuigi ainult õhukese kihina, mis on kantud klaasi siledale pinnale. Seega on klaas ainult läbipaistev alus, millel on väga õhuke metallpeegel. Klaaspeegli valmistamiseks on ühelt poolt vaja täiesti värvitut, puhast, läbipaistvat ja siledat klaasi ning teiselt poolt väga õhukest metallikihti, mis õigupoolest ongi peegel. Klaasi pinna ideaalne ja vastupidav katmine oli kolmandaks vajalikuks tingimuseks meie igapäevases elus tavalise klaaspeegli valmistamisel. Esmakordselt hakati neid tingimusi enam-vähem rahuldavalt täitma umbes 600 aastat tagasi, millal hakkasid ilmuma ka esimesed klaaspeeglid.

Esimeste peeglite peegelduspind valmistati plii ja antimoni sulamist, mis kiiresti tuhmus õhu käes. Peegel kaotas kiiresti vajalikud omadused. 200 aastat hiljem leiti

elavhõbetina sulam. Ta oli hea peegeldusvõimega ja vaatamata tootmise suurele ohtlikkusele (peeglite valmistajad said elavhõbedamürgitusi selle sulami valmistamisel) oli see sulam kuni XIX sajandi keskpaigani asendamatu peeglitööstuses.

1846. a. leiti meetod klaasi katmiseks õhukese hõbedakihiga, mida täiustati kümne aasta jooksul. Alles pärast 1855. a., kui leiti lihtne retsept klaasi katmiseks hõbedaga, hakkas klaasalusel hõbepeegel kõikjal levima. Kuid peegel ei ole ainult tarbeese ega korteri kaunistus. Peegel on arstide tööriist, paljude täpsete mõõteriistade ja registreerivate füüsikaliste aparaatide vajalik detail. Peegel on vajalik osa mikroskoopides ja teleskoopides, mille abil inimene uurib kahte mõõtmetelt vastandlikku, kuid tunnetuse lõpmatuses ühesugust maailma.

...Vaadake oma fotot või pilti raamatus. Ka siin on vajalik hõbe. Fotograafia, mis on niivõrd levinud meie elus puhke- ja töötundidel, põhineb mõnede hõbedasoolade valgustundlikel omadustel. Käesoleval ajal kasutatakse nendest sooladest kõige enam hõbebromiidi. Fotoplaadid, filmid ja fotopaber koosnevad põhiliselt vastavast alusest (klaas, tselluloid, paber, kartong), millele on kantud valgustundlik kiht želatiinis pihustatud kõige peenematest hõbebromiidi osakestest. Valgustundliku kihi paksus ei ületa 0,02 mm. Fotoplaadi või filmi valgustamisel laguneb valgustundlikus kihis sisalduv hõbebromiid valguskiirte mõjul. Broom seotakse keemiliselt želatiiniga, hõbe aga eraldub väga väikeste, isegi tavalise mikroskoobi all nähtamatute kristallidena. Kuna hõbebromiidi lagunemisaste sõltub valgustustugevusest, siis vaatamata valgustundliku kihi näilikule homogeensusele, on seal juba eseme «varjatud kujutis». Selleks et teha kujutist nähtavaks, ilmutatakse valgustundlik kiht, s. t. töödeldakse keemiliste ainetega (ilmutitega), mis eraldavad metallilise hõbeda. Saanud küllalt terava kujutise, kinnitatakse viimane. Kinnitamine seisneb selles, et valgustundlikust kihist eraldatakse keemiliste lahustitega hõbebromiid, mis ilmutamisel jäi lahustamata. Vastasel juhul muutub saadud negatiiv kiiresti tuhmiks hõbebromiidi jäägi lagunemise tõttu positiivprotsessis. Pärast kinnitamist saadakse püsiv, valguse käes nähtav eseme kujutis — negatiiv. Tõelise kujutise saamiseks asetatakse negatiiv fotopaberi valgustundlikule kihile ja valgustatakse. Kopeerimisel tekib fotopaberi val-

gustündlikus kihis varjatud kujutis (positiiv) õige valguse ja varju suhtega. Positiivi saamiseks ilmutatakse ja kinnitatakse fotopaber analoogiliselt fotoplaadi ja filmiga. Nii saadakse lõpuks foto. Fotograafia ei piirdu ainult fotodega. Fotograafia — see on kinokunst, teaduse, tehnika ning tööstuse arvukad saavutused. Haiguskolle inimese kopsudes, uus komeet universumi avarustes ning nähtamatu aatomi peenstruktuur muutuvad fotograafia abil, mis ei ole mõeldav hõbeda ja selle ühenditeta, lähedalolevateks ja kättesaadavateks vaatluse ja uurimise jaoks.

Hõbenitraat — põrgukivi — on kasutusel meditsiinis. Rea haiguste ravimisel kasutatakse edukalt pihustatud hõbedat veesuspensioonidena.

Hõbedat kasutatakse tehaste aparatuuri valmistamisel ja mõnedes keemiatööstuse harudes. Hõbetiiglid on asendamatud leeliste sulatamisel, mis kõrgel temperatuuril «söövitavad» peaaegu kõiki ülejäänud metalle.

Ammust ajast kasutati hõbedat juveelitöödel, kus hõbedast valmistati ehteasju — puudritoose, tubakatoose ja lehvikute käepidemeid ning samuti kunstiliselt töödeldud koduseid majapidamisesemeid — tee- ja lõunaserviise, lusikaid, pokaale, peekreid jne.

Hõbedast esemed olid eriti moes vene ja prantsuse aristokraatide juures, kus «hõbeda» hulk rõhutas selle valdaja päritolu (perekonnahõbe) tähtsust ja rikkust. Niisuguste valdajate «uhkushõbeda» hulga üle võib otsustada krahv Orlovi lõunaserviisi järgi, mille kinkis talle Katariina II. Selles serviisis oli 3275 eset, mille valmistamiseks kulus ligikaudu kaks tonni puhast hõbedat.

Rahva hulgast pärinevate oskustööliste meisterlikkuse hämmastavaks näiteks on budda püharaamat «Sandui-žud», mida hoitakse Mongoolia Rahvavabariigis. Selle unikaalse raamatu lehed on tundmatute mongoolia juveliiride-vermijate osavate kätega valmistatud õhukestest hõbeplaatidest. Iga lehekülje esimene ja viimane sõna on välja lõigatud kullast ja kinnitatud vastava rea külge. Ridade ülejäänud tähed on kullatud. Selle raamatu kaal on 52 kilogrammi 560 grammi.

NSV Liidu Riiklikus V. I. Lenini nimelises Raamatukogus hoitakse pisitillukest raamatut I. A. Krõlovi valmidega. Niisuguse raamatu kolm köidet mahuvad vabalt tavalisse tikukarpi. Selle raamatu šrift valati hõbedast.

Täht ei ületa neljandikku millimeetrit ning teda ei ole palja silmaga selgelt näha.

XX sajandi esimese veerandi algul kinkisid Amsterdami juveliirid Rahvasteliidu esimehele hõbehaamri, mille meloodiline heli kõlas sageli istungite saalis, kutsudes jutuhoogu sattunud oraatoreid kinni pidama koosoleku korrast või äratades üles eakaid diplomaate, kes tahtmatult uinusid pikkade ja igavate vaidluste ajal.

Hõbe ei ole kaotanud ehismetalli osa ka tänapäeval.

Hulgaliselt kulub hõbedat vahetusraha valmistamiseks. Kuna hõbe on pehme metall, siis vermitakse mündid vastupidavuse suurendamiseks hõbeda ja vase sulamist (suhtega 1:1). On teada juhtumeid, kus münte vermiti puhtast hõbedast. Niisugust vermimist teostati Venemaal Uraali magnaadi, Tuula kuulsa sepa Nikita Antufjevi poja Akinfi Demidovi ajal. Sepp Nikita Antufjevile kinkis Peeter I oskuslikult valmistatud «välismaa püstoli» näidise eest maad Uraalis, «kus võis avastada rauа- ja teisi maake». Maake tõepoolest avastati ning mitte ainult rauа-, vaid ka hõbedamaake. Selle aja riigiseaduse järgi pidid hõbedavarud, ükskõik kelle maa peal nad ka avastati, kuuluma «keiserlikule õukonnale». Akinfi Demidov, kelles esimese vene töösturi ja vene metallurgia rajaja geenius oli ühendatud pärisorjapidaja-vabrikandi ebainimliku julmusega, ja kes ainuvõimsalt valitses tema kaevandustesse võõral tahtel aetud tuhandete orjade üle, otsustas leitud hõbedalademeid keiserlikule õukonnale mitte anda.

Mõistes, et tema poolt salaja valmistatud igasugused hõbeesemed viivad valitsust varem või hiljem mõttele, et tema käsutuses on hõbedaleiukohad, otsustas Demidov müntida oma peenraha, mis ei erinenud mitte millegi poolest tsaarirahadest. Erinevust tõepoolest ei olnud. Demidovi rahad sisaldasid isegi rohkem hõbedat kui riigirahad ning sellelt seisukohalt ei saanud neid nimetada võltsitud rahadeks.

Nevjanskis, sügavas keldris kõrge kellatorni all, mis mitte millegi poolest ei erinenud oma arhitektuurilt vene keskaja ehitustest, töötas öösel ja päeval Demidovi «rahapada». Demidovi rahad olid Venemaal käibel kõrvuti tsaarirahadega ja isegi raske oli öelda, milliseid rahasid oli rohkem. Kuuldused niisuguse rahapaja kohta jõudsid mingil kombel ka pealinna. Kuid mitte keegi, isegi vihjamisi, ei maininud Demidovi revideerimist või kuulujuttude

kontrollimist. Isegi tsaarinna Anna Ivanovna eelistas vaikida. Ainult ükskord, kui ta mängis Demidoviga kaarte ja võitis täiesti uued mündid, küsis ta ootamatult Demidovilt: «Kas sinu või minu töö, Nikititš?»

Legend jutustab: «Nikititš tõusis laua tagant püsti, naeratas, laiutas käsi ja kummardudes alandlikult, vastas: «Kõik me oleme sinu, emake keisrinna ... Nii mina kui ka kogu mu varandus on sinu!»»

Igale loole tuleb lõpp. Tuli lõpp ka salajasele «rahapajale». Üks meistritest, päästes oma elu Akinfi raevu eest, põgenes Nevjanskist Peterburi. Akinfi andis käskjalgadele käsu: «Järele jõuda! Tappa! Kui see aga ei õnnestu, sõita pealinna ja teatada keisrinnale «rõõmus uudis» hõbedalademete avastamise kohta.»

Tuli teatada «rõõmustav uudis». Nevjanski saadeti komisjon «hõbedarikkuste» vastuvõtmiseks. Kaks päeva enne komisjoni kohalesõitmist andis Akinfi korralduse avada lüüsid, mis eraldasid järvest keldrit, kus valmistati raha, ning Demidovi kuriteo peamised tunnistajad — kolmsada seina külge aheldatud orja jäid vee alla.

Möödusid sajandid. Nevjanski torni tipp on kaldunud kergelt kõrvale, kuid nagu varemgi, seisab ta kindlalt oma alusel, nagu valvaks sügavate ja mustavate maa-aluste koobaste sünget saladust. Alles hiljuti puudutasid Tehniliste Uurimiste Riikliku Instituudi insenerid uuesti Demidovi kuriteo ajaloo lehekülgi.

Tehes Nevjanski torni ümbruses puurimistöid, avastasid puurijad, et puur äkki ... «vajus sisse» pinnasest läbimurdmisel ja mootor hakkas tühjana palavikuliselt pekslema. Puur tõsteti välja ja hakati teise kohta auku puurima. Peagi «vajus» puur uuesti. Insenerid, kes tundsid huvi nähtuse vastu, uurisid seda ja avastasid, et pinnasekihi ja sajandite jooksul kinnitambitud metallurgilise räbu all asub kahe meetri kõrgune galerii, mis on ehitatud suuremõõtmelistest vanaaegsetest tellistest. Galerii on täidetud veega, mille nivoo ei vähene väljapumpamisel.

Sverdlovski Mäeinstituudi rakendusgeoloogia fakulteedi dekaani M. A. Salomatovi arvates on Nevjanski torni ümbruses avastatud «tühjus» võib-olla seesama «rahapada», kus Demidovi orjad müntisid talle hõberaha.

Niisugune on lühidalt jutustus ühest episoodist inimesele iidsest ajast tuntud hõbeda «eluloos».

Ehedalt esinev hõbe on ammust ajast köitnud inimese tähelepanu. Sellest ajast alates ei ole inimese huvi hõbeda vastu vähenenud. Kõige suurem ehe tükk hõbedat on kaalunud 13,5 tonni. Hõbeda peamine hulk ei saada õieti mitte hõbeda, vaid tsingi, plii ja vase sulfiidsetest maakidest.

Suur hulk inimese poolt toodetud hõbedat on pärit suure ja haruldaselt korrapärase, taevaniulatuva koonusega Potosi mäe sügavusest, mis asub peaaegu Lõuna-Ameerika tsentris, seal, kus hiiglasuured Kordiljeerid on eriti kõrged, ilusad ja ligipääsmatud.

Potosi mäe nimega, mis Ameerika muistsete elanike, inkade keeles tähendab «hääl», on seotud legend. Legend jutustab järgmist. Kord käskis inkade valitseja Waine Kapaca, kes sai teada mäe rikkustest, neid oma mäetöölistel hankida. Kuid esimesel kirkalöögil vastu mäge kõlas selle sügavusest piksega sarnane hääl. Ta ütles: «Jumal hoiab kallisvara nende jaoks, kes tulevad hiljem...» Inkad ei julgenud häälele vastu hakata ning nad läksid ära mäe juurest. Sellest ajast alates hakati seda mäge nimetama Potosi mäeks.

Pärast inkasid tulid hispaanlased — ahned ja julmad vallutajad. Nad kuulsid legendi Potosi kohta ning läksid sinna fanaatikute visadusega. Rikkusejanu andis neile jõudu, mis hävitas eest takistused. Hispaanlaste teid tähistasid tulekahjuasemete tuhk, maa peremeeste pisarad ning veri. Jõudnud Potosi mäe juurde, ei leidnud nad seal hõbedat, mille järgi nad janunesid ja mida nad olid näinud ainult metallilises olekus. Hõbeda asemel tõusis taevasse hiiglasuur hall mägi. Samasugused hallid kivirahnud olid ka selle jalamil.

Teine legend jutustab. Kord otsis vaene karjus, indaanlane Walka, kartes oma ahne peremehe viha, hilisööni karjast mahajäänud lammast. Leidmata lammast ja olles sunnitud ööbima Potosi mäe jalamil, süütas karjus lõkke, et kaitsta ennast öise niiskuse ja jäise tuule eest. Lõkke tuhas leidis ta hommikul läikivaid metallkuulikesi. Vabandades peremehe ees, näitas karjus talle metallkuulikesi, mis olid üles sulanud lõkketule kuumuses. Õnnetu indiaanlase peremees Juan de Villiaroel, kes tahtmatult määras sellest minutist alates maa kõiki indiaanlasi õnnetusele, tundis kohe ära hõbeda, mida ta kunagi oli püüdnud leida. See oli 22. aprillil 1545. aastal.

Faktid jutustavad järgmist.

Mehhiko kümneaastase röövimise jooksul (1521—1530) viisid hispaanlased kodumaale umbes 150 kg hõbedat. Hõbeda avastamisega Potosi mäel algas inimkonna ajaloos ainulaadne hõbeda vool Ameerikast Euroopasse. Räägitakse, et kolme sajandi vältel, millal Potosi mägi oli hispaanlaste valduses, väljaveetud hõbedast jätkuks silla ehitamiseks Euroopa ja Ameerika vahele. Selle õigsust kritiseerimata piirdume ainult järgmise arvuga. XVI sajandi teisel poolel veeti Potosist Hispaaniasse 7 175 223 kilogrammi hõbedat. Isegi praegu kuluks niisuguse koguse metalli vedamiseks 15 kaubarongi kolmekümne vaguniga, mille kandejõud on 16 tonni.

Kiiresti muutus Potosi mäe jalamile kasvanud samanimeline linn hispaanlaste poolt orjastatud Lõuna-Ameerika rahvaste majanduslikuks keskuseks. Hispaanlased sundisid orjadeks muudetud indiaanlasi töötama uskumatult rasketes tingimustes Potosi mäe sügavustes. Neid lihtsalt pandi vangi mäe sügavusse viieks ja enamaks aastaks. Tuhandeid tundmatuid orje hukkus hõbeda tootmisel, mis, ujutanud üle Hispaania, seejärel ka naaberriigid Portugali ja Prantsusmaa, muutis need maad võimsateks Euroopa riikideks. See hõbedavool maksis 8 miljoni indiaanlase elu. Iga elu maksis vähem kui üks kilogramm hõbedat. Kas õnnetu Walka võis teada, millist hinda läheb maksma kaotatud lammas tema rahvale?

Puhtal kujul on hõbe valge, pehme, sitke metall, mille ühest grammist võib tõmmata 1800 m pikkuse traadi ja valtsida 0,002 mm paksuse lehe. Hõbedal on kõige suurem soojus- ja elektrijuhtivus. Hõbe on oma nimetuse saanud sanskritikeelsest sõnast *argenta*, mis tähendab hele. Sellest sõnast tuleneb ka ladinakeelne *argentum* — hõbe, mida kasutavad kõikide maade keemikud.

Hõbedaga on seotud mõnede üldtuntud mõistete ja nimetuste päritolu. Nii näiteks oli muistsel Venemaal mitmesuguste esemete hinnamääraks hõbekang. Juhul kui üks või teine ese maksis vähem kui terve kang, siis raiuti kangi küljest niisugune osa, mis vastas eseme väärtusele. Nendest maharaiutud osade nimetusest tuli ka meie maal käibelolev rahaühiku nimetus — rubla.

Lõuna-Ameerika ühe maa — Argentiina nimetus tulenes samuti hõbeda nimest. Legend, milles ajaloolised faktid on tihedalt läbi põimunud poeetiliste väljamõeldistega, jutus-

tab, et 1515. a. avastas hispaania valitsuse loots de Solis Lõuna-Ameerikas suure jõe suudme, mis nimetati pärast Solist tema nime järgi. Liikudes mööda de Solise jõge jõevoolu suunas ülespoole, oli Sebastian Caboto 1527. a. hämmastunud hõbeda hulgast, mille tema madrused olid röövinud elanikkonnalt. See andis Cabotole põhjuse nimetada jõesuuet La Plataks — hõbedaseks (hispaania keeles *plata* — hõbe), mille nimetusest tulenes hiljem ka kogu maa nimetus. Pärast maa vabastamist hispaania sõjavägedest (1811—1826. a.), latiniseeriti maa nimetus, selleks, et mitte meenutada hispaanlasi (*argentum* on ladina keeles hõbe). See nimetus on säilinud käesoleva ajani.

NEUTRONITE «ÕGIJA»

48. KAADMIUM — *Cadmium* (Cd)

Igaüks, kes on lugenud kas või ühe artikli, jutustuse või sõnumi aatomireaktori töö kohta, mäletab, et alati mainitakse ühte tähtsat detaili nende konstruktsioonis: töötamist reguleeritakse ja aatomireaktori avariikaitset teostatakse kaadmiumvarbade abil. Asi on selles, et tuumareaktsiooni juhtimisel on vaja reguleerida neutronite voogu. Kuna metalliline kaadmium on võimeline neelama neutrone, siis nende voo reguleerimiseks on kaadmium kõige sobivam materjal. Reaktsiooni juhtimiseks viiakse kaadmiumvarb aatomikatla sisse. Varva sissepanemisel või reaktorist väljavõtmisel võib vähendada või suurendada neutronite voogu, järelikult ka tuumakütuse «põlemiskiirust» ning koos sellega reguleerida eralduvat soojushulka. Aatomireaktoris täidab kaadmium «ahjukütja kohustusi». Selleks et panna katel tööle, tuleb kaadmiumvarb katlast aeglaselt välja tõmmata niikauaks, kuni reaktori mitmesse kohta paigutatud kontrollaparaadid, mis mõõdavad neutronite voogu, näitavad reaktsiooni algust. Kui reaktsioon toimub liiga intensiivselt, asetatakse varvad katlasse, et reaktsioon aeglustuks vajalikul määral. Juhul, kui aparaadid teevad kindlaks, et tavalised kaadmiumvarvad ei tule toime oma «kohustustega», astub viivitamatult tegevusse massiivne kaadmiumist avariivarb. Tarvitseb vaid lasta see reaktorisse, kui tuumakütuse «põlemisprotsess» hakkab kustuma.

Kalifornia osariigis Ameerika Ühendriikides ei saadud avariivarba konstruktsiooni rikke tõttu lasta õigel ajal katlasse ja aatomikatsereaktor «põles» kaua aega nagu vulkaan. Mitme kilomeetri laiuselt evakueeriti jaama ümbrusest igaks juhuks elanikkond.

Kaadmiumi teise kasutamisala kohta räägib metalli nimetus. *Kadmeia* on kreekakeelne sõna, mis tõlkes tähendab tsingimaak. Niisuguse nimetuse sai metall kaadmium sellepärast, et ta on alati koos tsingimaakidega. Nendest maakidest saadakse kaadmiumi tsingitootmise «jäägina». Kaadmium on oma omadustelt väga sarnane tsingiga ja mõnikord võib ta edukalt asendada tsinki. Metallide katmise asemel tsingiga korrosiooni kaitseks kasutatakse kadmeerimist — kaadmiumiga katmist. Elektritranspordi spetsialistid kasutavad näitlikku väljendit «vasesahin». Selle terminiga tähistatakse trammide, trollibusside, allmaa- ja maapealsete elektrivedurite voolu vastuvõtvate seadmete hõõrdumist vastu kõrgjuhet. Tuhandeid tonne pulbrikshõõrutud vaske langeb maapinnale ja läheb kaduma. Kaadmiumi lisamine vasele õhuliinide juhtmete valmistamisel vähendab tunduvalt nende kulumist. Niisugused juhtmed peavad aastaid vastu vahetuse ja remondita isegi tiheda liiklusega magistraalidel.

Kõige parem kollane värv on kaadmiumiühend väävliga. Selle värvi valmistamiseks kulub hulgaliselt kaadmiumi.

Akumulaatorit võib kohata autos, ränduri elektrilambis, valvekirurgi avariivalgustuses jne. Akumulaator toidab elektrivooluga kaevuri ja tuletõrjuja kiivri prožektorlampi, paneb liikuma allveelaeva, on elektrilampide toiteallikaks näärikuusel. Mõningaid akumulaatoreid, mida eriti kasutatakse valgustamisel, nimetatakse kaadmiumnikkelakumulaatoriteks. Nende konstruktoriks oli nõukogude teadlane B. A. Kossobrjuhhov. Kaadmiumi ei kasutata mitte ainult elektrivooluallikate — akumulaatorite, vaid ka juhtmete valmistamisel.

Looduses on kaadmiumi 25 korda vähem kui «haruldast» germaaniumi. Sellest hoolimata kasutatakse kaadmiumi rohkem ja sagedamini ning ta on hinnalt tunduvalt odavam kui germaanium. Niisuguse paradoksi seletus on lihtne. Kaadmiumi saadakse «jäägina» või hinnalise «lisandina» tsingimaakide töötlemisel.

Kaadmiumamalgaami (kaadmiumi lahus elavhõbedas) kasutatakse hambaravitehnikas hambaplommide valmistamisel.

Kaadmium avastati 1817. a. saksa keemiku F. Strohmeyeri poolt.

Kaadmiumi tulevik «ahjukütjana» aatomikateldes on suur. Igal juhul ei ähvarda teda «tööpuudus».

MISSUGUNE PEEGEL ON PAREM!

49. INDIUM — *Indium* (In)

Paljudele on tuntud veidi jämedavõitu vanasõna: «Ära peeglit põhja, kui lõust on viltu,» võib keemia seisukohalt väljendada nii: «Ära peeglit põhja, kui ta on indiumist». Selle väljendi mõte saab selgeks pärast lühikest selgitust. Kõik peeglid ei peegelda täielikult värvilisi valguskiiri, või nagu räägitakse, peegel ei peegelda ühesuguselt erinevaid spektrivärvusi. Sellepärast ongi näiteks värvilistel riietel «peeglis» veidi teistsugune värv kui tegelikult. See puudus on ka hõbe-, tina- ja elavhõbe-vismutpeeglil. Roostevaba terase poleeritud plaadist või mõnest teisest metallist peegel ei peegelda samuti täielikult värvilisi kiiri. Metall indium peegeldab aga ühesuguselt hästi kõiki spektri osi, kõiki värvusi. Seepärast on indium asendamatuks materjaliks kõrgekvaliteediliste peeglite valmistamisel, millel on suur tähtsus täpsete astronoomiliste aparaatide konstrueerimisel. Indiumi lisamine hõbedale tugevdab peegliläiget ja hoiab ära selle tuhmumise õhu käes. Seepärast kasutatakse puhast indiumi või selle sulamit hõbedaga reflektorite katmisel. Niisugused reflektorid ei tuhmu aja jooksul ja neil on konstantne peegelduskoefitsient.

Muuseas, Teise maailmasõja ajal olid Inglise õhukaitseprožektorid Saksa lennukite massiliste lendude ajal heaks abivahendiks õhutõrjesuurtükiväele. Prožektorite võime «läbi tungida» isegi Londoni udust kirjutati metall indiumi arvele, millest valmistati prožektorite peegleid. Selles on teatud osa tõtt. Edu teine pool seisnes haruldaste muldmetallide, lantaniidide (nendest jutustame edaspidi) lisamisel prožektorikaare elektroodidele. Kahjuks on indiumil väga madal sulamistemperatuur (kõigest 156° C), mistõttu on peeglit prožektori töötamise ajal vaja jahutada.

Õhu käes on indium täiesti püsiv ja säilitab lõikekohal kaua aega hõbevalge värvuse. Indiumi võib lõigata noaga. Indium on märksa pehmem pliist. Ta jätab paberile jälje. Vask, arseen, plii ja paljud teised metallid esinevad looduses mineraalidena. Indiumil ei ole niisuguseid mineraale. Indium esineb koos tsingiga selle maakides. Iga aastaga kasutatakse indiumi üha rohkem mitmesugustes sulamites. Ühel indiumi sulamil plii, vismuti ja mõnede teiste metallidega on sulamistemperatuur kõigest 46,5° C. Niisugusest sulamist valmistatud teelusikas «sulaks» kohe kuuma tee segamisel. Hamba plombeerimissulamid, mis sisaldavad indiumi, on tunduvalt vastupidavamad. Vähese hulga indiumi lisamine vasesulamitele suurendab viimaste vastupidavust merevee toime suhtes.

Mõnede keemiliste ainete võime muuta takistust infrapunaste kiirte mõjul leiab kasutamist soojuspeilingaatorites (esemete asukoha kindlakstegemisel soojuskiirguse järgi). Ainete hulka, millel on kõrge tootlikkus soojuskiirguse suhtes, kuulub indiumantimoniid, mis määrab ka järjest kasvava nõudmise puhta indiumi järele. Indium on hajutatud ja haruldane metall. Indiumi maailmatoodang on ainult mõni tonn aastas.

On teada suur arv (26) indiumi radioaktiivseid isotoope. Üks indiumi looduslikest isotoopidest, mis moodustab 95,67% looduslikust segust, on beeta-radioaktiivne. Selle poolestusaeg on kujuteldamatult suur — 600 tuhat miljardit ($6 \cdot 10^{14}$) aastat. Tema lagunemisproduktiks on tina stabiilne isotoop massiarvuga 115.

Indium avastati spektraalanalüütiliselt 1863. a. saksa keemikute T. Reichi ja F. Richteri poolt Freibergi (Saksimaal) tsingimaagis.

Selle elemendi spektris on tuntud värvaine indigo värvust joon. Tumesinine värvaine indigo andis uuele elemendile ka nime. Indium õigustab oma nimetust ka selle poolest, et ta muudab leegi värvust. Leek värvub sinakasvioletseks.

Indiumi koht perioodilisuse süsteemis määrati lõplikult D. I. Mendelejevi poolt. Varem peeti indiumi teise rühma elemendiks.



METALL, MIS PÕEB ... KATKU

50. TINA — *Stannum* (Sn)

Pool kogu maailmas toodetavast tinast kulub valge pleki saamiseks, mida kasutatakse peamiselt konservipurkide valmistamiseks. Seepärast nimetatakse mõnikord tina näitlikult konservipurgi metalliks. Teine pool toodetavast tinast, mis oli XX sajandi esimese poole lõpuks peaaegu 150 tuhat tonni, leiab nii palju tarbijaid, et ainuüksi loetlemiseks kuluks mitu lehekülge. On küllaldane mainida, et kõikide raamatute tähed on trükitud šrifti abil, mis on valmistatud trükisulamist, mille koostises on 5—30% tina. Autode, lennukite, vedurite ja paljude teiste masinate laagrid on valmistatud babiidist — sulamitest, mis sisaldavad tina, pliid, vaske ja antimoni. Mitmesugused pronksisordid sisaldavad tingimata tina. Vene valaja Andrei Tšohhovi suurepärane teos — Moskva Kremli «Tsaar-suurtükk», vene meistrite J. F. ja M. J. Motorinite mitte vähem tuntud «ime» — kahesajatonnine «Tsaar-kell», E. M. Falconet' kuulus skulptuur «Vaskratsanik», noorukite käest lahtirebivad P. K. Clodti pronkshobused Anitškovi sillal Leningradis ja paljud teised tähelepanuväärsed

mälestusmärgid on valmistatud pronksist. Tina ja vase sulam — pronks, olles omapäraseks sümboliks, mis tähistas inimkonna ajaloos pikka perioodi — pronksiaega, tõestab inimese ammust tutvust tinaga.

Pronksist on valatud ka viis suurt (5-meetrise diameetriga) loorberi- ja tammelehtedest pärga, mis asuvad vennashaudadel Treptovi pargis Berliinis Nõukogude Armee võitlejate mälestussamba juures, kes langesid fašistliku Saksamaa pealinna ründamisel. Mälestussamba keskosa territooriumi ümbritseva 900-meetri pikkuse aia kõik ornamentaalsed osad on samuti valatud pronksist. Mustri poolest on see aed sarnane Leningradi Suveaia võreaiaga.

Mausoleumi peaskulptuur — Nõukogude Armee sõduri 13 meetri kõrgune figuur — on samuti pronksist. Julgelt ja uhkelt vaatab ta tulevikku, hoides paremas käes mõõka, mis toetub purustatud haakristile, mida tallab sõduri vasem jalg raskes sõdurisaapas. Sõduri vasemal käel on laps, kes usaldavalt ja õrnalt surub ennast tema tugeva rinna vastu. Laps ei sümboliseeri mitte ainult nende laste elusid, keda nõukogude sõdurid kaitsesid möödapääsmatu hukkumise eest, vaid ka meie helge tuleviku lapsi — selle õnneliku maailma loojaid, kus ei ole sõdasid, ekspluateerimist ega klasse.

Pronksi on valatud ka 3-meetrise diameetriga pärg, mis kaunistab mausoleumi memoriaalmuuseumi kuplit, mille tipul seisab last süles hoidva sõduri skulptuur. Pronksist koosnevad ka girlandid, mis ümbritsevad ringväljakut mausoleumi aluse juures.

Ei ole raske aru saada põhjustest, miks tina ja vask muutusid muistsete inimeste tähelepanuobjektiks ja miks pronksil oli nii suur osa inimkonna kultuuriajaloos. Vaske saadakse maakidest suhteliselt kergesti, kuid veel lihtsamalt saadakse metallilist tina, mille sulamistemperatuur on ainult 232 kraadi. Tarvitseb ainult segada tinamaak (kõige tähtsam neist on kassiteriit ehk tinakivi — tina ühend hapnikuga) söega, süüdata süsi põlema ja puhuda õhku tavalise sepalõõtsaga, mida kasutasid inimesed tuhandeid aastaid tagasi, selleks et tina välja sulatada. Igal juhul Kesk-Euroopas, kuhu andmed metallide kohta jõudsid muistsetest kultuurikolletest, oli tina tuntud 2000 aastat e. m. a. Egiptlased võisid tina saada maakidest juba 3000 aastat tagasi e. m. a. Tina nimetus (sanskritikeelsest sõnast *stha,* mis tähendab kõva) tõestab, et Idamaadel

tunti seda metalli veel varem, üle 4000 aasta tagasi enne meie ajaarvamist.

Tina oli tuntud ka foiniiklastele. Nad valmistasid tinast veevärgitorusid. Tinatorusid on leitud Kartaago koloonia varemetes Sitsiilia saarel.

Võib oletada, et esialgu saadi pronksi juhuslikult või saadi maak, mis sisaldas samaaegselt nii tina kui ka vaske. Hiljem valmistati pronksi kindla retsepti järgi, mida tõendavad muistsete pronksesemete analüüsi tulemused.

Vabas olekus on tina hõbedaselt läikiv metall, mille erikaal on 7,3 ja sulamistemperatuur 231,9° C. Tal on selgesti väljenduv kristalne struktuur. Tinakepi painutamisel kostab iseloomulik ragin, mis on saanud nimetuse «tinaragin». See on seletatav arvatavasti kristallide hõõrumise ja rebenemisega. Muuseas, see on võib-olla ainuke juhus, kus kuulmist kasutatakse keemias analüütilisel eesmärgil. Kuna tina on pehme ja veniv, siis on teda kerge valtsida. Õhukesed tinalehed — lehtmetall ehk stanniool on kasutusel kompveki- ja kondiitritööstuses šokolaadi, kompvekkide ja teiste ainete pakkimisel.

Üle kolmesaja aasta tagasi pandi tähele, et tina püsib hästi puhta raua pinnal ja kaitseb seda roostetamise eest. Samal ajal oli sajanditepikkusest tinanõude kasutamisest teada, et tina peaaegu ei tuhmu ning tinanõus oleval toidul ei ole ebameeldivat kõrvalmaitset. See määras tina kasutamise «konservipurgi metallina», mis praegu on niisamasugune igapäevane tarbeese nagu tikud ja elektrilamp.

Pärast seda, kui konservipurk visatakse ära, ei lõpe tina ajalugu, nagu ei lõpe ta ka valge pleki lõikamisjäätmetega. Ees on kohtamine kloori või elektrivooluga. Kui niisugusele vanale purgile lasta kuiv kloorijuga, siis reageerib tina klooriga ja moodustub tinakloriid, millest võib uuesti tina eraldada või saada tinahappe sooli, mida ammust ajast kasutatakse kangaste värvimisel.

Teemasin, mis meie päevil on muutunud rohkem ehteasjaks kui majapidamise vajaduseks, on seestpoolt tinutatud, s. t. kaetud õhukese tinakihiga. Tina sisaldavad ka kööginõud ja jootekohad raadiovastuvõtjas. Igaüks, kes armastab ise kõike meisterdada, teab, et tinutamisel ei ole tingimata vaja võtta puhast tina, vaid parem on kasutada tina ja plii sulamit.

Igapäevasesse ellu ja tehnikasse kindlalt juurdunud tinal, millel on rida hinnalisi omadusi, on samal ajal, võrreldes teiste metallidega, veel täiesti ebatavalised omadused.

...Palju aastaid tagasi suundus hästivarustatud ekspeditsioon Siberisse. Kõik nõud olid valmistatud tinast. Niipea kui ekspeditsioon jõudis Siberisse, muutus olukord koomiliseks: toitu oli, kuid nõud pudenesid halliks pulbriks. Kohalikud elanikud, kes saatsid neid, aitasid hädast välja. Nad valmistasid puust lusikad ja kausid.

1912. a. varustas tuntud polaaruurija Scott ekspeditsiooni Lõunapoolusele kõige tarvilikuga. Vedelkütuse anumad ja plekknõud olid kinni joodetud tinaga. Külma käes nõud purunesid ja kütus voolas välja. Scotti ekspeditsioon hukkus.

Tuntud keemik, akadeemik I. A. Kablukov jutustab oma mälestustes sellest, kuidas tema õpetajale V. V. Markovnikovile toodi uurimiseks teekann tsaari intendantuuri tagavaradest. Kogu teekannu korpusel, räägib Kablukov, olid mingisugused hallid plekid ja sete. Teekannu seinad pudenesid pulbriks kergel puudutamisel käega. Analüüsimisel ei avastatud tinas mitte mingisuguseid lisandeid. Põhjus peitus tinas endas. Temperatuuril alla —13° C on tina püsivaks modifikatsiooniks (tina esineb kolmes teisendis) hall pulbriline vorm (erikaal 5,8). Seetõttu algab temperatuuri langusega tavalise, kristalse vormi üleminek halliks pulbriliseks vormiks. Ülemineku kiirus on seda suurem, mida madalam on temperatuur. Nagu näitasid vene teadlased A. P. Komar ja K. Ivanov, saavutab ülemineku kiirus maksimumi —33° C temperatuuril. Sellepärast hukkuski Scotti ekspeditsioon, ning kütmata intendantuuri laos saadi karmil talvel teekannudest ja sõdurinõõpidest hunnik halli pulbrit. Tina «haigus», mis on seotud tina kristalse vormi üleminekuga pulbriliseks vormiks, sai nimetuse «tinakatk». Võib-olla esineb tavalise tina «nakatumine» ka kokkupuutel «haige» pulbrilise tinaga.

Üle 200° C, s. t. tina sulamistemperatuuri lähedal, läheb tina üle kolmandaks modifikatsiooniks, mille erikaal on 6,6 ja mis on väga rabe. Selles vormis on tina kerge pulbristada.

Kümnest tina looduslikust isotoobist on üks isotoop massiarvuga 124, mida looduslikus segus on umbes 6%, radioaktiivne. Tekib küsimus, kas ei mürgita ennast suu-

rem osa inimkonnast, kes kasutab plekkpurkides konserve, radioaktiivsete lagunemisproduktidega. Küsimus on täiesti seaduspärane, kuid kartused on ilmselt asjatud. Selle isotoobi poolestusaeg on kujuteldamatult suur ja nimelt 150 miljonit miljardit ($1{,}5 \cdot 10^{17}$) aastat. Järelikult toimub lagunemine niivõrd aeglaselt, et kui konservid oleksid säilinud inimese ilmumise momendist Maa peale (1 000 000 aastat), siis ka sel juhul ei oleks konservipurki kogunud küllaldasel hulgal lagunemisprodukte, mis võiksid kahjustada inimese tervist, kes niisuguseid konserve sööb.

Tarvidus tina järele on suur, kuid selle varud Maal on piiratud. Tina põhilisteks varustajateks maailmaturul on Malaia, Indoneesia ja Boliivia. Olles kapitalistlike maade hulgas tina tootmises kolmandal kohal, on Boliivia tähelepanuväärne veel selle poolest, et tinamaakide põhiliseks allikaks on ajaloos hõbedakuhjumise poolest tuntud Potosi mägi.

Olles kolme sajandi vältel üheks kõige rikkamaks hõbedamaakide allikaks, oli Potosi mägi kui loodusliku hõbeda varaait lõppude lõpuks ära kulutatud. Mäejalamile kerkinud Potosi linn, mille hõbeda kuulsus pimestas kolm sajandit üliahneid liigkasuvõtjaid, kapitaliste, igasuguseid avantüriste ja spekulante, paistis alatiseks kaduvat kaubandusliku huvi hiilgavast sfäärist. Potosi linn, mille sünnitas mägi, tõepoolest uinus. Kuid tema uni ei olnud pikk. XIX sajandi lõpul leiti mäe seest tina. Tehnika ja tööstuse tormiliseks kasvuks ei olnud tina võib-olla mitte vähem hinnaline kui hõbe. Algas Potosi linna uuestisünd. Jällegi, nagu varem hõbeda järele, laskusid šahtidesse tina järele maa päriselanikud, indiaanlased. Tulu aga said maa «peremehed» — välismaalased — endale. Peremehed küll vaheldusid, hispaanlaste asemele tulid ameeriklased, portugaallaste asemele inglased, kuid töötingimused ja ekspluateerimise meetodid jäid endisteks.

Välismaa kapital hakkas valitsema maa põhilise rikkuse — tina üle. On küllaldane mainida, et kolm kompaniid — «Aramayo», «Patinno» ja «Hochschild» — kontrollisid kuni viimase ajani peaaegu 80% Boliivias toodetud tina.

NSV Liidus asuvad tööstusliku tähtsusega tinamaagid Ida-Siberis ja Jakuutia ANSV-s.

STAHLHAUSENI KLOOSTRI KLOOSTRIÜLEMA EKSITUS

51. ANTIMON — *Stibium* (Sb)

Raamatu «Vahva sõdur Švejki seiklused» autor Jaroslav Hašek annab jutustuses «Elukivi» naljatlevalt edasi, kuidas 1460. a. Stahlhauseni kloostriülem Baieris, tegeldes «filosoofilise kivi» ja «elu eliksiiri» otsimisega, avastas metalli, mida sead sõid meeleldi ja rasvusid seejuures kiiresti. Märganud tema poolt avastatud metalli sellist omadust, otsustas kloostriülem mungad rasva ajada. Selleks pani ta munkade põhitoidu, tatrapudru sisse peenestatud metalli. «Hommikuks olid kõik nelikümmend munka», kirjutab Hašek, «surnud hirmsates piinades.» Kloostriülem nimetas pulbri ladina keeles *antimoniks,* s. t. vahendiks munkade vastu.

Peatumata selle väite ajaloolisel väärtusel, märgime, et *antimoni* kasutati Lääne-Euroopas stiibiumi tähistamiseks XVIII sajandi lõpust alates.

J. Hašeki kirjeldatud loo kirjutamise ajendiks oli arvatavasti antimoni kasutamine ravimisel tundmatu alkeemiku poolt, kes varjas end Basilius Valentinuse varjunime all (1470. a.).

Olles monograafia autoriks antimoni kohta, mis on tuntud nimetuse all «Võidukas antimoni sõjavanker», propageeris Basilius Valentinus intensiivselt antimoni ja selle ühendite kasutamist ravimisel. Lähtudes kulla puhastamisel kasutatavast meetodist, mis seisnes kulla kokkusulatamises antimoniga, mille tulemusena lisandid läksid räbusse, tuli Valentinus mõttele, et antimonipreparaate võib kasutada ka ravimisel. Selle kaalutluse aluseks oli ettekujutus haigustest kui nähtustest, mille põhjustavad

organismi veres olevad kahjulikud «lisandid». Puhastades organismi nendest lisanditest antimonipreparaatide abil, võib Valentinuse arvates anda haigele tagasi kaotatud tervise.

On alust oletada, et antimoni «ravivaid» omadusi katsetas Basilius Valentinus benediktlaste ordu munkadega, kuhu muuseas kuulus ka «Võiduka antimoni sõjavankri» autor ise. Kasutatud antimonipreparaadid ei andnud tegelikult raviefekti, vaid isegi vastupidi, mungad hukkusid selle toime tagajärjel. See andis põhjuse nimetada preparaatide koostisse kuuluvat stiibiumi «antimoniumiks». Hiljem muutus see rahvusvaheliseks nimetuseks.

Nimetus «stiibium» tuleneb türgikeelsest sõnast *sjurme,* mis tähendab sissehõõrumine, kulmude joonistamine. Ühed antimoniühendid on mustad, teised oranžpunased. Möödunud sajandite koketsed moedaamid kasutasid mõningaid antimoniühendeid. Igal juhul, araablased kauplesid Idamaadel juba iidsetel aegadel kulmuvärviga, mille koostises oli antimon.

Võimalik, et ei värvinud ennast mitte ainult moedaamid, vaid ka keigarid. Ajaloolise romaani «Samuel» autor Raffi kirjeldab üksikasjaliselt selle kosmeetikaoperatsiooni tehnikat: «Nooruk tõmbas põuest välja nahkkoti, võttis peene, teritatud kuldpulga, viis huulte juurde, hingas sellele, et pulk muutuks niiskeks, ning asetas pulbrisse. Seejärel hakkas ta antimoni panema silmadele.» Muistsete matmispaikade väljakaevamistel Armeenia territooriumil leiti kõik kosmeetika tarbeesemed: kullast valmistatud peenike, teritatud pulk ja imeväike poleeritud marmorist laegas. Võib arvata, et Raffi poolt mainitud pulber ei olnud antimon, vaid selle looduslik ühend — antimontrisulfiid, mille üks modifikatsioon on lillakasmust. Meieni ei ole jõudnud andmeid selle aja «lõnguste» silmahaiguste kohta, kuid nähtavasti talusid paljud neist ilu nimel raskeid piinu.

Ladinakeelne sõna *stibium,* millega praegu nimetatakse antimoni, tulenes kreekakeelsest sõnast *stibi* millega kreeklased tähistasid antimoniiti.

Metalliline antimon oli tuntud juba iidsel ajal. Babüloonias kasutati 3000 aastat tagasi enne meie ajaarvamist antimoni nõude valmistamisel. Trükikunsti leiutamisega hakati antimoni kasutama trükikirja valmistamisel. Sulades 631° C juures, väheneb antimoni ruumala, hangudes aga paisub ning annab hea sulatise, mis täpselt repro-

dutseerib vormi detaile. Trükisulam «trükitina» sisaldab 20% antimoni. Antimoni kasutatakse ka antifriktsiooniliste sulamite valmistamisel ning sulamites pliiga haavlite, šrapnellikuulide ja matriitssulami valmistamisel. Peale selle on antimonil suur tähtsus tuletikutööstuses. Tikukarbi süütepindadel on antimonsulfiidi. Koos punase fosforiga annab ta süütepindadele tumepruuni värvuse.

Elektroonika edusammud avavad uue haru antimoni ja selle ühendite kasutamiseks. Nii näiteks teatas Ameerika Ühendriikide Massachusettsi Tehnoloogilise Instituudi üks teadlane oma ettekandes Ameerika Keemiaühingu koosolekul, et antimon võimaldab valmistada mikroelektronaparaate, mis tarvitavad vähem energiat kui kaasaja pooljuhttransistorid.

Oma uurimistega tegi ta kindlaks, et —232° C jahutatud antimon võib olla ümberlülitajaks ühe miljardiku sekundi jooksul.

Puhtal kujul sarnaneb antimon hõbevalge metalliga. Ta erikaal on 6,6. Antimon juhib halvasti soojust ja on ebatavaliselt habras. Antimoni rabedus on niivõrd suur, et teda võib kergesti hõõruda peeneks pulbriks tavalises portselanuhmris.

On teada mitu antimoni allotroopset teisendit (tavaline hall antimon, kollane ja must antimon). Omapärane on niinimetatud «lõhkeantimon». Seda teisendit saadakse katoodil antimontrikloriidi kontsentreeritud soolhappelise lahuse pikaajalisel elektrolüüsil. Sel teisendil on poleeritud grafiidi välimus, aga ta erineb oma ebapüsivuse poolest. Tarvitseb vaid seda hõõruda klaaspulgaga, kui toimub plahvatus, millega kaasneb soojuse ja tiheda valge suitsu eraldumine. Plahvatuse tulemusena moodustub tavaline hall antimon.

Keskaja keemikud avastasid, et sulas antimonis lahustuvad peaaegu kõik metallid. Metall, mis õgib teisi metalle, on «keemiline kiskja». Võib-olla viisid analoogilised arutlused ka antimoni sümboolsele kujutamisele, milleks on avatud lõugadega hundi kujutis.

Mõningaid antimoniühendeid kasutatakse meditsiinis väärtuslike ravivahenditena inimese ja loomade nakkushaiguste ravimisel (unehaigus, mida levitavad tsetsekärbsed; kala-azar ehk troopiline leišmanioos — progressiivne põrna suurenemine; filarioos, mille põhjustavad lümfisüsteemis elavad niitussid). Teisi antimoniühendeid kasu-

tatakse rögalahtistavate ja harvem oksevahenditena. Eriti laialt kasutati seda antimoni omadust keskajal. Oksenduse esilekutsumiseks anti tavaliselt veini, mida oli hoitud antimonist nõus.

Revolutsioonieelsel Venemaal ei toodetud antimoni. Ei teatud ka selle leiukohti. Nende otsimine ja antimoni tootmine hakkas arenema Nõukogude võimu ajal. NSV Liidus on palju antimonileiukohti, mille arv kasvab aastast aastasse. Mõned neist on leitud juhuslikult. Nii näiteks pöördus 1962. aastal Kõzoli 3. kooli seitsmenda klassi teadusehimuline koolipoiss Volodja Telkov väligrupi geoloogide poole, kes töötasid linna ümbruses, palvega määrata kindlaks leitud mineraali olemus ja nimetus. See oli raske tinahall, metallilise läikega kivi. Uurimine näitas, et Volodja poolt Tannu-Ola mäeahelikust leitud kivi oli antimoni ühend väävliga, mida mineraloogid nimetavad antimoniidiks. Geoloogid avastasid leiukohal tööstuslikuks töötlemiseks kõlbliku antimonimaagi peamise väljumiskoha. Antimoni leiukohad Tuva ANSV-s avastati esmakordselt.

PARADOKSAALNE KULD

52. TELLUUR — *Tellurium* (Te)

Puhas telluur meenutab väliselt metalli, kuid paljude teiste omaduste järgi on ta metalloid[1]. Muuseas, sõna *metalloid* sõnasõnalises tõlkes tähendab metallitaoline, sarnane metalliga, kuigi tavaliselt omistatakse sellele sõnale täiesti vastupidine tähendus.

Aurum paradoxum — paradoksaalne kuld, nii nimetati telluuri pärast seda, kui XVIII sajandi lõpul avastati ta Müller von Reichensteini poolt mineraal sülvaniidis hõbeda ja kulla ühendina. Ootamatu oli see fakt, et tavaliselt alati ehedalt esinev kuld avastati ühendis telluuriga. Sellepärast nimetatigi telluuri, millele omistati kullaga sarnased omadused, paradoksaalseks kullaks. Hiljem (1798. a.) kui M. Klaproth uuris üksikasjalisemalt uut ainet, nimetas ta keemiliste «imede» kandja Maa auks telluuriks (ladinakeelsest sõnast *tellus* — maa). Seda nimetust hakkasid tarvitama kõikide maade keemikud.

Puhtal kujul on telluur kõva, valkjashall, metallilise läikega kristalne aine. Kõrge sulamis- (450° C) ja keemistemperatuur (1390° C) suurendavad tema sarnasust metallidega. Telluur juhib elektrivoolu. Telluuri elektrijuhtivus suureneb valgustuse suurenemisel.

Telluuri kasutatakse peamiselt pliikaabli tootmisel. Telluuri lisamisel (0,1%) muutub plii tugevamaks ja elastsemaks. Samal ajal suureneb sulami vastupidavus mitmesuguse keemilise toime suhtes. Mõningaid telluuriühendeid kasutatakse klaasi ja portselani värvimisel pruuniks,

[1] Metalloid — mittemetallide vananenud ja ebatäpne nimetus. *(Tõlk.)*

punaseks või roosaks, fotograafias fotode toonimisel ja bakterioloogias mikroorganismide värvimisel.

Telluuriühendid on mürgised. Telluurimürgistuse puhul eraldub viimane aeglaselt organismist lenduvate, ebameeldiva lõhnaga ühendite moodustumisega. Selle lõhna iseloomustamiseks on raske valida sobivat sõna: hirmus, talumatu, väljakannatamatu. See on lihtsalt uskumatult vastik, inimesele talumatu lõhn. Kirjanduses on kirjeldatud juhtumeid, kui keemikutel, kes töötasid hooletult telluuriühenditega, tuli paariks nädalaks sõita linnast välja «ennast tuulutama», kuna nendelt eraldus väljakannatamatu hais. Kuidas nad aga iseendid «välja kannatasid»? Nad ei pannud tähele seda haisu. Meie lõhnade eristamise «aparaat» on väga tundlik ainult lühikest aega. Närvilõpmed, mis asuvad nina limaskestas, kaotavad pidevalt vastuvõtlikkuse, paralüseerudes telluuriühendite toimel. Nii mõjuvad mitte ainult telluuri, vaid ka seleeni, väävli ja mõnede teiste ainete lenduvad ühendid. Telluuriühendite vastik hais ilmub isegi pärast kõige tühisemate telluurihulkade (miljondike ja kümmemiljondike grammide) sattumist organismi.

Seoses laiaulatuslike uurimistega uute materjalide valdkonnas on kindlaks tehtud, et mõnedel vedelatel ja klaasitaolistel telluuriühenditel, eriti niisugustel, milles ei leidu oksiide, vaid sulfiide, on pooljuhtomadused. Sulam, mis sisaldab arseentelluriide, on üks nendest klaasitaolistest ainetest.

Vismuttelluriidi kasutamine on perspektiivne aparaatide konstrueerimisel, mis muudavad päikesesoojuse elektrienergiaks (termoelektrogeneraatorid). Niisuguste generaatorite üks esimesi katsenäidiseid seati üles Lõuna-Prantsusmaal Touloni linna lähedal. Selle termoelement, mis koosnes vismuttelluriidist, «toitub» päikesesoojusest, mille võtab vastu plaadikujuline kollektor, üldpindalaga 17 ruutmeetrit. Plaadi maksimaalne soojendustemperatuur on kuni 140° C. Päeva jooksul annab kollektori iga ruutmeeter 50 vatt-tundi elektrienergiat. Kasutatav pinge on 24 volti.

Käesoleval ajal on termoelektrigeneraatorite kasutegur ikka veel madal. Kuid teaduslik fantaasia ei kahtle selles, et lähemas tulevikus luuakse küllaldaselt kõrge kasuteguriga patareid. Siis hakkab mitme ruutmeetrise pindalaga soojuskollektori päikesepatarei, mis on paigutatud mõnes

lõunamaa linnas majakatusele, andma elektrienergiat tervele kvartalile. Ei ole kaugel see aeg, kus päikesepatareide kollektorite plaadid, mis on «külalislahkelt» avatud päikesekiirtele kõrbetes ja maakera põuastes rajoonides, kus alati on pilvitu taevas, hakkavad andma tohutul hulgal tasuta elektrienergiat.

Kaheksast looduslikust telluuri isotoobist on üks isotoop, mida on kõige rohkem looduslikus segus (34,49%) ja mille massiarv on 130, radioaktiivne. Tal on muinasjutuliselt suur poolestusaeg — $4 \cdot 10^{16}$ aastat.

HAIGUSTE VÄLTIJA

53. JOOD — *Jodum* (I)

Paljud on selle elemendiga tuttavad punakaspruuni, spetsiifiliselt lõhnava piirituslahuse kaudu, mida nimetatakse joodtinktuuriks. Kellel on tulnud määrida haavu, see on kindlasti kasutanud joodtinktuuri. Puhas jood kujutab endast tumehalle, peaaegu musti metallilise läikega ja terava lõhnaga kristalle, millel on omapärane omadus. Nad muutuvad soojendamisel violetseks auruks, jättes vahele vedela faasi. Seda nähtust nimetatakse sublimatsiooniks, mis eriti sageli esineb orgaanilistel ainetel.

Jood on aktiivsemaid mittemetalle looduses. Seepärast ei esine teda looduses vabal kujul. Joodi kõige tähtsamad ühendid on kaalium- ja naatriumjodiid. Vaatamata sellele, et loodus on suhteliselt vaene joodi poolest, on need ühendid levinud väga laialt. Jutustades oma raamatu «Huvitav geokeemia» ühes peatükis joodist, ei nimetanud A. J. Fersman seda juhuslikult kõikjalolevaks elemendiks. Joodiühendite peamiseks reservuaariks on merede ja ookeanide vesi. Vetikad (lehtadrud jt.) on võimelised koguma joodiühendeid suurtes kogustes. Vetikad ongi puhta joodi saamise allikaks.

NSV Liidus, samuti mõnedes teistes maades, on joodi saamise peamiseks allikaks naftaleiukohtade puurauguvesi. Meie maal ehitati joodi eraldamiseks nendest vetest spetsiaalsed tehased Surahhanas ja Nafta-Tšalis. Joodisisaldus ei ole niisugustes vetes tavaliselt suur (0,005%). Algul rikastatakse vett joodiga päikese käes aurutamise teel, seejärel töödeldakse tavaliselt klooriga, ning eralduva joodi neelavad vastavad toimeained (aktiveeritud

süsi, vaigud jt.). Mõnedes maades, kus vesi on väga suure joodisisaldusega (Indoneesia), on võimalik teostada rikastamist «vasemeetodil». Meetodi olemus seisneb selles, et veele lisatakse vasesoola (vaskvitrioli), mis joodisooladega reageerimisel moodustab vaskjodiidi. Vaskjodiid laguneb kergelt vabaks joodiks.

Joodi poolest kõige rikkam maa on Tšiili, kus toodetakse kuni 1500—1600 tonni joodi aastas. Tšiilis esineb ka kõige haruldasem joodimineraal — lautariit, mis kujutab endast kaltsiumjodaati. Selle mineraali värvusetud või kollakad kristallid on peaaegu kaks korda raskemad kõige laiemalt levinud joodi kõige lähema elemendi, kloori soolast — naatriumkloriidist.

1811. aastal sai Pariisi salpeetrikeetja Courtois vaba joodi. Nimetus *jood* tuleb kreekakeelsest sõnast *iodes*, mis tähendab lilla (joodiaurude värvuse järgi).

Joodi osa loomade ja eriti inimese elus on erakordselt suur. Jood kuulub hormoonide koostisse. Hormoonid avaldavad mõju kasvule, toitumisele, psüühilisele tegevusele, südametalitlusele, soonte seisundile jne. Ühe niisuguse hormooni hulka kuulub ka jood. Seda hormooni ei ole joodita. Hormoonita ei ole aga faktiliselt ka inimest. Kui hormooni tekkimine lakkab varases eas, siis teeb organism läbi niisuguseid muutusi, mis meditsiinilises keeles on tuntud kretinismi nime all. Et ette kujutada, mis on kretinism, palume lugejat kujutada endale täiskasvanud, noort, alla meetri pikkust inimest suure, vääraltarenenud peaga, hämmastavalt kitsa ja kortsulise laubaga, laialiasetatud väikeste silmadega kahvatul, rohekaskollase varjundiga näol. Peente vanaduskortsudega kaetud nägu rippuvate põskede, laiade ninasõõrmete ja tursunud huultega, mille taga mustavad väikesed, purunenud hambad, jätab rusuva mulje. Lühike ja jäme kael läheb üle vääraltarenenud kereks kõverate jalgadega. Esinevad intellektihäired, mis ulatuvad täieliku idiootsuseni, meeleelundite talitluse järsud kõrvalekaldumised, kompimismeele kaotamisest kuni täieliku kurtuseni. Niisugune on kretinismihaige inimene, kellel puudub hormoon, mis ei eksisteeri joodita.

Kuna joodi on peaaegu igal pool vähesel hulgal, siis suhteliselt sagedamini kui täielik kretinism esinevad organismidel häired, mis on seotud ainult joodi puudumisega organismi. Kõige sagedamini ilmnevad

niisugused häired hõõtsiku, suure inetukstegeva kasvaja arenemises kaelal.

Tavalistest toiduainetest on sibul ja merekalad joodi poolest kõige rikkamad. Väheste joodisoola annuste igapäevane tarvitamine (lisandina keedusoolale) võimaldab täielikult vabaneda kilpnäärmekasvajast. Hiinas raviti juba väga ammu kilpnäärmehaigeid merekäsnade tuhaga, mis sisaldab kuni 8,5% joodi. Joodisisaldavate vetikate lisamisel toidu hulka suureneb lehmadel piimaand, lammastel aga kasvab vill kiiremini. Samuti on märgatud joodiühendite väheste annuste viljastavat mõju kanade munemisele ja sigade nuumamisele.

Praegu on teada mitu joodi kunstlikku radioaktiivset isotoopi massiarvudega 125, 128, 130, 131, 132, 133 ja 135. Praktikas on kõige suurem tähtsus radioaktiivsel isotoobil 131. Suhteliselt hiljuti hakati kasutama ka radioaktiivseid isotoope 132 ja 133. Joodi isotoop 131 eraldati 1938. a. Livingoodi ja Seaborgi poolt telluurist, mida kiiritati neutronite ja deutronitega. Seejärel avastas selle Abelson uraani ja lõpuks toorium-232 jagunemisproduktides.

Joodi isotoop 131 on beeta- ja gammakiirgaja poolestusajaga 8 päeva.

Kõige laiemalt kasutatakse joodi isotoopi 131 meditsiinis kilpnäärmefunktsioonide määramisel, samuti ka rea kilpnäärmehaiguste (hüpertüreoosi, halvaloomuliste kasvajate jt.) ravimisel. Mõnede joodisisaldavate ainete võime ladestuda kasvajate kudedes leidis kasutamist koos joodi radioaktiivsete isotoopidega peaajukasvajate täpse asukoha määramisel.

Joodil on ainult üks püsiv isotoop, millele võlgnevad tänu kõik tuntud ühendid ja sealhulgas ka hormoon. Kujutlege, mis juhtuks, kui mõned elemendid, näiteks jood, ei oleks enam püsivad.

Meditsiin on joodi püsiva isotoobi peamine kasutusala. Teda kasutatakse struuma ravimisel, ateroskleroosi ärahoidmisel, rea siseelundite haiguste ja närvisüsteemi ravimisel. See on peamine, kuid mitte ainuke joodi kasutamisala.

Farmatseutiline ja keemiatööstus ning valgustundlike fotomaterjalide tootmine on joodi peamisteks tarbijateks.

ENDINE INERTNE GAAS

54. KSENOON — *Xenon* (Xe)

Selleks et eraldada veel üks inertne gaas, mille olemasolu õhus oli väljaspool kahtlust, kulus poolteist aastat ja suur hulk vedelat õhku. Töödelnud peaaegu sada tonni, s. o. 77,4 miljonit liitrit õhku, sai Ramsay 300 cm^3 uut gaasi. Veidi varem oli tal vähem kui 0,2 cm^3 seda gaasi, millest piisas analüüsiks ja uue elemendi individuaalsuse kindlakstegemiseks.

Raske on endale ette kujutada selle elemendi kasutamise võimalusi, kui arvestada, et ühe liitri ksenooni saamiseks on vaja töödelda miljoneid liitreid õhku. 1 m^3 õhus on 0,08 ml ksenooni. Laboratoorsed katsed näitasid, et elektrilampide täitmisel on ksenoonil suuri eeliseid kõikide teiste inertsete gaasidega võrreldes.

Kui õhku tuleks töödelda ainult ksenooni saamise pärast, siis võiks tema kasutamise võimalust pidada kahtlaseks ksenooni kalliduse tõttu. Asja lihtsustab see, et ksenooni saadakse õhu fraktsioneerival destillatsioonil kõrvalproduktina. Juba on ilmunud ksenooniga täidetud gaashõrenduslambid, mille võimsus ei ole veel ületanud 1 kilovatti.

Moskva elektrilambitehase kollektiiv lõi unikaalse valgustusseadme — ksenoonvalgusti «Siirius». Selles lambis kasutatakse elektrilahendust, mis on reguleeritud pidevaks protsessiks. Lahendus toimus kahekordsete seintega kvartsklaasist nõus, mille vahel tsirkuleerib vesi. «Siiriuse» võimsus on 300 kilovatti. Ta valgustab kuni 100 hektari suurust pindala ning on kõige võimsamaks lambiks maailmas. Kolmefaasilise ksenoonlambi «Siiriuse» katsenäidis, mis on paigutatud «Masinaehituse» pavil-

joni klaaskupli alla Rahvamajanduse Saavutuste Näitusel, valgustas paviljoni saali valgusega, mis ei erinenud päikesevalgusest.

Oma nimetuse sai ksenoon kreekakeelsest sõnast *xenos*, mis tähendab külaline, võõras, kõrvaline.

Ksenooni tähelepanuväärseks omaduseks on tema võime neelata röntgenikiiri. Kuna ksenoon ei ole mürgine, siis võiks teda kasutada meditsiinis organismi siseorganite röntgenograafiliste uurimiste ajal. Kuid ksenooni varude puudumine ei võimalda seda teha.

Ksenoonil on palju isotoope. Tal on üheksa stabiilset ja 20 radioaktiivset, kunstlikult saadud isotoopi. Enamiku isotoopide eluiga on lühike ja kõigub mõnest sekundist mõne minuti, tunni ja päevani. Kõige pikema elueaga isotoobil (massiarv 127) on poolestusaeg 36,4 päeva. Meditsiinis kasutatakse radioaktiivset ksenooni kopsudes gaasivahetuse ja soontes vereringe kiiruse määramisel ning teistel uurimistel, millel on praktiline väärtus haiguste diagnoosimisel ja ravimisel.

Katse leida veel mingisuguseid pidevalt õhusolevaid inertseid gaase ei andnud positiivseid tulemusi. Inglise füüsiku Astoni uurimised olid ajaliselt viimaseks niisuguseks katseks. Lõpetanud 1923. a. mais 400 tonni vedela õhu aurutamise, ei leidnud ta uusi inertseid gaase. Õhus olevat tühist hulka radioaktiivset radooni ei olnud võimalik sel teel muidugi avastada.

Jätkates traditsiooni kohaselt ksenooni nimetamist inertseks gaasiks, näitame me ise üles inertsust. Inertsed gaasid ei ole inertsed. Revolutsiooni keemias alustas 1962. a. keemik N. Bartlett, kes sai ksenooni ja plaatinaheksafluoriidi segust esimese ksenooni keemilise ühendi värvuseta, kõvade kristallidena. Analoogiliselt sooladega on neil arvatavasti ioonstruktuur. Ei möödunud poolteist aastatki, kui oli saadud üle kahekümne ksenooniühendi: ksenoon- (di-, tetra-)heksafluoriid, ksenoontrioksiid... Ainuüksi nende ühendite loetlemiseks kuluks terve lehekülg.

Olles nullrühma elementide keemiateaduse tekkimise juures, soovime sellele teadusharule uusi avastusi.

METALL, MIDA VÕIB SULATADA PEOPESAL

55. TSEESIUM — *Cesium* (Cs)

Metalli, mis võiks sulada peopesa soojuse tõttu (28,5° C), nimetatakse taevassiniseks ehk lasuurseks. Peale elavhõbeda on see kõige kergemini sulav metall looduses.

Metall sai oma nimetuse kahe helesinise joone järgi, mis on hästi nähtavad tema spektris, ning mille järgi avastasid selle 1860. a. Saksamaal Bunsen ja Kirchhoff.

Tseesiumi leidub haruldases mineraalis — pollutsiidis, mida leiti Elba saarel. Selle mineraali uurimisel, mis teostati enne spektraalanalüüsi meetodi avastamist, peeti sel ajal tundmatut tseesiumi kaaliumiks. Tseesium on kaaliumiga väga sarnane. Kuna kaalium on kergem tseesiumist, siis tulemuste arvutamine näitas, et umbes 7% ainet puudus. Uurimisel ei määratud otseselt kaaliumi hulka, vaid arvutati plaatinaühendi kaalu järgi, mille abil viidi tavaliselt kaalium üle lahustumatuks ühendiks. Analoogiliselt kaaliumiga reageeris plaatinaühendiga ka tseesium. See viga oli kaaliumi ja tseesiumi erinevate aatomkaalude tõttu täiesti seaduspärane. Kuid sel ajal ei tunnistatud seda seaduspäraseks veaks (analüüsid tehti õigesti, tseesiumi aga veel ei tuntud) ning mõistatuslik 7% aine kadu pollutsiidis erutas keemikuid. Mõistatus lahendati 1860. a. pärast spektraalanalüüsi avastamist, mis näitas pollutsiidis uue metalli, tseesiumi olemasolu.

Looduses on tseesiumi suhteliselt vähe — ainult 0,00009% maakoore aatomite üldarvust.

Tseesium on veelgi kapriissem kui rubiidium. Ta süttib kergesti õhus, vees aga süttib plahvatusega. Tseesium

reageerib tormiliselt isegi jääga ja paljude keemiliste elementidega (kloori, broomi ja väävliga).

Tseesiumi suurt keemilist aktiivsust õhu (hapniku, lämmastiku) suhtes kasutatakse vaakuumi tekitamiseks raadiolampide valmistamisel. Tarvitseb vaid asetada lambikolbi väga väike tseesiumitükike, kui õhk, mida ei saa enam pumbaga välja pumbata, neeldub momentaanselt tseesiumis.

Televiisor on muutunud linnas ja maal paljudes korterites igapäevaseks tarbeesemeks. Tuleb mainida, et fotoelementideta, mille toime põhineb metallide, nagu tseesium, võimel kiirata valgustamisel elektrone (fotovool), ei oleks võimalik ellu rakendada televisiooniülekannete ideed. Ei ole kaugel see aeg, kui värviline televisioon tõrjub välja praegu eksisteeriva must-valge televisiooni. Värviliste kujutuste edasiandmiseks kasutatakse keerukat antimon-tseesiumkatoodi.

Uute aparaatide — intraskoopide — loomine läbipaistmatute kehade läbivaatamiseks on viimaste aastate suureks leiutuseks. Selle leiutas Teaduste Akadeemia Metallurgia Instituudi tehniliste teaduste doktor P. K. Oštšepkov. Aparaadi töö põhineb sellel, et nähtamatud kiired, näiteks infrapunased kiired, läbides heterogeenseid läbipaistmatuid kehasid, nagu nafta ja selles asuv traat, neelduvad erinevalt selle süsteemi erinevates koostisosades (traat neelab rohkem, nafta vähem). Pärast heterogeense süsteemi läbimist langeb valguskimp tseesiumikristallile ja põhjustab erinevates kohtades erineva fotoemissiooni[1]. Elektronide voog, mis eraldub kristallilt, on ebaühtlase tihedusega ja, langedes elektronkiirgustorule, annab läbipaistmatu keha nähtava kujutise. Nii asendab keeruka ja ohtliku röntgeniaparaadi «kõikenägev silm», mis on võimeline «vaatama» läbi metalli- või puukihi ning «heitma pilgu» meie organismi sisemusse, põhjustamata seejuures mitte mingisuguseid komplikatsioone.

Tseesiumi fotoelektrilised omadused ületavad rubiidiumi omadusi. Nad avavad fantaasiale ahvatlevad perspektiivid valgusenergia otsesest muutmisest elektrienergiaks. Vähesel määral on see juba teostatud fotoelementides, mis on leidnud laialdast kasutamist mitmesugustes tehnikaharu-

[1] Fotoemissioon — elektronide voo kiirgamine metalli pinna valgustamisel.

des. Kuid fantaasia tahab rohkemat. Tungides kaugemale tulevikku, ootab ta tseesiumilt võimsaid fotoelektrilisi seadmeid, mis muudavad päikeseenergia elektrivooluks.

Los Alamose teadusliku uurimise instituudi töötajad Ameerika Ühendriikides, töötades tuuma lagunemisenergia otsese muutmise probleemi kallal elektrienergiaks termoelementide abil, pööravad erilist tähelepanu tseesiumile, mis on ioniseeritud gaasi olekus — «tseesiumplasmale».

«Tseesiumplasma» «baasil» loodud termoelement kujutab endast väikest uraankarbiidist varba (19 mm pikkune ja 6 mm diameetriga), mis asub «tseesiumplasma» atmosfääris. «Tseesiumplasma» on omakorda suletud spetsiaalsesse konteinerisse. Konteineri laskmisel aatomireaktori keskmisse tsooni stimuleerib neutronite voog uraani lagunemist ja soojuse eraldumist varvast. Konteineri välisseintes tsirkuleeriv jahutusvedelik ei lase «tseesiumplasmal» soojeneda ja termoelemendi ahelas uraankarbiid— «tseesiumplasma» tekib elektrivool.

Termoelement, mis muudab tuuma lagunemisenergia elektrienergiaks, minnes mööda vahepealsetest staadiumidest ja jättes kõrvale sel viisil aatomielektrijaamade kõik abiseadmed (katlad, turbogeneraatorid, pumbad jne.), avab ahvatlevad perspektiivid.

Gaasiline tseesium leiab kasutamist ka niinimetatud «keraamilistes elektrilampides». Niisugused lambid, mis koosnevad polükristallilisest ränidioksiidist, kujutavad paberossisuurust toru. Toru on täidetud tseesiumiaurudega. Vaatamata väikesele mõõtmele annab ta ereda, sinaka varjundiga valguse. Kartmata agressiivsete aurude ja gaaside mõju, kasutatakse keraamilisi tseesiumilampe laialdaselt mitmesugustes keemiatööstuse harudes.

Tseesiumisooli kasutatakse meditsiinis mõnede haavandite ravimisel.

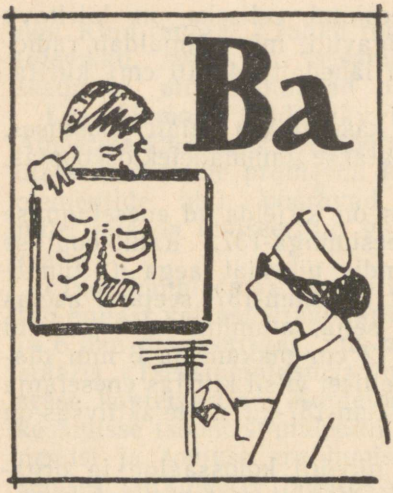
Praegu tuntakse tseesiumi 13 radioaktiivset isotoopi. Üks neist, tseesium-137, mille poolestusaeg on 29 aastat, leiab kasutamist meditsiinis gammakiirtega ravimisel. Kuigi tseesium-137 kasutamine meditsiinilises praktikas näitab, et tseesium-137 raviotstarbelisel kasutamisel ei ole suurt vahet koobalt-60, ei ole tseesiumi allika kaitse nii suur, vaid 1,5—2 korda õhem kui koobalt-60 puhul. Tseesiumiseadme kergus muudab ta liikuvamaks ja mugavamaks raskelt ligipääsetavate kohtade kiiritamisel.

Teiseks radioaktiivse tseesiumi eeliseks on kiiritava annuse kiire vähenemine sügavuti, mis võimaldab radioaktiivset tseesiumi kasutada lähedalt (4—10 cm) kiiritamisel.

Radioaktiivset tseesiumi kasutatakse laialt tööstuses, kus tseesiumkiirgajaid kasutatakse gammadefektoskoopias, mõõtetehnikas jne.

Meditsiinilises kirjanduses on kirjeldatud enesetapmise juhtumit radioaktiivse tseesiumiga-137. Radioloogilise laboratooriumi laborant kandis pikemat aega (5 tundi) pükste taskus radioaktiivset tseesium-137, seejärel asetas riiete alla, ümber kõhu ja selja, alumiiniumist padruni tseesium-137 preparaadiga (2 cm pikkune ja 6 mm diameetriga tseesiumkepike). Sellisel viisil kiiritas enesetapja ennast 20 tunni jooksul tseesium-137-ga, mille aktiivsus on 10 g/ekv raadiumi.

Saadud kiiritusannus oli niivõrd kolossaalne ja organismi talitlushäired niivõrd suured, et vaatamata erakorralistele ja põhjalikele meditsiinilistele abinõudele ei õnnestunud kannatanut päästa ägedast kiiritushaigusest ja selle tagajärgedest. Surm saabus 18. päeval.



ARSTIDE ABILINE

56. BAARIUM — *Barium* (Ba)

Meditsiiniliste ja teaduslike röntgeniseadmete kaitseseinad tehakse tellisest, mis sisaldab baariumiühendeid. Baarium, suurepärane röntgenikiirte neelaja, leiab kasutamist ainult ühenditena. Selle põhjuseks on baariumi suur keemiline aktiivsus. Vabal kujul saadud (1808. a., Davy) baarium on hõbevalge, läikiv, pehme metall, mis reageerib kergesti veega ja süttib õhus löögist põlema.

Mao-soolehaigused toovad mõnikord haige arsti-röntgenoloogi kabinetti. Haiguse täpseks diagnoosimiseks antakse haigele mao röntgenoskoopiliseks uurimiseks «baariumiputru», mis koosneb baariumsulfaadist. 50—100 g baariumsulfaati viiakse organismi ilma igasuguste komplikatsioonideta. Olles lahustumatu, ei omasta teda organism (muuseas, kõik lahustuvad baariumisoolad on väga mürgised). Baariumsulfaat peab kinni röntgenikiiri tunduvalt suuremal määral kui organismi pehmed koed. See võimaldab röntgenoloogidel tühjade organite täitmisel «baariumipudruga» määrata nende anatoomilisi muutusi.

Tehnilist baariumsulfaati kasutatakse hulgaliselt gaasipuuraukude puurimisel, et üle saada ähvardavast maa pulsatsioonist.

Neil juhtudel, kui maakivimite kihtide puurimisel rõhk järsku suureneb ja tekib vee, nafta või gaasi tormilise purske oht, «pumbatakse» puurauku barüütsuspensiooni. On teada juhtumeid, kus puurauku pumbati üle 200 tonni baariumsulfaadi suspensiooni.

Tavaline sõna «magnet» on meie teadvuses seotud kujutlusega hobuserauakujuliselt painutatud metallitükist, mille otsad on värvitud siniseks ja punaseks ning tähistatud tähtedega «S» ja «N».

Vaadates laual lebavaid väikesi tumehalle kettaid, mis sarnanevad optikatöökodades kasutatavate lihvimisketastega, on raske uskuda, et need on magnetid. Nad ei ole metallilised, vaid keraamilised magnetid. Katse hajutab meie hämmelduse. Hoides mõlemas käes ketast, võib veenduda, et igasugune püüe lähendada neid teineteisele lõpeb edutult. Kettad tõukuvad igal katsel lähendada käsi teineteisest eemale suure jõuga (mitu kilogrammi). Tarvitseb vaid pöörata üks ketastest teisipidi, ning nüüd ei ole enam jõudu, et hoida käsi lahus. Nad lähenevad vastupandamatult senikaua, kuni kettad läbilõikava kuiva raginaga puutuvad teineteisega kokku.

Käesoleval ajal on niisuguseid keraamilisi magneteid hakatud massiliselt tootma. Ühe ketta saamiseks võetakse baariumoksiidi ja raua segu, mille paakumine toimub tugevas magnetväljas pressi all. Moodustub baariumferraat, millel on magnetilised omadused.

Baariumsulfaati kasutatakse paberitootmisel täiteainena ja raskendina. Hinnalistes paberisortides, mida kasutatakse obligatsioonide, paberraha ja dokumentide trükkimiseks, on väga palju baariumsulfaati. Kahjutu valge värv «litopoon», mis on baariumsulfaadi ja tsinksulfiidi segu «valge mingi» nime all, leiab laialdast kasutamist maalritöödel. Rahvalikel pidupäevadel ja suurtel rahvapidustustel valmistab ilutulestik, milles kasutatakse baariumsoolu, suurt rõõmu mitte ainult lastele, vaid ka täiskasvanutele. «Veskid», «tulerõngad», «kosed», «draakonid» — kõiki roheliste tuledega tulevärke, kus baariumnitraat värvib leegi roheliseks, ei jõuagi loetleda.

Loodus on rikas baariumi poolest. Baarium moodustab 0,005% maakoore aatomite üldarvust. Mineraalid —

raskepagu (baariumsulfaat) ja viteriit (baariumkarbonaat) on tooraineks baariumühendite saamisel. Raskepaol on suur tihedus (4,6). Mineraloogias nimetatakse teda oma «raskuse» tõttu barüüdiks. Nimetus *barüüt* on laenatud kreekakeelsest sõnast *baros*, mis tähendab raske. Sellest sõnast tulenesid ka metalli nimetus ja keemiline sümbol.

LANTAANI PEREKONNA «ESIVANEM»

57. LANTAAN — *Lanthanum* (La)

Perioodilisuse süsteemi keemiliste elementide hulgas kuulub lantaani «perekonnale» eriline koht.

Lantaanirea elementide omaduste erakordne sarnasus, nende rohkearvulisus ja leidumine ühtedes mineraalides, mis raskendas nende leidmist ja teineteisest eraldamist, nõudis uurijatelt selle perekonna tundmaõppimiseks tohutut tööd ja aega.

Teaduses üldse, ja eriti keemias, ei leia võib-olla teist niisugust näidet, mis oleks pakkunud suuremat teaduslikku huvi, kui seda põhjustas lantaani perekond, mille uurimine moodustas keemia ühe huvitava, keeruka ja segase peatüki.

Lantaani perekonna ajalugu, mis algas XVIII sajandi kaheksakümnendatel aastatel mahajäetud karjääris Rootsi küla Ytterby lähedal, on täis väljapaistvate uurijate arvamuste teravat võitlust, mis tõi endaga kaasa kord tähelepanuväärsete tõdede avastamisrõõmu, kord kibestumisi ja siiraid eksimusi.

Lantaani perekond on keemias tuntud haruldaste muldmetallide nime all. Juba nimetus ise «haruldased mullad» tõendab seda, et lantaanirea elemendid eksisteerisid juba ammust ajast. Me teame, et juba keskaja alkeemikud nimetasid «muldadeks» aineid, mis, erinedes üksteisest mõnede omaduste poolest, olid samal ajal aga ka ühiste omadustega. Need omadused seisnesid selles, et «mullad», millel oli tõepoolest mulla konsistents, ei sulanud ega muutunud kuumutamisel väliselt. Hapete toimel ei hakanud nad «keema», s. t. ei eraldanud gaasimulle ning ei lahustunud

vees. Niisuguste «muldade» näitena võib tuua baariumoksiidi, mida enne Lavoisier'd ja Lomonossovit peeti elemendiks.

XVIII sajandi lõpul ja XIX sajandi algul avastatud esimesed lantaniidide oksiidid, mis vastasid keskaja «mulla» mõistele, erinesid kõikidest sel ajal tuntud «muldadest» selle poolest, et mineraalid, milles nad esmakordselt avastati, olid ise väga haruldased. Nii tekkis, erinevalt üldmõistest «muld», nimetus «haruldased mullad». Kuna haruldasi muldasid oli üksteisest raske eraldada ning muldade koostisse kuuluvaid elemente oli algul võimatu saada puhtal kujul, hakati rääkima haruldaste muldade elementidest ehk haruldastest muldelementidest. Need nimetused on säilinud tänapäevani.

Sellest, kui raske oli eraldada haruldasi muldasid ja veel enam neist puhtaid elemente, jutustab nende üle saja kahekümne aastane uurimise ajalugu, mis oli rikas arvukatest haruldaste muldelementide vääravastustest. Et näidata, kui suur oli eksimiste arv, mis nõudis mõnedelt uurijatelt aastaid vaevanõudvaid ja püsivaid otsinguid, andmata rahu päeval ja ööl, toome alfabeetilises järjekorras «elementide» nimetuste loetelu, mida peeti tavaliselt haruldaste muldade seguks: austrium, berzeelium, viktoorium, glaukodüüm, damaarium, demoonium, detsiipium, ioonium, inkogniitium, kosmium, karoliinium, lüütsium, metatseerium, mosandrium, neokosmium, russium, filippium, eukseenium.

Tuleb märkida, et see «elementide» nimekiri, mille nimetustes poeetiline romantika on läbi põimunud Vana-Kreeka mütoloogia heroilisusega ja nende avastajate patrioodiliste püüdlustega, ei ole kaugeltki lõplik. Mõned «elemendid» tähistati ladina või kreeka tähestiku tähtedega, mõned märgiti rooma numbritega. Need «elemendid» ei ole loomulikult võetud meie nimekirja.

Pärast «valepasside» nimekirja on täiesti loogiline anda ka suure lantaani perekonna elementide ehtsad «nimed», mida nimetatakse selle esimese esindaja — lantaani järgi lantanoididekss (kreekakeelsest sõnast *eidos* — välimus, mis tähendab lantaaniga sarnased). Nende nimetused alfabeetilises järjekorras on: gadoliinium, holmium, düsproosium, euroopium, üterbium, luteetsium, neodüüm, praseodüüm, promeetium, samaarium, terbium, tuulium, tseerium, erbium.

Kaua aega peeti lantaniide perspektiivituteks elementideks ja alles suhteliselt hiljuti, 20—25 aastat tagasi, oli kogu lantaniidide rühm «keemia unustatud valdkond». Kuid kaasaja teaduse edusammud, eeskätt saavutused tuumafüüsika valdkonnas, muudavad «keemia unustatud valdkonna» üheks kõige huvitavamaks ja paljutõotavamaks teadusharuks, millele on koondanud oma tähelepanu mitte ainult teadlased-teoreetikud, vaid ka insenerid-praktikud. Lantaniidide põhjalik uurimine näitab, et neil on erakordselt huvitavad omadused, mis võimaldavad neid kasutada kõige erinevamates teadus- ja tehnikaharudes. 1957. a. augustis ei kirjutatud ajalehes «Pravda» juhuslikult, et nõukogude majanduse tingimustes omandavad lantaniidide praktilise kasutuselevõtmise küsimused esmajärgulise riikliku tähtsuse.

Tuleb märkida, et lantaniidide üle saja viiekümne aastase uurimise kokkuvõttes tehti järeldused, mis on diameetraalselt vastandlikud nimetusele, mida need elemendid kandsid 150 aasta jooksul. Selgus, et paljud haruldased muldmetallid on maakoores levinud tunduvalt rohkem kui teised ammutuntud elemendid, mida mitte keegi ei ole pidanud mitte kunagi haruldasteks elementideks.

Tõeliste haruldaste muldmineraalide arv ei olegi nii väike. Neid on üle 60. Koos nende mineraalidega, milles haruldased muldelemendid on püsivate lisanditena, on lantaniide sisaldavaid mineraale 250. Haruldaste muldelementide avastamine niisugustes mineraalides, kus neid mitte kunagi ei otsitud, oli üllatuseks. Niisugune mineraal on näiteks looduses suhteliselt laialt levinud apatiit, milles on kuni 3% haruldasi muldasid.

Kuna pidevalt suureneb huvi haruldaste muldelementide vastu, siis ei möödu ühtegi aastat, mil teaduslikes ajakirjades ei vilksata teateid haruldaste muldelementide lisandite avastamise kohta ammutuntud või uutes mineraalides. Summaarselt on haruldasi muldelemente maakoores 10 korda rohkem kui pliid, 300 korda rohkem kui antimoni, 1500 korda rohkem kui hõbedat, 2500 korda rohkem kui elavhõbedat ja 30 000 korda rohkem kui igale inimesele hästi tuntud kulda.

Huvi haruldaste muldelementide vastu (pärast eespool öeldut ei ole neid isegi sobiv nii nimetada) kasvas eriti pärast seda, kui lasti käiku esimesed aatomireaktorid, mille töötamisel moodustuvad kõrvalproduktidena harul-

daste muldelementide radioaktiivsed isotoobid. Kuid tuleb märkida, et haruldasi muldelemente on ikka veel puudulikult uuritud. Nende kohta tervikult ei ole ju kuigi palju andmeid, ning mõnede kohta üksikult on teada üsna vähe.

Nüüd räägime sellest, mis on haruldaste muldelementide kohta hästi teada. Räägime nende omavahelisest sarnasusest. Milles seisneb selle nähtuse põhjus, mis võimaldab kogu haruldaste muldelementide rida nimetada näitlikult teisikute perekonnaks? Sellele küsimusele annab vastuse haruldaste muldelementide aatomistruktuur.

Nagu teada, määratakse elementide keemilised omadused nende väliselektronkihi ehitusega. Vaadeldes tabeli viienda perioodi seitsmenda rea elemente, alates elemendi «korterist», mis asub lantaani «elukoha» peal, ei ole raske näha, et kõik elemendid, alates indiumist, võtavad elektrone juurde välisesse, viiendasse elektronkihti. Seepärast muutuvad elektronide arvu suurenemisega selles kihis ka elementide omadused. Tõepoolest, indium erineb märgatavalt tinast, tina antimonist, antimon telluurist jne. Kuuenda perioodi alguses esineb sama seaduspärasus. Tseesiumil, nagu ka temale järgneval baariumil, lähevad elektronid välisesse, kuuendasse elektronkihti. Lantaanil aga on see seaduspärasus rikutud. Uus elektron ei lähe kuuendasse, vaid viiendasse elektronkihti. Lantaanist järgmiste haruldaste muldelementide puhul lähevad uued elektronid tuumast neljandasse ehk väljastpoolt kolmandasse elektronkihti. Elemendil järjekorranumbriga 71 on neljas elektronkiht täidetud ning selle elemendiga lõpeb lantaani perekond. Seega täitub kogu haruldaste muldelementide rea vältel (58—71) neljas (tuumast lugedes) elektronkiht. Ta ei avalda mõju elementide keemilistele omadustele. Väliselektronkiht ja mõnedel elementidel (lantaan, gadoliinium, terbium, luteetsium) ka sellele järgnev elektronkiht on täiesti ühesugused. Väliselektronkihtide sarnasuses peitub ka selle rea kõikide elementide sarnasus, mis on niivõrd hämmastav, et meie poolt antud nimetus peatüki algul omandab peaaegu sõna-sõnalise tähenduse.

Väljastpoolt kolmanda elektronkihi täitumisega lantanoididel on seotud veel üks huvitav nähtus, mis on teaduses tuntud lantanoidse tihenemise nime all.

Kui väiksed ka ei oleks aatomite mõõtmed, sellest hoolimata on iga keemilise elemendi aatomil täiesti kindel raadius, mida ligikaudu võib defineerida kui tuuma ja

väliselektronkihi vahelist kaugust. On täiesti selge, et ühe elemendi aatomi üleminekul teise elemendi aatomiks muutuvad ka aatomraadiused.

Aatomraadius muutub nähtavasti koos elektronkihtide arvu muutumisega, mida täheldatakse elementide aatomite vaatlemisel, mis asuvad erinevate ridade ühes ja samas rühmas. On selge, et aatomraadiused suurenevad elementide rühmades ülalt alla, kui suureneb elektronkihtide arv. Märksa keerukamalt toimub aatomraadiuste suuruste muutumine elemendi aatomitel, mis asuvad ühe ja sama rea erinevates rühmades. Ühe ja sama orbiidi täitumise korral ei tohiks ilmselt toimuda aatomraadiuse suurenemist. Kuid ühe keemilise elemendi üleminekul teiseks tuumalaengu suuruse ning järelikult ka tuuma ja välise-elektronide vahelise külgetõmbejõu muutumise tagajärjel muutub ka aatomraadius. Seega ei ole kahel kõrvutiasuval elemendil ühesugused aatomraadiused. Aatomraadiused vähenevad reeglina tuumalaengu suurenemisel. Reas, kus asub lantaan, muutub aatomraadius tseesiumilt baariumini ja baariumilt lantaanini järgmiselt: 2,68, 2,21, 1,87[1]. Lantaani perekonnas aga peaaegu ei toimu enam edasist aatomraadiuse vähenemist. Vaatamata sellele, et tuumalaeng kasvab lantaanist kuni perekonna viimase elemendini (luteetsiumini) 14 ühiku võrra, väheneb aatomraadius ainult 0,14 ongströmi. Samal ajal kui tseesiumi ja lantaani vahel laengu suurenemisel kolme ühiku võrra väheneb raadius 0,8 ongströmi. Teadlased peavad selle põhjuseks lantanoidide aatomite omapärast ehitust. Elektronid, mis täidavad lantaniidide aatomite väljastpoolt kolmandat, seesmist elektronkihti, loovad omapärase ekraani, mis nagu kaitseks väliselektrone tuuma kasvava külgetõmbejõu eest. Niisuguse ekraniseerimise tulemusena on lantanoidide aatomraadiused praktiliselt ühesugused. Selles seisneb ka haruldaste muldelementide erakordne omavaheline sarnasus ja eraldamise raskus. Proovige leida oma kalosse neljateistkümne paari hulgast, mis on ühesuguse suurusega.

Nüüd aga jutustame perekonna «esivanemast» — lantaanist.

---

[1] Raadiuse suurus on antud ongströmides. Üks ongström (Å) on sadamiljondik (10^{-8}) sentimeetrit.

Teadmishimuliste keemikute eest varjas see element ennast väga kaua, mistõttu anti talle nimetus lantaan (*lantano* tähendab kreeka keeles peitun, varjan end). Rootsi keemik Mosander avastas lantaani 1839. a. Selle avastamise ajalugu on iseloomulik haruldastele muldelementidele, kus uus leiti vanades ühendites, mida kümneid aastaid peeti individuaalselt puhasteks aineteks. Nii juhtus ka lantaaniga. Me ei taha mööda lasta sobivat juhust, et lantaani avastamise näite varal näidata üksikute haruldaste muldelementide avastamisel sageli korduvaid lugusid.

1803. a. eraldasid rootsi keemikud J. J. Berzelius ja V. Hisinger, ning peaaegu samaaegselt ja nendest sõltumata saksa keemik M. Klaproth, ühest ja samast mineraalist uue «mulla», mida nimetati tseeriumiks.

1826. aastal avaldas noor ja andekas Berzeliuse õpilane, Mosander, kes töötas tseeriumimulla kallal, analüütiliste vastuolude alusel kahtlust selle homogeensuses. Rea põhjuste tõttu ei viinud ta töid tseeriumimullaga lõpuni. Kahtlused jäid lahendamata kuni 1838. aastani, mil Mosander alustas uuesti tseeriumoksiidi uurimist. Samal ajal eraldas kõigile tundmatu üliõpilane A. Erdmann, kes analüüsis Norrast leitud mineraali, tseeriumimulla ja leidis sealt veel ühe tundmata oksiidi. Nimetanud uue elemendi Mosanderi auks, kes töötas tseeriumimuldade kallal, mosandriidiks, teatas Erdmann oma uurimustest Berzeliusele. Viimane aga teatas Mosanderile uudise, et uus mineraal on nimetatud tema auks ning iseloomustas selle koostist.

Kuulanud ära Berzeliuse teate ja tutvunud mosandriiditüki ning sealt eraldatud tseeriumimullaga, teatas Mosander omakorda Berzeliusele, et tseeriumimuld, mida 36 aasta vältel peeti individuaalseks aineks, koosneb tegelikult kahe haruldase mulla segust. Üks nendest on juba tuntud «vana» tseeriumimuld, teine — uus muld, mida peale Erdmanni mitte keegi veel ei tunne.

Oma eksimuse ja avastatud mulla lähedaste keemiliste omaduste tunnistamise märgiks tseeriumimullaga, mis võimaldas uuel oksiidil jääda keemikute pilgule märkamatuks üle kolme sajandi, tegi Berzelius ettepaneku nimetada uue oksiidi element lantaaniks.

Üle saja aasta oli lantaan raskelt kättesaadav element mitte ainult tööstuse, vaid ka keemialaboratooriumi jaoks. Puhtal kujul saadi lantaani ja selle ühendeid alles pärast seda, kui laboratooriumide ja tööstusettevõtete praktikasse

juurdus kindlalt niinimetatud kromatograafiline analüüs, mille töötas välja vene teadlane M. S. Tsvet 1903. aastal. Praegu tuntakse kromatograafilise analüüsi mitut varianti. Haruldaste muldelementide eraldamisel osutus eriti efektiivseks ioonivahetuskromatograafia, mida teostatakse ioonivahetajavaikude abil.

Ioonivahetajavaikudeks on tavaliselt keerukad polümeersed orgaanilised ained, mis on võimelised oma pinnal kinni pidama lahustunud ainete ioone. Haruldaste muldelementide eraldamiseks lastakse nende soolade lahus läbi spetsiaalse toru (kromatograafilise kolonni), mis on täidetud vastava peeneteralise vaigu pulbriga. Vaiguterad, mis vahetavad oma katioonid välja haruldase muldelemendi katioonide vastu, peavad need kinni kromatograafilise kolonni ülemises osas. Töödeldes seda vaiku eriliste lahustega (sidrun- või piimhappelahusega), mis moodustavad haruldaste muldade katioonidega kompleksühendeid, pestakse haruldaste muldade katioonid kolonni alumisse ossa. Lantaniidi kompleksühend on seda vähem püsivam, mida aeglasemalt ta liigub mööda kolonni allapoole. Püsivad ühendid liiguvad aga kiiremini ja asuvad kolonnis kõige alumisel nivool. Sel viisil paigutuvad lantaniidide üksikute elementide katioonid kolonni erinevates kohtades, teiste sõnadega, nad eralduvad üksteisest.

Pärast seda, kui saadi lantaani puhtaid sooli, ei tekitanud lantaani saamine enam erilist raskust. Lantaankloriidi elektrolüüsil saadi näiteks metalliline lantaan, mis oma keemilistelt omadustelt meenutab metall kaltsiumi. Lantaan on kõvaduselt sarnane tinaga (erikaal 6,2). Nagu paljud aktiivsed metallid, lagundab ta vett ja reageerib hästi hapetega. Kuumutamisel reageerib ta energiliselt kloori, väävli ja teiste mittemetallidega ning tal on seega tüüpilised metalli omadused.

Lantaan on «ennast kaitsev» metall. Kuivas õhus kattub ta õhukese oksiidikihiga, mis kaitseb teda edasise oksüdeerimise eest. Kuid niisugune «kaitse» tekib ainult kuivas õhus. Niiskus ühineb selle kilega ja moodustab tugeva aluse.

Kuni viimase ajani saadi lantaani segus lantaanile järgneva lantaniidide rühma elemendi — tseeriumiga. Metallide suhe oli selles segus 1:1. Lantaani ja tseeriumi segu sulatamisel saadi sulam, millel olid ränikivi omadused. Lüües terasega selle sulami vastu, tekkisid sädemed.

Kunstlik «ränikivi» leidis laialdast kasutamist tulemasinate valmistamisel. Rauast, tseeriumist ja lantaanist koosneval «ränikivil» ei ole muidugi mitte midagi ühist loodusliku ränikiviga — räniühendiga. Niisugune nimetus anti sulamile selle võime tõttu «pilduda sädemeid» hambulise terasketta hõõrumisel vastu sulamit. Seda omadust kasutati mitte ainult kahjututes välgumihklites, vaid ka kahurimürskudes. Varustades mürsu sellest «segametallist» juhtvööga, oli võimalus jälgida mürsku lennu ajal. «Segametall» andis lennu ajal õhus sädemeid. Seejuures etendas välgumihkli ratta osa õhk, mis hõõrdus vastu metalli.

Lantaaniühendeid kasutatakse klaasi valmistamisel fotoaparaatide kõige paremate objektiivide ja spetsiaalsete kaitseprillide jaoks. Sulamis magneesiumiga kasutatakse lantaani lennukimootorite detailide valmistamisel.

Lantaanile, samuti ka paljudele teistele lantaniididele, kuulub kahtlemata suur tulevik. Omades küllalt suurt keemilist aktiivsust, on lantaan hea desoksüdeerija ja desulfaator. Selles suhtes ei jää ta maha leelismetallidest. Ei ole juhuslik, et suur efekt, mida toob lantaani ja lantaniidide juurutamine praktikasse, annab teadlastele õiguse pidada haruldaste muldelementide kasutamist üheks kõige väljapaistvamaks tulemuseks terasesulatamisel, mis on saavutatud viimase 50 aasta jooksul. Lantaani ja tseeriumi segu tühise hulga lisamine raskelt valtsitavale kroomnikkelterasele avaldab tõepoolest muinasjutulist mõju. Teraste plastilisus suureneb järsult, valtsimine ja töötlemine muutub kümme korda kergemaks ning metalli kadu kaob täielikult.

Kui lantaani ja selle segu teiste lantaniididega hakatakse kasutama metallotermias, avaneb avar perspektiiv ülipuhaste ja raskelt sulavate metallide saamisel. Selles valdkonnas on lantaan ja tema segu tseeriumiga efektiivsemad kui alumiinium ja isegi magneesium. Et selles veenduda, on küllaldane võrrelda alumiiniumi, magneesiumi ja «segametalli» põlemissoojusi (64,3, 71,9 ja 79 kcal/g-ekv).

Lantaani ja teiste lantaniidide sulamitel kergete metallidega, eeskätt alumiiniumi ja magneesiumiga, on suur tulevik. Lantaani ja «segametalli» lisamine alumiiniumi ja magneesiumi sulamitele suurendavad tunduvalt nende mehhaanilisi ja keemilisi omadusi.

Lantaan on leidnud kasutamist ka aatomitehnikas, kus sula lantaani abil teostatakse plutooniumi ekstraheerimist vedelast uraanist. Lantaaniühendeid kasutatakse laialdaselt mitmesuguste reaktsioonide kiirendajatena (katalüsaatoritena). 10% lantaanoksiidi lisamine magneesiumräni katalüsaatorile, mida kasutatakse oktaani saamisel mõnede naftatöötlemisproduktide krakkimisel, suurendab selle efektiivsust kahekordselt.

Looduses on lantaani rohkem kui pliid. Ent looduses ei esine suuri, puhtaid lantaanimineraale. Lantaani võib saada superfosfaadi tootmisel apatiidist, mille varud on meie maal praktiliselt ammendamatud. See kindlustab tulevikus lantaani laialdase kasutamise rahvamajanduses.

ASTRONOOMIA EDUSAMMUDE MÄLESTUSEKS

58. TSEERIUM — *Cerium* (Ce)

1772. aastal ilmus Bonnis Daniel Titiuse raamat nimetuse all «Looduse vaatlemine». Selles raamatus juhtis Titius astronoomide tähelepanu sellele, et planeetide kaugused Päikesest kasvavad korrapäraselt ning et Marsi ja Jupiteri vahel esineb kõrvalekaldumine sellest korrapärasusest.

Titiuse mõte ei kadunud asjatult. Saksa astronoom Zach innustus niivõrd soovist leida Marsi ja Jupiteri vahel tundmatu planeet, et pärast viieteistkümne aasta pikkust ebaõnnestunud otsingut otsustas neid läbi viia organiseeritult astronoomide rühmaga. 1800. aasta septembris jaotati taevas viie saksa astronoomi nõupidamisel Lilienthalis rajoonideks, selleks et «kinni püüda» Päikese tundmatu «alam». Üks nendest rajoonidest määrati itaalia astronoomile G. Piazzile Palermos.

«Taevapolitsei salk», nagu sel ajal naljatades nimetati Zachi poolt organiseeritud astronoomide rühma, ei jõudnud veel asjasse süvenedagi, kui Piazzi teatas, et Päikese «alam» on «kinni püütud». Piazzi avastas uue planeedi XIX sajandi esimesel ööl. Kuid Piazzil ei vedanud. Peagi haigestus ta ja uus planeet, mis oli nähtav seitsmenda järgu tähena, kadus. «Kaotatud» planeeti aitas leida 25-aastane matemaatik Gauss, kes hiljem sai maailmakuulsaks. Tema poolt väljatöötatud planeetide orbiitide väljaarvutamise meetodi abil kolme tuntud asendi järgi taevas arvutas Gauss «kadunud» planeedi orbiidi ja näitas koha, kust oleks pidanud seda taevas otsima.

Astronoom Zach, kes loobus uue, 1802. a. vastuvõtust, avastas kummalise juhuslikkuse tõttu 1802. a. uueaasta esimesel ööl (täpselt aasta möödumisel selle planeedi

avastamisest Piazzi poolt) taeva kohas, mida näitas Gauss, teistkordselt «kadunud» planeedi. Järgmisel ööl avastas selle planeedi hariduselt arst, kutsumuselt amatöör-astronoom Olbers Breemenist.

Austuse märgiks saare vastu, kus töötas Piazzi (Sitsiilia) ja säilitades planeetide nimetamiste traditsioone rooma mütoloogia jumalate nimede järgi, nimetas Piazzi tema poolt avastatud planeedi jumalanna — Sitsiilia saare kaitsja auks roomlaste ajal, Cereseks.

Ceres oli arvuliselt päikesesüsteemi kaheksas avastatud planeet. Ta oli kõige suurem arvukate väikeste planeetide hulgast, mis hiljem avastati Marsi ja Jupiteri vahel. Cerese diameeter on 770 kilomeetrit. Ruumalalt on Ceres niisama palju väiksem Kuust, kui mitu korda on Kuu väiksem Maast.

Astronoomide edusammude auks, mida kroonis Cerese avastamine, nimetati ka 1803. a. avastatud uus element, mis eraldati oksiidina, tseeriumiks. Tseeriumoksiidi ehk «tseeriumimulla», nagu sel ajal nimetati haruldaste muldelementide oksiide, avastamise ajalugu on küllalt huvitav.

Tseeriumi avastamine algas 1751. aastal. Nikli avastaja, esimese «Mineraloogia süsteemi» autor, tuntud rootsi keemik Cronstedt leidis mainitud aastal Rootsis Bastnassi kaevandustes uue mineraali. Mineraal paistis silma suure kaalu poolest. See määras mineraali nimetuse. Cronstedt pani mineraalile nimeks «tungsten».

50 aastat hiljem analüüsis mineraali käesoleval ajal igale koolipoisile tuntud rootsi keemik Jöns Jakob Berzelius koos oma õpetaja V. Hisingeriga. Nad soovisid teada saada, kas tungsten sisaldab «ütriumimulda». Kuid «ütriumimulla» asemel, mille lahus happes on magusa maitsega, leidsid Berzelius ja Hisinger uue «mulla», mis oli väga sarnane «ütriumimullaga». Metall, mis kuulus selle mulla koostisse, nimetati tseeriumiks, mineraal tungsten aga nimetati ümber tseriidiks.

Peaaegu samaaegselt ja sõltumatult Berzeliusest ja Hisingerist leidis saksa keemik M. Klaproth samas mineraalis «tseriitmulda». Klaproth nimetas selle mulla tema võime tõttu kuumutamisel värvuda punakasoranžiks «ookriliseks mullaks» ja mineraali, millest see eraldati «ookriidiks», tuletades need nimetused kreekakeelsest sõnast *ochros*, mida kasutati kuldkollastest kuni pruunikaspunaste mineraalvärvide tähistamiseks.

Prantsuse keemik A. Vauquelin kinnitas «tseriitmulla» koostisse kuuluva tseeriumi avastamise õigsust. Kuid see, mida kõik ülalmainitud uurijad pidasid puhtaks «tseeriumimullaks», oli tseeriumoksiidi ja lantaanoksiidi segu. Puhtal kujul saadi tseeriumi 36 aastat hiljem. Suhteliselt puhas tseerium saadi 1875. aastal Hildebrandi ja Nortoni poolt tseeriumkloriidi elektrolüüsil. Isegi käesoleval ajal ei ole tseeriumi konstantides ühtsust. Erinevuste üle võib otsustada kas või tseeriumi sulamis- ja keemistemperatuuri järgi, mis on antud mitmesugustes käsiraamatutes, milles sulamistemperatuur erineb 164° C ja keemistemperatuur 600° C võrra. Tseeriumi erikaal on 6,9. See on seletatav tehnika suhteliselt vähese huviga tseeriumi vastu, mis on tinginudki tema puuduliku uurimise.

Auer von Welsbachi avastus oli esimeseks tõukeks, mis hakkas äratama praktilist huvi tseeriumi vastu. See seisnes tseeriumiühendite kasutamisel gaasivalgustuses. Auer von Welsbach tegi kindlaks, et tooriumoksiidi ja tseeriumdioksiidiga immutatud materjali asetamisel helenduseta kuuma gaasileeki hakkab ta eredalt helenduma, samal ajal aga puhas tooriumoksiid andis nõrga helenduse. Nii leidis tseeriumdioksiid praktilist kasutamist nn. gaasisukkade valmistamisel ja kindlustas teatud aja valgustusgaasi õitsengu, mis hakkas kaduma areneva elektrivalgustusega ülejõu käiva konkurentsi tõttu. Nad olid kaua aega valguse saamise allikaks, mis valgustas jaamade perroone, näitusesaale ja suurte linnade teatrite vestibüüle.

1884. a. juunis sai Auer von Welsbach patendi gaasisukkade leiutamise kohta ja avas sellega haruldastele muldelementidele tee praktiliseks kasutamiseks. Algasid tooriumi, tseeriumi ja ka teisi haruldasi «muldasid» sisaldava tooraine tööstuslike leiukohtade otsingud. Otsingud olid edukad. 1886. aastal avastati Brasiilias, hiljem ka Indias väga väärtusliku monatsiitliiva lademed. Monatsiitliivaks nimetatakse liivasid, mis sisaldavad peale peenendatud kvartsi ja päevakivimineraalide ka monatsiiditeri, mis koosnevad tooriumfosfaatidest, samuti ka mitmesugustest haruldaste muldelementide, eeskätt ütriumi-, tseeriumi- ja lantaanisooladest.

Kaasaja tehnika suurenenud huvi monatsiitliiva vastu tõendab intsident, mis toimus mõni aasta tagasi Prantsusmaa ja Brasiilia vahel. Brasiilia kallastel tegeles palju Prantsuse laevu homaaripüügiga. Selgus, et süütu homaa-

ripüügi sildi all, milleks Prantsusmaal oli Brasiiliaga erikontsessioon, varastasid Prantsuse laevad mereliiva.

Brasiilia valitsus annuleeris kohe homaaripüügi kontsessiooni ning nõudis Prantsusmaalt «kalapüügiflotilli» viivitamatut väljaviimist Brasiilia territoriaalvetest. Liiv ei olnud muidugi tavaline, vaid monatsiitliiv.

Tseeriumi sädettekitajate omaduste avastamine tema sulamites teiste metallidega (lantaan, raud) leidis laialdast kasutamist välgumihklite tulekivide valmistamisel. Varematel aegadel oli raske leida suitsetajat, kes ei kasutanud välgumihklit.

Kaasaegne tehnika, mis vajab kõrgeid temperatuure ja peadpööritavaid kiirusi, neutronite püüdmist ja suurt vastupidavust tuumakiirguse toime suhtes, hakkas tähelepanu pöörama ka lantaanirea perekonnale. Tseeriumiühendid ning -sulamid raua, lantaani ning teiste selle perekonna elementidega leidsid peagi kasutamist metallurgias, aatomitehnikas ja keraamikas.

Tseeriumi suur keemiline aktiivsus kõrgel temperatuuril ja võime ühineda hapniku, lämmastiku ning väävliga võimaldas tseeriumi ja tema ühendeid kasutada metallurgias desoksüdeerija, desulfaatori ja degasaatorina.

Nagu teada, sõltub malmi ja mitmesuguste terasesortide kvaliteet suurel määral terastes ja malmis sisalduvast hapnikust, väävlist, lämmastikust ja fosforist. Need elemendid avaldavad negatiivset mõju metalli kvaliteedile, suurendades selle murduvust ja rabedust ning vähendades kuuma- ja kulumiskindlust. Siit saab selgeks tseeriumi degasaatori, desulfaatori ja desoksüdeerija osa sulamites. Tseerium ja tema sulamid lantaani või rauaga täidavad seda osa suurepäraselt ning ei jää maha mitte ainult alumiiniumist, vaid ka kõige aktiivsemast leelismetallist.

Tseeriumi lisamine alumiiniumile (umbes 0,2%) suurendab alumiiniumi elektrijuhtivust ja parandab viimase mehhaanilisi omadusi. Alumiiniumi ja tseeriumi sulameid kasutatakse lennukiosade ja sisepõlemismootorite silindriplokkide ja -peade valmistamisel. Magneesiumi sulamit tseeriumi ja teiste haruldaste muldelementidega kasutatakse helist kiiremate lennukite, rakettide ja Maa kunstlike kaaslaste kestade valmistamiseks. Tseeriumi lisamine volframile kergendab volframist traadi saamist. Tseeriumi lisamine malmile suurendab tunduvalt viimase vastupidavust ja annab sõna otseses mõttes õiguse rääkida uuest

materjalist — tseeriummalmist. Tseeriummalmist võib valmistada väntvõlle, valtsimismasinate reduktorite aluseid, keresid ja katteid ning gaasi- ja auruturbiinide detaile. Seejuures annab tseeriummalmi kasutamine suurt majanduslikku efekti, mida võib illustreerida näiteks väntvõlli valmistamisel. Sepisterasvõlli valmistamiseks on vaja metallkangi, mis kaalub 12 tonni. Sellest metallkangist valmistatakse võimsal pressil 6-tonnine sepis, millelt seejärel eemaldatakse 4 tonni laaste, et saada kahetonnist väntvõlli. Väntvõlli valamisel tseeriummalmist aga kulub ainult 4 tonni metalli. Metallkangi töötlemisel võlliks eemaldatakse ainult umbes 500 kilogrammi laaste.

Tseeriumi abil õnnestus saada eriotstarbelist kõrgekvaliteedilist terast. Niisugust terast kasutatakse kirurgiliste instrumentide valmistamisel. Selle koostisse kuulub kuni 6% lantaniide, peamiselt lantaani ja tseeriumi.

Raua, mangaani ja tseeriumi sulamid, mida kasutatakse kolbmootorite detailide valmistamiseks, paistavad silma erakordselt väikese paisumiskoefitsiendi poolest.

Laialdaselt kasutatakse haruldasi muldelemente aatomitehnikas. Selles valdkonnas on perspektiivne tseeriumi üks radioaktiivne isotoop, nimelt tseerium-144, mille poolestusaeg on 284 päeva. Eriti sobiv on tseeriumi seda isotoopi kasutada taskuaatomigeneraatorite valmistamisel. Odavus, ohutus, suur kasutegur, pikk tööiga (üks aasta ja rohkem) annavad sellele isotoobile kõik eelised polooniu m-210 ees, mida kasutatakse taolist liiki generaatorites. Plutooniumi võime lahustuda sulas tseeriumis võimaldab tseeriumi, nagu lantaanigi, edukalt kasutada plutooniumi ekstraheerimisel vedelast uraanist.

Tseeriumi kasutatakse niisuguse klaasi tootmisel, mis ei muutu tuhmiks radioaktiivse kiirguse toimel. Haruldaste muldelementide oksiidid, eriti tseeriumoksiid ja mõned teised tseeriumiühendid, on leidnud klaasi valmistamisel laialdast kasutamist kahel täiesti vastandlikul otstarbel. Neid kasutatakse nii klaasi värvimiseks kui ka värvituks muutmiseks. Seejuures on tseeriumdioksiid asendamatuks aineks klaaside värvituks muutmisel. Tseeriumoksiidi selline omadus seletub tema suure oksüdeerimisvõimega, mis muudab raud(II)oksiidi, mida tavaliselt alati on klaasis ja annab sellele inetu, määrdunudrohelise või sinakasrohelise värvuse, raud(III)oksiidiks. Selle reaktsiooni tulemusena muutub klaas heledaks.

Samal ajal kasutatakse tseeriumoksiidi ka klaasi värvimisel. Muuseas, meie maal tuntud Gussevi tehase (Gus-Hrustalnõi linn) kristallivalmistajad katsetasid edukalt kristalli värvimist tseeriumiühenditega õrnkollaseks.

Analoogiliselt alumiiniumiga kattub tseerium õhu käes õhukese oksiidikihiga, mis teatud määral kaitseb metalli edasise oksüdeerumise eest. Nõrga happe toimel aga lahustub see kile. Samal ajal on kuumutatud tseeriumoksiid täielikult lahustumatu hapetes, on väga kõva ning suurepärane materjal optilise klaasi lihvimisel.

Klaasi poleerimiseks kasutatav pulber polüriit koosneb peaaegu 50% tseeriumoksiidist. Teine pool koosneb lantaan-, neodüüm- ja praseodüümoksiididest. Ainuüksi polüriidi kasutamise arvel suurenes lihvimismasinate tootlikkus viimase viie aasta jooksul kaks korda.

Tseeriumiühendeid kasutatakse fotograafias, katalüsaatoritena nafta ümbertöötlemisel, plastmasside, kunstkiudude tootmisel, kangaste peitsimisel, nahkade parkimisel jne.

Eriti hea katalüsaator on tseeriumdioksiid süsiniku ja vesiniku vahelistel reaktsioonidel, mis annavad rea tööstuslikult tähtsaid ühendeid. Laialdaselt kasutatakse tseeriumdioksiidi ka alkoholide dehüdrogenisatsioonil. Tseeriumsulfaat on suurepäraseks katalüsaatoriks vääveldioksiidi oksüdeerimisreaktsioonil vääveltrioksiidiks.

Tseeriumiühendid ei jää kasutamata ka raadiotehnikas ja elektroonikas. Nii näiteks kuuluvad mõned tseeriumhalogeniidid kaarlampide prožektorite ja elektronlampide elektroodide koostisse. Tseeriumi ja tema sulamite, lantaani ning teiste haruldaste muldelementide lisamine nikroomile, millest valmistatakse traati mitmesuguste elektrisoojendusriistade, sealhulgas ka igapäevases majapidamises vajaminevate riistade jaoks, pikendab mitu korda nende seadmete tööiga.

Kui kümme aastat tagasi räägiti tseeriumist kui välgumihklite metallist, siis praegu on ta reaktiivlennukite mootorite sulamite ja isegi hambaproteeside metall. Peatume lühidalt ka hambaproteesidel. Viimasel ajal valmistatakse hambaproteese eri liiki roostevabast terasest. Seda saadakse tseeriumi lisamisel kroomnikkelterasele, mis, nagu teada, on väga raskesti töödeldav. Kuid tseerium annab terasele suurepärased omadused, mis võimaldavad teda kasutada proteeside valmistamisel. Algul on see

sulam pehme nagu vask, mis võimaldab talle anda sobivat vormi. Pärast termilist töötlemist muutub ta aga erakordselt kõvaks sulamiks.

Tseeriumiühendid ei ole jäänud kasutamata ka meditsiinis. Mõned neist leidsid kasutamist merehaiguse puhul, teised olid efektiivseteks vahenditeks oksendamise vastu.

Tseerium on helehall, pehme metall, mille erikaal on 6,9 ja mille kõvadus on ainult veidi suurem plii kõvadusest. Jättes pliile süvendjälje, on tseerium niisama kergesti noaga lõigatav, hästi sepistatav ja tugevalt paramagnetiline. Tseeriumi sulamis- ja keemistemperatuuridest rääkisime me juba eespool. Metalline tseerium esineb mitmes allotroopses vormis. On teada suur arv tseeriumi radioaktiivseid isotoope massiarvuga 131 kuni 146. Poolestusaeg kõigub enamikel isotoopidel kümnest minutist kuni mitme kuuni. Looduslikul radioaktiivsel isotoobil tseerium-142, mida on looduslikus segus 11%, on poolestusaeg $5 \cdot 10^{15}$ aastat.

Ühe tonni maakoore kohta tuleb geokeemikute andmete järgi 10 kuni 100 g tseeriumi. See tähendab, et Maal on tseeriumi rohkem kui niisuguseid üldtuntud metalle, nagu tina, volfram, kaadmium, elavhõbe ja uraan. Tseeriumi niisugune levik ja tema kasutamise perspektiivsus, mida nägime eespool toodud näidete varal, annab kahtlemata õiguse pidada tseeriumi kõige lähema tuleviku metalliks. Kui kümme aastat tagasi meenutati harva tseeriumi kui välgumihklite metalli, siis kümne aasta pärast räägitakse tseeriumist ja teistest lantaanirea elementidest niisama sageli ja niisama palju, kui meie päevil räägitakse alumiiniumist, rauast ja terasest.

LANTAANIREA ROHELINE ELEMENT

59. PRASEODÜÜM — *Praseodymium* (Pr)

1839. aastal pööras lantaani avastaja rootsi keemik Mosander tähelepanu niisugusele asjaolule, et ühtede ja nendesamade lantaaniühendite fraktsioonid, mis olid saadud erinevate meetoditega, ei olnud omavahel päris ühesugused. See fakt püstitas Mosanderi ette küsimuse. Miks nad on erinevad? Kaheaastase vaevarikka uurimise tulemusena vastas Mosander sellele küsimusele, eraldades «lantaanimullast» uue «mulla», mille ta nimetas lähtemullaga erakordse sarnasuse tõttu didüümiks. Mosander tuletas uue «mulla» nimetuse kreekakeelsest sõnast *didymos*, mis tähendab kaksik. Keemiline element, mis kuulus uue mulla koostisse, nimetati didüümiks.

Uurides didüümoksiidi, leidis ka tuntud šveitsi keemik J. Marignac, et erinevatel meetoditel saadud proovid erinevad omavahel. Need faktid lubasid Marignac'il oletada, et «didüümimuld», mille sai Mosander, ei ole individuaalne aine. Kuid sel ajal täiuslike eraldamismeetodite ja nende kontrollimise puudumine ei võimaldanud Marignac'il lõpetada oma oletust katseliselt põhjendatud faktiga.

1860. aastal avaldasid saksa keemik R. Bunsen ja saksa füüsik G. Kirchhoff töö «Keemiline analüüs spektri vaatluse abil». See töö, mis pani aluse spektraalanalüüsi arengule, rikastas keemiat, nagu teame, terve rea uute keemiliste elementidega. Meetodi erakordne tundlikkus, mis võimaldab avastada 10^{-10} grammi ainet, pidi etendama silmapaistvat osa teaduses üldse ja analüütilises keemias eriti.

Kuid analüütiliste uurimiste iga meetodi juurutamisele praktikasse eelneb alati selle selgeksõppimise ja koge-

muste omandamise periood. Seetõttu töötati analüütilises keemias välja kõrvuti spektraalanalüüsi omandamisega ka keemilised meetodid. 1871. aastal tegi D. I. Mendelejev ettepaneku kasutada didüümi eraldamisel lantaanist ammooniumnitraati.

Kasutades spektraalanalüüsi meetodit, kinnitas tšehhi keemik Brauner 1882. aastal eksperimentaalselt, et Marignac'i oletus didüümi heterogeensuse kohta on õige. Aasta hiljem kinnitas «didüümimulla» heterogeensust spektroskoopiliselt ka rootsi keemik Cleve.

Kasutades ammooniumkaksiksoolade pikaajalise fraktsioneeriva kristallisatsiooni meetodit, mida soovitas, nagu juba mainiti, D. I. Mendelejev, jaotas austria keemik Auer von Welsbach 1885. aastal didüümi tema koostisosaks. 18. juunil 1885. aastal tegi Auer von Welsbach selle kohta Viini Teaduste Akadeemia kongressil ettekande, mainimata muuseas seda, mida oli tehtud didüümi heterogeensuse uurimise alal tema eelkäijate poolt.

Nii lõpetas oma «elu» neljakümne viiendal eluaastal mütoloogiline didüüm. Tema koostisosad — kaks uut keemilist elementi — said nimetuse, milles säilisid sõnaosad, mida kasutati varem olematu didüümi tähistamiseks. Element, mis praegu asub lantaniidide reas kolmandal, perioodilisuse süsteemis aga 59. kohal, nimetati praseodüümiks, sellele järgnev element aga neodüümiks.

Erinevalt teistest haruldaste muldelementide ühenditest, mis olid tuntud praseodüümi avastamise momendiks, olid selle soolad helerohelised. Siit tulenes ka elemendi nimetus, mille dešifreeris meie kuulus geokeemik, mineraloog ja rändur A. J. Fersman. *Praseos* tähendab kreeka keeles kahvaturoheline, sõna *didymos*, nagu juba teame, aga kaksik, seega sõna-sõnalt tähendab praseodüüm kahvaturoheline kaksik.

Metallilises olekus on praseodüüm, mis on saadud praseodüümtrikloriidi elektrolüüsil, hall metall, mille tihedus ületab sajandikprotsentides tseeriumi tiheduse. Käsiraamatutes antud sulamis- ja keemistemperatuurist on kõige suurem vastavalt 935° C ja 3000° C. Praegu tuntakse 11 praseodüümi radioaktiivset isotoopi. Nad kõik on lühikese elueaga. Kõige suurem poolestusaeg — 14 päeva on beetakiirgajal praseodüüm-143.

Praseodüümi praktiline kasutamine, mis mõni aasta tagasi asetas väga raskesse olukorda isegi suure erudit-

siooniga keemiku, ei paku käesoleval ajal enam raskusi. Praseodüümi kasutatakse praktikas üha laiemalt mitmesugustel aladel. Praseodüümoksiidid on spetsiaalse pulbri, polüniidi, koostisosaks, mida kasutatakse edukalt klaasi poleerimisel. Praseodüümoksiid on madalal temperatuuril ammoniaagi oksüdeerimisreaktsiooni suurepäraseks katalüsaatoriks. Laiemas ulatuses kasutatakse praseodüümi, eriti koos tema lähima elemendi neodüümiga, klaasi valmistamisel. Praseodüümi lisamine klaasile värvib viimase tumeroheliseks.

UUS ELEMENT

60. NEODÜÜM — *Neodymium* (Nd)

Neodüümi on looduses tunduvalt rohkem kui tema kõige lähemat sugulast — praseodüümi. Kui ühes tonnis maakoore mineraalides on kuni 10 grammi praseodüümi, siis neodüümi on sellessamas hulgas 10 kuni 100 grammi. Muuseas, lantaniidide perekonnas täheldatakse seda, et tema üksikute liikmete levimine looduses oleneb nende asukohast perioodilisuse tabelis. Perioodilisuse süsteemi paarisnumbritega lantaniidid on tavaliselt looduses rohkem levinud kui nende naabrid, millel on paaritud numbrid.

Neodüüm, mis eraldati metallilises olekus klooriühendi elektrolüüsil, on suhteliselt aeglaselt oksüdeeruv hõbehall metall. Neodüümi tihedus on 7, sulamistemperatuur (1024° C) ja keemistemperatuur (3170° C) on kõrgemad kui praseodüümil. Neodüümil on seitse isotoopi. Kaks nendest on radioaktiivsed, astronoomiliselt suurte poolestusaegadega. Neodüümil-150, mis kiirgab beetakiiri, on poolestusaeg $2{,}2 \cdot 10^{18}$ aastat ja teda on looduslikus segus 5,56%. Neodüüm-144, mida on looduslikus segus 23,8%, on tähelepanuväärne selle poolest, et omades suurt poolestusaega ($5 \cdot 10^{15}$ aastat), kiirgab see alfakiiri. See on peale tseeriumi juba teine juhus, kus keskmise aatomkaaluga elementidel, eriti aga lantaniididel, on avastatud peamiselt alfaaktiivsus.

Neodüümiühendid leidsid segus praseodüümiühenditega laialdast kasutamist klaasitööstuses ja keraamikas.

Looduslike kalliskivide hulgas köitsid inimese tähelepanu ammust ajast mineraalid, millel oli võime muuta oma värvust sõltuvalt valgustusest. Nende hulgas sai erilise tunnustuse kallihinnaline kivi, mis mineraloogidel ja juveliiridel on tuntud aleksandriidi nime all. See kalliskivi,

mida esineb peaaegu ainult Uraali kuulsates smaragdide kaevandustes, on huvitav selle poolest, et ta muudab oma värvust. Tavalises hajutatud valguses on aleksandriit tumeroheline, kunstlikul valgustamisel muutub ta tumepunaseks, päikese käes aga sädeleb õrnlillalt omades lillakassinist ja sinakasrohelist helki.

Looduses on vähe niisuguseid mineraale. Ei ole imestamapanev, kui minevikus arvati, et nendel kividel on ebatavaline võime kaitsta kivide omanikke mitmesuguste haiguste eest ning tuua neile õnne armastuses, töös ja elus.

Teatud hulga neodüümi ja praseodüümi segu lisamine klaasile võimaldab valmistada klaasi, millel on aleksandriidi omadused. Sel teel saadud klaasiproovidel on erinev värvus, olenevalt ajast, päevasest ja õhtusest valgustusest.

Meie maa ehisklaasi ja kristallesemete kuulsa keskuse — Gus-Hrustalnõi klaassepad, töötades välja neodüümi manustamise retsepti klaasile, said suurepärase õrnlilla ehiskristalli. Meie maa suurte linnade kunstisalongides ja ehisasjade kauplustes on neodüümkristallide järele suur nõudmine.

Neodüümi kasutatakse samuti värvitu (selitatud) klaasi valmistamisel. Kõige uuemate fotoaparaatide, samuti ka mitmesuguste teaduslike uurimiste laboratooriumide optiliste instrumentide optika saadakse haruldaste muldelementide, sealhulgas ka neodüümi abil.

Klaasid, mis sisaldavad neodüüm- ja praseodüümoksiide, paistavad silma võime poolest neelata ultravioletkiiri. Seetõttu kasutatakse neid kaitseprillide valmistamisel, mis on vajalikud keevitus- ja klaasipuhumistöödel, ehituste fassaadide värvimisel jne.

Neodüümklaasi võimet neelata neutrone kasutatakse prillide valmistamisel, mida vajavad tuumalaboratooriumide töötajad.

XIX sajandi keskpaiku toimus Inglismaal suur raudteekatastroof, millest kirjutasid peaaegu kogu maailma ajalehed. Reisirong sõitis täiskäigul mööda punasest semaforist, mis hoiatas, et tee on kinni, ning sõitis kokku eesoleva reisirongiga. Suur ohvrite arv ja materiaalne kahju kutsus esile üldsuse ägeda meelepaha ja katastroofi põhjuste hoolika uurimise. Kohtulikust uurimisest võttis osa ka tuntud inglise keemik ja füüsik John Dalton. Tutvunud hoolikalt sündmusega, tõestas Dalton, et katastroof ei toimunud vedurijuhi kuritegeliku lohakuse tõttu, nagu kõik

arvasid, vaid sellepärast, et vedurijuhil esinesid häired signaaltulede tajumisel. Selgus, et vedurijuht oli värvipime. Ta ei eristanud punast värvust ja selle varjundeid. Seetõttu ei näinudki ta punast signaaltuld.

See oli ebatavaline avastus. Kuigi arstid oletasid kaasasündinud värvinägemise häirete võimalust juba ammu, kirjeldas Dalton seda defekti esmakordselt niivõrd ammendavalt, et neid häireid nimetatakse seniajani Daltoni nime järgi daltonismiks.

Nüüd on kindlaks tehtud, et värvipimedus esineb küllalt sageli. Ligikaudu neli protsenti meestest kannatab selle puuduse all. Naistel esineb värvipimedus tunduvalt harvem (ligikaudu ühel protsendil naistel). Punase ja rohelise värvi pimedusel on suur tähtsus niisuguste elukutsete (kõik transpordiliigid jne.) valikul, kus värvisignaalide õigest vastuvõtust võib sõltuda sadade inimeste saatus ja isegi elu.

Värvipimedus on ravimatu. On täiesti arusaadav arstide soov aidata värvipimedatel eristada värvitoone. Kuna värvipimedad eristavad värve nende ereduse astme, aga mitte värvuse järgi, siis võivad neid aidata niisugused prillid, mis annavad erinevaid värve edasi erineva eredusastmega. Niisuguseid prille võib valmistada mõnede neodüümiühendite abil. Klaasile lisatakse neodüümiühendeid proportsioonis, mis sõltub sellest, missuguse värvi suhtes on antud daltonlane värvipime.

Neodüüm on leidnud kasutamist ka tuumakütuse tootmisel. Uraanil töötavates tuumareaktorites moodustub uraani «põlemise» protsessis plutoonium, mis on samuti suurepäraseks tuumakütuseks. Kuna mõlemad elemendid on omavahel «sarnased», siis on uraani ja plutooniumi raske eraldada. Antud juhul võib kasutada haruldasi muldelemente ja eriti neodüümi. Sulas neodüümis lahustub plutoonium palju kergemini ja rohkem kui uraan. Sel viisil võib neodüümi kasutada plutooniumi ekstraheerimisel vedelast uraanist.

Neodüümi kasutatakse ka metallurgias. Neodüümi lisamine ülikergetele magneesiumisulamitele suurendab tunduvalt nende kuumakindlust ja muudab magneesiumisulamid vastupidavaks merevee suhtes.

Neodüümi kasutatakse ka meditsiinis. Neodüüm- ja praseodüümsalitsülaat on leidnud kasutamist antiseptilise vahendina.

RAHU NIMEL

61. PROMEETIUM — *Promethium* (Pm)

Vaevalt leidub D. I. Mendelejevi tabelis teist niisugust elementi nagu promeetium, mille avastamisest oleks osa võtnud nii palju väljapaistvaid uurijaid. Vaevalt on tehtud mõne teise elemendi suhtes nii palju kõige täpsemaid ja originaalsemaid katseid, viidud läbi nii palju ägedaid vaidlusi, kulutatud nii palju tööd ja aega, tehtud nii palju vigu, mida peeti avastusteks ja nii palju avastusi, mida peeti vigadeks.

Promeetiumi biograafia, mille esitamine lühidalt on küllalt raske, on väga huvitav, ent segane, pikk ja rikas olulistest detailidest.

Meile näib, et promeetiumi biograafia algus on seotud 1902. aastaga, kui haruldaste muldelementide suur asjatundja tšehhi keemik B. Brauner avaldas Böömi Akadeemias etteloetud ettekandes veendumust selle kohta, et neodüümi ja sellele järgneva elemendi samaariumi aatomkaaludes esinev vahe on liiga suur, mis viitab uue, veel tundmatu elemendi olemasolule.

Kui arvestada, et Brauneri poolt avaldatud mõte Böömi Akadeemias oli tõsiste mõtiskluste tulemuseks katsete üle, mida Brauner teostas haruldaste muldelementide kohta pärast kirjavahetust Mendelejeviga möödunud sajandi 80-ndatel aastatel, siis tuleb promeetiumi biograafiat arvatavasti alustada paarkümmend aastat varem.

Alles pärast inglise füüsiku Moseley tähelepanuväärseid uurimisi, kes näitas, et röntgenikiirguse abil võib täpselt määrata veel avastamata elemente ja näidata nende asetust perioodilisuse süsteemis, algas 61. elemendi biograafia enamiku keemikute jaoks.

Pärast 12 aastat edutuid katseid 61. elemendi eraldamiseks, millest võtsid osa keemikud Katz ja James, austria füüsik Eder, inglise keemik Brinton, inglise füüsik Haddin, ameeriklased Kiwss, Harris, Yntema ning Hopkins, avastasid nad neodüümi ja sellele järgneva samaariumi (tühimiku nr. 61 äärtel olevad elemendid) röntgenispektrite uurimisel elemendi, mis kattis tühja koha. Illinoisi ülikooli auks, kus töötasid Hopkins, Yntema ja Harris, nimetasid nad selle illiiniumiks ja täitsid 61. ruudu tühja koha sümboliga Il.

Ameeriklaste järel teatasid itaalia uurijad Rolla ja Fernandes oma prioriteedist 61. elemendi avastamisel. Firenze linna auks nimetasid nad elemendi nr. 61 «florentsiumiks» ja sümbol Fl paigutati Mendelejevi tabelisse kõrvuti arvuga 61.

Muuseas, itaallased kinnitasid oma pretensiooni avastuse prioriteedile sellega, et nad olevat avastanud elemendi kaks aastat tagasi ja et teade selle kohta olevat paigutatud pitseeritud ümbrikus Lincei Akadeemiasse erikorralduseni.

Sel ajal, kui itaallased taotlesid ameeriklastelt oma prioriteeti, kinnitasid sakslased Meyer ja Dellinger ning ameeriklased James ja Cork, et Illinoisi ülikooli töötajate poolt tehtud avastus on õige, hakkasid skeptikud saksa keemiku Wilhelm Prandtly näol esinema väidetega, et röntgenispektrite jooned, mille järgi «illioniidlased» otsustasid 61. elemendi avastuse üle, ei kuulu elemendile nr. 61.

Prandtly esinemine oli nagu õli, mis valati ägedate vaidluste ja kontrollkatsete tulle illiiniumi-florentsiumi lõplikuks tunnustamiseks. Kui imelik see ka ei ole, kuid mida kiiremini uurijad püüdsid lõpetada 61. elemendi avastamise ajalugu varem saadud tulemuste kinnitamise teel, seda aeglasemalt hakkas lõppema elemendi avastamise biograafia.

Eitavad tulemused järgnesid üksteisele. Tuntud autoriteedid haruldaste muldelementide analüütilise keemia valdkonnas, Auer von Welsbach, Marsh, Takvorian ja teised, ei suutnud oma uurimistega toetada ei ameerika ega ka itaalia teadlasi, kes avastasid kuuekümne esimese elemendi. Peagi selgus, et mitte ükski uurimine, mis tehti pärast Prandtly esinemist, ei andnud neid tulemusi, miliel baseerus elemendi avastamine. Abielupaar I. ja W. Nod-

dackid langetasid lõpliku kohtuotsuse «illioniidlastele ja florentsiinlastele».

8 aastat uurisid nad suure kannatlikkusega ja väga hoolikalt 15 erinevat preparaati, milles oletati elemendi nr. 61 olemasolu. Nad eraldasid üle saja kilogrammi haruldasi muldasid fraktsioonideks, mis sisaldasid neodüümi- ja samaariumiühendeid. Nad täiustasid suure täpsuseni oma analüüsi metoodikat, mis võimaldas avastada kümme miljon korda harvem esinevat elementi kui uuritavas materjalis sisalduv neodüüm või samaarium. Kuid kõik oli asjatu. Elementi nr. 61 ei olnud.

Võttes kokku oma hiiglaslike tööde tulemusi, järeldas Ida Noddack: «Me seisame mõistatusliku nähtuse ees. Kolmevalentsete muldade hulgas ei ole elementi, mille levik on üldiselt seaduspärane ja elektroonne ehitus hästi uuritud.»

Oli vaja välja selgitada, miks elementi ei leitud. Teaduslike uurimiste palavad päevad, mis valitsesid laboratooriumides illiinium-florentsiumi otsimisel, vaheldusid teaduslike üldistuste ja hüpoteeside loomise perioodiga elemendi puudumise kohta teaduslike kabinettide vaikuses. Hüpoteese ja oletusi tekkis palju. Üks nendest oli, et illiinium-florentsiumi ei otsitud sealt, kus ta esineb. Elemendil nr. 61 on erakordne geokeemiline anomaalia ja, olles analoogiline lantaniididega, ei asu ta neile karakteersetes ühendites.

Teise hüpoteesi autorid oletasid, et otsitav element on kõige enam levinud mitte ainult lantaniidide, vaid üldse kõikide perioodilisuse seaduse elementide hulgas, mistõttu ei ole võimalik teda olemasolevate uurimismeetoditega looduses avastada.

Lõpuks kolmas, Ida Noddacki loodud hüpotees tegi julge oletuse, et element nr. 61 on radioaktiivne element, mille eluiga on väga lühike. Seetõttu on juba ammu jäägitult lagunenud maakoores sisalduv hulk, mis moodustus maakoore tekkimisel.

Ida Noddacki hüpoteesi usaldatavus kasvas pärast seda, kui ungari radiokeemik Hevesy tegi 1932. aastal kindlaks, et samaariumil (61. elemendi kõige lähem naaber) on radioaktiivsed omadused. Selgus, et samaarium kiirgab nõrgalt alfakiiri.

Perioodilisuse süsteemi keskel olevate elementide radioaktiivsete omaduste esinemine näis ebatavalisena. Radio-

aktiivsus on ju seotud raskete elementidega, mis asuvad perioodilisuse süsteemi lõpus. Selle esinemine mõnedel kergetel elementidel (kaalium jt.) oli erandiks. Seepärast äratas Hevesy avastus teadlastes huvi radioaktiivsuse ja haruldaste muldelementide vastu. Huvi ei olnud asjatu. 1934. aastal avastas ameerika teadlane Libby, et neodüüm on nõrgalt radioaktiivne. Seega osutusid 61. elemendi mõlemad naabrid radioaktiivseteks. Neodüüm kiirgas beetakiiri.

Nüüd ei olnud enam kahtlust elemendi nr. 61 eksisteerimises. Kui neodüüm kiirgab beetakiiri, siis vastavalt radioaktiivsete muundumiste seadusele suureneb elektroni äraandmisega neodüümi aatomi tuumalaeng ühe ühiku võrra ning moodustub element nr. 61. Järelikult moodustub «mõistatuslik» element looduses, selle mitteleidmine seletub ilmselt niivõrd väikese poolestusajaga, millal tekkimine ühtib suremisega. Füüsikud otsustasid luua «mõistatusliku» elemendi kunstlikult.

Noored ameerika füüsikud Ohio osariigist Pool ja Quill tegid esimese katse elemendi kunstlikuks saamiseks. 61. elemendi sünteesi lähtematerjaliks oli neodüüm, mürskudeks, millega neodüümi pommitati, valiti deuteeriumi tuumad — deutronid. Neodüümi pommitamisel said nad rea lantaniidide isotoope, mille hulgas oli Pooli ja Quilli arvates ka element nr. 61. See tekkis tuumareaktsiooni tulemusena järgmise skeemi järgi. Neodüümi tuum neelas deutroni sattumisel tuuma prootoni ja kiirgas välja neutroni. Saadud uue elemendi täielikuks tõestamiseks oli vaja teostada keemiline identifitseerimine, mida Pool ja Quill ei suutnud teha suhteliselt puuduliku katsetehnika tõttu kolmekümnendate aastate lõpul. Aine mikrohulkade eraldamise eksperimentaalse meisterlikkuse täiustumisega lülitus 61. elemendi sünteesimisele üha rohkem ja rohkem uurijaid. Low, Pooli, Quilli ja Kurbatovi sünteesides 1941. aastal, Wu ja Segre töödes 1942. aastal ning Bethe sünteesides 1946. aastal saadi ja uuriti hoolikalt rida uusi aktiivsusi, mis tõestasid tuumareaktsioonide olemasolu, mis viivad elemendi nr. 61 moodustumiseni. Kõik näis niivõrd selge, et elemendile nr. 61 omistati nimetus tsüklooonium ja sümbol Cy selle tekkimise märgiks tsüklotronil — tuumafüüsika imeaparaadil, milles pommitatavate elementide tuumad — aatomisuurtükiväe osad, saavutavad kosmilise kiiruse. Kuid keemikud ei uskunud enam.

Radioaktiivsuse fikseerimine ei veena neid, et tsükloonium eksisteerib. Nad tahavad mitte ainult näha radioaktiivsuse jälge fotofilmil, vaid ka hoida oma käes seda, mis jälje jätab. Teiste sõnadega — keemilise identifitseerimiseta, s. t. keemiliste omaduste samasuse konstateerimiseta teiste lantaniididega ei tunnustata avastatud elementi.

Ameerika keemikud D. Marinsky, L. Glendenin ja Ch. Coryell leidsid väljapääsu. Kasutanud suures koguses uraan-235 jagunemiskilde — tuumareaktorite töö produkte, leidsid nad viimastes palju haruldaste muldelementide isotoope, mille hulgas «elas» ilmselt ka 61. element. Oletus ei petnud neid. Kasutanud ioonivahetuskromatograafilist meetodit, eraldasid Marinsky, Glendenin ja Coryell lantaniidide viiekümnest isotoobist, mis olid uraani jagunemisproduktideks, kaks 61. elemendi isotoopi. Üks neist oli massiarvuga 147, mis moodustas 2,6% haruldaste muldade kildudest, teine massiarvuga 149 aga moodustas 1,4%. Mõlemad isotoobid saadi samuti ka neodüümi pommitamisel neutronitega.

Abielupaar Coryellide nõuande järgi andsid kuuekümne esimese elemendi avastamise autorid sellele nimetuse promeetium ja sümboli Pm. 61. elemendi nimetus pandi Vana-Kreeka mütoloogilise titaani Prometheuse auks.

Mütoloogiline kangelane Prometheus varastas taevas välgujumalalt Zeusilt tule ja, peitnud selle pilliroovarde, tõi maa peale inimestele. Selle kuriteo eest karistas Zeus Prometheust. Ta aheldati kalju külge, kuhu Zeus saatis iga päev kotka, et piinata abitut Prometheust. Ristinud uue elemendi promeetiumiks, kirjutasid avastuse autorid: «See nimetus mitte ainult ei sümboliseeri uue elemendi dramaatilist saamist nähtaval hulgal selle tulemusena, et inimesed õppisid tundma tuumaenergiat, vaid hoiatab ühtlasi inimkonda sõja raisakullide karistuse ähvardavast ohust.» Uue elemendi nimetus ei ole ainult poeetiline ega elusta mälus mitte ainult Hellase tundmatute autorite suurepäraseid teoseid, vaid on sümboolne ka meie päevil, millal inimkonna raisakullide peas hautakse tuumasõjaplaane.

28. juunil 1948. aastal näidati Ameerika keemiaühingu sümpoosiumil Syracuse's soovijatele promeetiumi keemilisi ühendeid — roosat promeetiumkloriidi ja kollast promeetiumnitraati. Mõlemat soola oli ainult kolm milligrammi, mis on piisav mitte ainult selleks, et näha, vaid

ka käega katsuda. Ka kõige suuremad kahtlejad ei kahelnud enam. Uus «üürnik» paigutati alatiseks «korterisse» nr. 61.

Kasutades tuumareaktorite «jääke» võib käesoleval ajal saada ühe kuu jooksul sadu gramme promeetiumi. On tähelepanuväärne, et maa peal seni avastamata promeetiumil on loodud 15 isotoopi. Enamik neist on lühikese elueaga. Promeetiumi isotoop massiarvuga 147 on suhteliselt pika «elueaga» (poolestusaeg on 2,7 aastat) radioaktiivne mürkaine, mis moodustub aatomipommi plahvatusel. See radioaktiivne isotoop tõotab praktikas saada kogu lantaniidide rühma elementide kõige perspektiivikamaks isotoobiks.

Kuna tal on omapärased radioaktiivsed omadused (tal ei ole gammakiirgust ning beetakiirte energia on väga nõrk), võib promeetiumiga töötada keerukate kaitseseadmeteta. Eriti kasutatakse seda omadust helenduvate segude valmistamisel. Tavaliselt valmistatakse neid fosforestseeruvate materjalide (kristallfosfoor) ja radioaktiivsete elementide soolade segust. Alfakiirgajate esinemise korral halveneb kristallfosfoori kvaliteet ja väheneb järsult helenduse eredus. Põhjustamata kristallfosfoori kvaliteedi langust, tagab promeetiumi kasutamine selle kestva ja ereda helenduse.

Promeetiumi kasutamine on perspektiivne aatomivooluallikate — aatomipatareide loomisel. Promeetiumi aatomipatareides muundub radioisotoobi beetalagunemise energia algul valgus-, seejärel aga elektrienergiaks. Niisuguses patareis on valgusallikaks fosfoori ja promeetium-147 oksiidi (viimase hulk ei ületa 7 mg) peenestatud segu. Fosfoori poolt vastuvõetud beetaosakeste energia muundub infrapunaseks kiirgusenergiaks, mis ränifotoelemendi abil muundub elektrienergiaks. Niisuguse promeetiumipatarei võimsus on 20 mikrovatti ja pinge üks volt. Väliselt on patareil rõhknaelapea suuruse ketta kuju. Patarei miniatuursus, selle laitmatu töötamine rea aastate jooksul (kuni 5 aastat) ja sõltumatus välistingimustest (temperatuur, rõhk jne.) laiendavad piiramatult promeetiumipatareide praktilist kasutamist. Portatiivsed raadiovastuvõtjad ja mitmesugune aparatuur, alates rasketest mehhanismidest, kaugjuhtimise seadmetest ja lõpetades miniatuurse kurtide kuuldetoruga — kõigis neis kasutatakse promeetiumil-147 töötavat aatomipatareid.

Looduses ei ole leitud promeetiumi. Sellest hoolimata asetavad tuumafüüsika hiilgavad edusammud uuesti päevakorda küsimuse promeetiumi esinemise kohta looduses. Teooria näitab, et uraani spontaanse lagunemise tulemusena moodustub promeetium-147. Seega on uraanimaagid kohaks, kus võib leiduda looduslikku promeetiumi. Promeetiumi hulk, mis saadakse uraani spontaalsel (isetekkelisel) jagunemisel, on väga väike. Radiokeemikute arvestused näitavad, et igas sajas grammis uraanis on moodustunud meie planeedi eksisteerimise vältel ($5 \cdot 10^9$ aastat) $6 \cdot 10^{-16}$ g promeetiumi. Kui võtta arvesse, et kogu looduslik uraan koosneb uraanist massiarvuga 238, siis 20 km paksuses maakoores, mis sisaldab $1{,}3 \cdot 10^{14}$ g uraani, ei ole üle 800 g promeetium-147.

Promeetiumi moodustumine looduses võib toimuda samaariumi ja neodüümi isotoopide radioaktiivsel lagunemisel, mis on promeetiumi kõige lähemateks naabriteks D. I. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis. See promeetiumi moodustumise tee on tõestatud teadlaste poolt. Promeetium-150 saadakse neodüüm-150 beetalagunemisel. Ta on lühikese elueaga (poolestusaeg on 2,7 tundi). Aeg, mis on vajalik tema eraldamisel lisanditest, on küllaldane selleks, et ta täielikult kaoks. Sel teel saadud promeetiumi hulk on väga väike ning moodustab vähem kui $8{,}6 \cdot 10^{-19}$ g promeetiumi 100 g kõige haruldasema neodüüm-150 loodusliku isotoobi kohta. Ei ole imestamapanev, kui raske on avastada niisuguseid ainehulki. Prantsuse teadlane Takvorian, kes kulutas promeetiumi otsingutele looduses 15 aastat, ei leidnudki seda. Kui promeetium ka esineb looduses, siis on teda niivõrd kaduvates hulkades, et neid on kaasaja kõige täpsemate meetoditega võimatu avastada.

Vaatamata Takvoriani niisugusele «resolutsioonile», jätkuvad «tabamatu» promeetiumi otsingud ja kes teab, võibolla leitakse ta kunagi ka Maa peal. Asjata ei öelda: «Kes otsib, see leiab!»

TUTTAVA KÕLAGA SÕNA

62. SAMAARIUM — *Samarium* (Sm)

Selles nimetuses tabab vanem põlvkond midagi tuttavat. Samaara — viljakaupmeeste linna vana nimetus — on kõige peenema jahvatusega kõige paremat sorti volga nisujahu pealinn. Samaara on linn Volgal, millega on seotud V. I. Lenini, A. M. Gorki ja V. V. Kuibõševi elu ja tegevus. Samaaras tõlkis V. I. Lenin vene keelde «Kommunistliku Partei Manifesti».

Samaaras kirjutas A. M. Gorki üle 30 ilukirjandusliku teose, nende hulgas ka kõigile tuntud «Laul jahikullist».

Samaaras kuulutasid töölised Suure Oktoobri päevil välja V. V. Kuibõševi juhtimisel Nõukogude võimu. Töötajate soovil nimetati Samaara V. V. Kuibõševi auks ümber Kuibõševi linnaks.

Kahjuks ei nimetatud lantaniidide perekonna elementi selle kuulsa nõukogude linna, kõige rikkamate nafta leiukohtade, maailma kõige suurema raadiojaama ja maailmas ühe kõige suurema kunstliku mere keskuse auks samaariumiks. Elemendi nimetuse tekkimise ajalugu on erakordne oma ootamatuste tõttu.

Möödunud sajandi keskel tegutses Altais ja Uraalis mäepolkovnik, mäeringkonna ülevaataja insener V. E. Samarski. Ta ei paistnud silma erilise andekuse poolest, rõhus töölisi ning rakendas raskeid karistusvahendeid. Kord tõid töölised talle Ilmeni mägedest leitud tundmatu, sametmusta värvi mineraali. Juuresviibiv lipitsev ametnik tegi ettepaneku nimetada mineraal mäeringkonna ülevaataja auks samarskiidiks. Ametniku «leidlikkus» kiideti heaks, mineraal «ristiti» samarskiidiks ja paigutati kollektsiooni.

1878. a. avastati Ameerika Ühendriikides Põhja-Carolinas uus mineraal. Mineraali analüüs näitas, et selles on hulgaliselt haruldasi muldmetalle. See leid suurendas huvi uue mineraali vastu, mille koostis osutus lähemal uurimisel ühesuguseks varemleitud samarskiidiga.

Samarskiit muutus rea tuntud haruldaste muldade uurijate uurimisobjektiks. Nende hulgas oli tuntud prantsuse keemik Delafontaine. Uurides samarskiidi koostist eraldas ta sellest ühendi, mida peeti kolmekümne aasta kestel element didüümi oksiidiks. Kasutades spektraalanalüüsi meetodit veendus Delafontaine selles, et tema poolt samarskiidist saadud oksiid ei ole homogeenne, vaid on nähtavasti tundmatute keemiliste elementide oksiidide segu. Delafontaine pidas ühte nendest tema poolt avastatud uue keemilise elemendi «detsiipiumi» derivaadiks. Oma uurimiste tulemustest teatas Delafontaine Pariisi Akadeemia liikmetele 28. oktoobril 1878. aastal.

Delafontaine'i tööde vastu tundis huvi üks kõige suuremaid lantaniidide perekonna uurijaid, prantsuse keemik Lecoq de Boisbaudran. Ta uuris spektraalselt kõige hoolikamal viisil Delafontaine'i poolt saadud detsipiiniumoksiidi ja avastas selles uue tundmatu elemendi. Kuna avastatud elemendi spektrijooned erinesid Delafontaine'i poolt kirjeldatud detsipiiniumi spektrijoontest, mida Lecoq de Boisbaudran üldse ei näinud, pidas ta «detsipiiniumi» vääravastuseks ja teatas sellest teadusemaailmale 16. juulil 1879. aastal.

Kontrolluurimistega tehti kindlaks, et «detsipiiniumi» ei ole looduses, Lecoq de Boisbaudrani poolt avastatud spektrijooned aga tõestasid, et eksisteerib uus element. Mineraali nimetuse järgi, milles uus element avastati, nimetas Lecoq de Boisbaudran selle samaariumiks. Nii jäädvustati teenimatult polkovnik Samarski nimi, kes mitte millegagi ei pälvinud niisugust au. Kui palju on selles ebaõiglust. Kui juba nimetada element inimese nime järgi, kes mineraali avastas, siis oleks vaja läbi vaadata Sverdlovski arhiivid, üles leida tõeline esimene avastaja ja omistada mineraalile tundmatu töölise nimi.

1903. aastal sai Muthman samaariumi suhteliselt puhtal kujul samaariumkloriidi elektrolüüsil. Vabas olekus on samaarium helehall, läikiv, raskelt sulav (1045° C) metall, mille tihedus on 7,5.

Olles paarisarvuline element, on samaariumil seitse looduslikku isotoopi. Muuseas, 6—7 on nii-öelda «armastatud» isotoopide arv paarisarvulistel lantaniididel. Kõige enam levinud on samaarium-152. Looduslikus segus moodustab ta 26,6%. Samaariumi üks looduslikke isotoope, samaarium-147, mida on 15,1% looduslikus segus, on alfaaktiivne ja väga pika elueaga (poolestusaeg $1{,}25 \cdot 10^{11}$ aastat). Muuseas, see on juba kolmas alfa-radioaktiivsuse juhtum lantaniidide perekonnas, mis on teatud määral selle perekonna «perekondlikuks tähelepanuväärsuseks».

Kaua aega oletati, et alfaaktiivsus esineb ainult perioodilisuse süsteemi rasketel metallidel, mis asuvad omapärase «radioaktiivsuse piiri taga», mis kulgeb plii ja vismuti vahel, s. t. alates 83. numbrist. Alfaosakeste kiirgamine on transvismutelementidel tegelikult domineerivaks reaktiivmuundumiste liigiks. Samal ajal ei ole mitte ühelgi 56 elemendil, mis asuvad lantaniidide ees (vesinikust lantaanini), alfaaktiivsust, kümne loodusliku beetaaktiivse isotoobi poolestusaeg aga ületab Maa vanuse.

Milles seisneb lantaniidide alfaaktiivsuse põhjus? Lähtudes mõnede uurijate järgmistest kujutlustest, võib sellele küsimusele lühidalt vastata järgmist.

On avaldatud mõte, et perioodilisuse süsteemi kõik elemendid on radioaktiivsed. Kuid suurem osa nende isotoopidest on niivõrd pika elueaga, nad lagunevad niivõrd aeglaselt ja märkamatult, et mõõtmistehnika, mida praeguse aja uurijad kasutavad, ei suuda seda radioaktiivsust avastada. Koos sellega on teada, et tuuma püsivust määratakse neutronite arvu (n) suhtega prootonite arvu (p) — $\frac{n}{p}$. Ilmselt saavutab see suhe lantaniidide perekonnas mingisuguse kriitilise suuruse, mille puhul aatomite tuumad muutuvad ebapüsivaks sel määral, mida on võimalik avastada kaasaja mõõteriistadega.

Samaariumi kunstlike radioaktiivsete isotoopide hulgas (neid on 8) on ka kõige pikema poolestusajaga isotoop lantaniidide saja viiekümne kunstliku radioaktiivse isotoobi hulgas. See on samaarium-146, mille sai tuntud ameerika füüsik Seaborg 1953. aastal. See isotoop on alfaaktiivne ja tema poolestusaeg on 50 miljonit aastat.

Samaarium ja tema ühendid on leidnud kasutamist aatomitehnikas. Klaas, mis sisaldab samaariumi, neelab neutrone ja leiab seetõttu laialdast kasutamist läbipaist-

vate plokkide valmistamisel aatomireaktorite kaitseks ning pultide ja teiste seadeldiste valmistamisel. Ei ole välistatud samaariumi ja selle sulamite kasutamise võimalus reguleerimisvarbade valmistamisel tuumareaktorites. Nagu teame, toimub tuumakatla (reaktori) töö juhtimine kaadmium- või boriidterasest (kaadmium ja boor neelavad «ahnelt» neutrone) varbade abil. Asudes reaktorites neelavad niisugused varvad neutrone ning vähendavad uraaniaatomite jagunemiste arvu. Neutrone neelava varva reaktorisse laskmise sügavusega saab reguleerida aatomikatla tööd.

Neutronite neelamise suurus mingisuguse materjali poolt määratakse niinimetatud radiatsioonilise haarde ristläbilõikega. Selle all mõistetakse tuuma ümber joonestatud kera lõikepinda, kuhu sattudes võib neutrone neelata. Seega omistatakse tuumale efektiivse märklaua pindala. Lõikepinda, mis võrdub $1 \cdot 10^{-24}$ cm^2, nimetatakse barniks. Mida suurem see pindala on, seda suurem on ilmselt ka materjali võime haarata neutrone. Samaariumil on ristläbilõike haare 6500 barni, mis ületab kaadmiumi (2500 barni) ja boori (3000 barni) haarde.

Viimastel aastatel on laialt levinud luminestsentslambid, mille töötamiseks on vaja luminofoore. Luminofooride sünteesil on lantaniididel, sealhulgas ka samaariumil, tähtis osa. Kuuludes luminofooride koostisse annavad samaariumi-, samuti ka lantaani- ja tseeriumisoolad neile võime helenduda punases ja infrapunases valguses. Iga päevaga kasutatakse luminofoore tehnikas üha rohkem ja rohkem. Peale luminestsentslampide kasutatakse neid televiisorite, raadiolokaatorite ja elektronoptiliste muundajate elektronkiirgustorudes. Neid kasutatakse ka radioaktiivse kiirguse uurimisel.

LANTANIIDIDE KÕIGE KERGEM ELEMENT

63. EUROOPIUM — *Europium* (Eu)

«Euroopium on keemiline element lantaniidide perekonnast, mille järjekorranumber on 63 ja aatomkaal 152,0». Ainult need kaks rida pühendas Keemia Entsüklopeedia (1961. aasta) sellele elemendile.

Enamik keemikuid ei ole näinud euroopiumi isegi laboratooriumides. Samal ajal aga on euroopiumi maakoores kaks korda rohkem kui hõbedat ja kakssada viiskümmend korda rohkem kui kulda. Kes meist ei ole näinud kulda ja hõbedat? Euroopiumiühendeid tuntakse vähe sellepärast, et nad on laiali paisatud ning puuduvad mineraalid, mis sisaldaksid suuremal hulgal euroopiumi. Alles 1940. aastal õnnestus pärast pikaajalist ja vaevanõudvat tööd eraldada euroopiumiühendeid teiste lantaniidide soolade segust.

Ainult sellega võib seletada fakti, et 1952. a. maksis Ameerika Ühendriikides 1 kg euroopiumoksiidi, puhtusega 98—99%, 300 tuhat dollarit, kusjuures euroopiumoksiidi müüdi 5-grammistes kogustes. Lisame juurde, et ühe kilogrammi puhta kulla hind on 1250 dollarit. Euroopium on lantaniidide hulgas kõige kergem element. Tema tihedus on 5,166 g/cm^3, s. t. peaaegu poolteist korda väiksem kui raual. Radioaktiivsetest isotoopidest pakub kõige suuremat huvi euroopium-155 (poolestusaeg 1 aasta ja 250 ööpäeva). Gammakiirguse esinemise tõttu on ta sobiv meditsiinilises diagnostikas ja defektoskoopias.

Kerged ja portatiivsed läbivalgustamisaparaadid, mis on loodud euroopiumi radioaktiivse isotoobi alusel, on sobivad õhukeseseinaliste metallesemete kvaliteedi kontrollimiseks. Euroopiumi gammadefektoskoopia on kolm korda tundlikum kui laialtkasutatavate tseesiumi ja koobalti radioaktiivsete isotoopidega gammadefektoskoopia.

Euroopiumiühenditest, mis on kahe- ja kolmevalentsed, pakuvad erilist huvi kahevalentse euroopiumi soolad, mis fluorestseeruvad ultraviolettkiirguse toimel. See omadus on tähtis euroopiumi sisaldavate mineraalide analüüsimisel. Isegi kõige rikkamas mineraalis — monatsiitliivas — on euroopiumi väga vähe, ainult 0,002%.

Samal ajal aga on euroopiumi rohkem uuritud kui teisi lantaniide (peale lantaani, tseeriumi ja neodüümi). Selleks on palju põhjusi. Euroopiumi tuumad on võimelised haarama neutrone, mis on vajalikud tuumaenergiaseadmete jaoks. Helenduvad luminofoorid, mis sisaldavad aktivaatorina kümmetuhandikprotsenti euroopiumi, on väga hinnalised astronoomilisteks uurimisteks spektri infrapunases osas. Lõpuks aitas euroopiumi omaduste uurimisele kaasa Chicago firma «Lindsay Leit and Chemical Ko». Aastatepikkuse visa töö tulemusena kogutud paarsada grammi euroopiumisooli andis firma teadlastele uurimiseks. See vabastas teadlasi väga mahukast soolade puhastamise operatsioonist.

Populaarsete väljaannete lehekülgedel vilksatas sõnum selle kohta, et gadoliiniumi, samaariumi ja euroopiumi oksiidide segu kuulub ameerika allveelaevade tuumareaktorite keraamiliste katete koostisse. See ei ole imestamapanev. Gadoliinium, samaarium ja euroopium neelavad soojusneutrone. Elemendi nimetus ei vaja dešifreerimist. Ta avastati Demarcay poolt 1901. aastal.

SOOME KEEMIKU AUKS

64. GADOLIINIUM — *Gadolinium* (Gd)

Gadoliniit on mineraal, mis sisaldab terve rea elemente. Tähtsamad neist on meile juba tuntud. Need on berüllium, raud, räni, hapnik ja vähesel hulgal ka haruldased muldelemendid (tseerium, ütrium jt.). Must või rohekasmust gadoliniit, mis väliselt sarnaneb asfaldi või söega, nimetati algul üterbiidiks oma leiukoha järgi mahajäetud karjääris, Rootsi linnakese Ytterby lähedal. Gadoliniit on suhteliselt haruldane mineraal, mille kõige suuremad leiukohad asuvad Norras ja Rootsis. Oma nimetuse sai ta soome keemiaprofessori J. Gadolini nimest, kes esmakordselt uuris seda mineraali.

1880. aastal avastas šveitsi keemik J. Marignac selles mineraalis lantaniidide perekonda kuuluva elemendi. 1886. aastal anti uuele elemendile soome keemiku, Peterburi Teaduste Akadeemia korrespondentliikme, J. Gadolini mälestuseks nimetus gadoliinium. Looduses on gadoliiniumi peaaegu niisama palju kui pliid, kuid erinevalt pliist on gadoliinium maakoores väga hajutatud.

Mõni aasta tagasi võis gadoliiniumi kohta öelda ainult seda, et ta «ei leia kasutamist», ning see oleks vastanud tõele. Pärast gadoliiniumi omaduste uurimist avastati aga sellised kasutamisvõimalused, mis avavad avara perspektiivi tema rakendamiseks tehnikas. Kõigepealt võib gadoliiniumi kasutada sulamina reguleerimisvarbade valmistamisel tuumareaktorites. Gadoliiniumi ristläbilõike haare on väga suur. See on 18 korda suurem kui kaadmiumil (2500 barni), mida kasutatakse laialt aatomireaktorite töö reguleerimisel.

Seniajani isoleeritakse aatomireaktoreid — võimsaid neutronkiirguse allikaid — mitmemeetriliste betoonseintega, mida on võimalik ehitada maa peale ja suhteliselt lihtsalt suurele laevale, nagu näiteks jäälõhkujale «Lenin». Kuid tuhandetonnise kaaluga lennukit ei ole veel võimalik luua. Täiesti teistsugune on pilt suure koguse gadoliiniumi puhul. Mõne sentimeetri paksune leht muutub siis küllaldaseks kaitseks, ning aatomimootoriga auto projekt läheb fantastiliste romaanide autori käest konstruktori, mehhaaniku, treiali, keemiku ja füüsiku kätte.

Kõige intensiivsemalt neelavad neutrone gadoliiniumi isotoobid massiarvudega 155 ja 157 (gadoliiniumil on 7 stabiilset isotoopi). Neelates neutrone, «põlevad» need isotoobid kiiresti, s. t. muutuvad väikese ristlõikepinna haardega isotoopideks. Selles suhtes on palju sobivamad euroopiumi looduslikud isotoobid massiarvuga 151 ja 153, mis neutronite neelamisel muutuvad suure haardega isotoopideks. Suur võime neelata soojusneutrone on ka gadoliiniumoksiidil.

Gadoliiniumi saamine puhtal kujul nõuab palju tööd ja selle hind on kõrge (1 kg gadoliiniumoksiidi maksab Ameerika Ühendriikides 6000 dollarit, sama hulk kulda — 1250 dollarit).

On veel üks meie igapäevase eluga tihedalt seotud tehnikaharu, milles gadoliinium «tõotab» teostada tõelist revolutsiooni — see on külma saamine. Tuleviku külmutusaparaatide teoreetilise aluse moodustavad gadoliiniumi magnetilised omadused. Olles tugevateks paramagnetilisteks aineteks, kasutatakse gadoliiniumiühendeid (gadoliiniumsulfaati ja -kloriidi) teaduslikes uurimistes ülimadalate temperatuuride saamisel. See saavutatakse küllalt originaalsel meetodil. Gadoliiniumisool, mis asub inertse gaasiga täidetud isoleeritud ruumis, asetatakse magnetvälja. Selle tulemusena kuumeneb sool, millest soojeneb ka gaas. Seejärel pumbatakse gaas välja, magnetväli eemaldatakse ja sool jahutatakse sel viisil madalamale algtemperatuurist. Selle tsükli mitmekordne kordamine põhjustab temperatuuri langust, mis võib saavutada absoluutsele nullile väga lähedase suuruse.

Gadoliinium on üks kõige paramagnetilisemaid lantaniide. Gadoliiniumi magnetiseeritavus ületab raua magnetiseeritavuse, mis avab veel ühe võimaluse gadoliiniumi praktiliseks kasutamiseks.

YTTERBY KÜLA AUKS

65. TERBIUM — *Terbium* (Tb)

Selle elemendi ajalugu algas 1787. aastal, kui vanas mahajäetud karjääris Rootsi küla Ytterby lähedal leidis keemik ja mineraloog, amatöör-kollektsionäär, Rootsi armee leitnant Karl Arrhenius uue mineraali, mille ta nimetas üterbiidiks.

Nagu juba varem jutustasime (vt. «Ütrium»), saadi sellest mineraalist uus «muld», mis sai nimeks «ütriumimuld». Selle koostisse kuuluvat elementi hakati nimetama ütriumiks.

Kuumutades suletud nõus «ütriumimulda», märkas Berzeliuse õpilane Cherer, et kuumutamisprodukt muutus kollaseks. Kui kuumutamist korrati «taandavas» atmosfääris, kadus värvus. See vaatlus võimaldas Chereril oletada, et «ütriumimuld» ei ole individuaalne aine, vaid sisaldab mingisuguseid lisandeid.

Pärast seda, kui Berzeliuse õpilane Karl Mosander eraldas lantaani «tseeriumimullast», mida peeti kaua aega iseseisvaks aineks, muutus Chereri oletus eriti usutavaks. Korrates Chereri katseid tuli Mosander järeldusele, et «ütriumimullas» on tseeriumi ja veel mingisugust lantaaniga sarnast elementi.

«Kui «ütriumimuld» koosneb teiste muldade segust, siis peavad nad ilmselt üksteisest erinema aluselisuse poolest,» arutas Mosander, «üks neist peab sadestamisel sadenema teisest varem».

Mosander asus jaotama «ütriumimulda». Uurimisi kroonis edu. «Ütriumimuld» «jagunes» mitte kahte, nagu ootas Mosander, vaid kolme ossa: kõige vähem aluseliseks «kollaseks mullaks», keskmise aluselisusega «roosaks mullaks» ja kõige aluselisemaks «värvituks mullaks». Täpsemal

uurimisel selgus, et «värvitu muld» oli juba tuntud elemendi (ütriumi) oksiid. «Kollane» ja «roosa» muld aga olid kahe veel tundmata elemendi oksiidid.

Nii täienes lantaniidide perekond 1843. aastal Berzeliuse andeka õpilase Karl Mosanderi tööde tulemusel veel kahe elemendi võrra. Küla nime järgi, mille lähedalt teadlane ja suurepärane ohvitser, nüüd juba surnud Karl Arrhenius leidis kunagi kivi, mis sisaldas avastatud elemente, nimetati neid erbiumiks ja terbiumiks.

Erinedes oma «sugulastest» — lantaanist ja tseeriumist — suhteliselt vähese leviku poolest looduses, erineb terbium nendest ka suure tiheduse poolest (8,2). Terbiumi sulamis- (1450° C) ja keemistemperatuur (2500° C) on samuti suhteliselt kõrged. Analoogiliselt tseeriumi ja praseodüümiga moodustab terbium dioksiidi. Kuid terbiumdioksiid on omapärane. Ta ei ole sõna otseses mõttes dioksiid, vaid kolme- ja neljavalentse terbiumoksiidide segu.

Terbium on paramagnetiline. Ta magnetiseerub tunduvalt kergemini ja kõvemini kui raud.

Terbiumil ei ole looduslikke isotoope ja ta on alfaaktiivne element. Ta poolestusaeg on astronoomiliselt tohutu suur ($5 \cdot 10^{16}$ aastat). Veel kord kerkib esile küsimus: kas mitteradioaktiivsed elemendid ei ole radioaktiivsed astronoomiliselt hiiglasuure poolestusajaga?

Terbiumi kunstlikku radioaktiivset isotoopi terbium-160 kasutatakse analüütilises keemias radioaktiivse indikaatorina.

LIGIPÄÄSMATU ELEMENT

66. DÜSPROOSIUM — *Dysprosium* (Dy)

Düsproosiumi nimetus tuleb kreekakeelsest sõnast *dysprositos,* mis tähendab ligipääsmatu.

Palju aega, jõudu ja visadust tuli teadlastel kulutada selle elemendi otsimisel. Ka elemendi nimetus ei ole juhuslik. Tohutu suur töö ja arvukad eksperimentaalsed võtted, mida nõudis selle elemendi avastamine, õigustab seda nimetust.

Düsproosiumi ajalugu on seotud nendesamade «elementidega», mis «avastati» erinevatel aegadel, millele anti nimetused, ning mis seejärel «kadusid», kuna nad kujutasid endast elementide segusid või olid eksliku analüüsi tulemuseks. Ühel teadlasel, düsproosiumi avastamise ajaloost osavõtjal, prantsuse keemikul Lecoq de Boisbaudranil «oli õnne». Pärast kuueaastast pingerikast tööd avastas ta 1886. aastal «terbiumioksiidis» uue elemendi ja andis talle nimetuse, millest paremat ei olnud tema arvates võimalik välja mõelda.

Lecoq de Boisbaudran koostas ise düsproosiumi esimese iseloomustuse, mis paistis silma oma lühiduse poolest: haruldane, maakeral hajutatud, raskelt eraldatav teistest «haruldastest» muldadest.

Praegu võib öelda, et düsproosiumi on looduses rohkem kui hõbedat, vismutit ja isegi antimoni. Tal on 7 looduslikku stabiilset isotoopi. Nendest moodustub düsproosium — metall, mille tihedus on 8,5, sulamistemperatuur 1500° C ning keemistemperatuur 2300° C.

Düsproosiumi ja tema ühendite magnetilised omadused, mis ületavad raua magnetilisi omadusi, avavad talle tee raadiotehnikasse ja elektroonikasse.

Kunstlikult on saadud 12 düsproosiumi isotoopi. Erinevalt teistest lantaniidide radioaktiivsetest isotoopidest on düsproosiumi 5 kunstlikku isotoopi alfaaktiivsed, nende poolestusajad on väikesed ning ulatuvad seitsmest minutist kolmekümne tunnini.

Nõukogude geoloog A. Stepanov kirjeldas suhteliselt hiljuti ühte avastatud mineraali. Kujutades endast haruldaste muldade ning naatriumi ja kaltsiumi fluoriide, sisaldab uus mineraal hulgaliselt düsproosiumi. Täheteede esimese kapteni, lendur-kosmonaudi Juri Aleksejevitš Gagarini auks anti düsproosiumimaagile nimetus gagariniit.

KASUTAMATA ELEMENT

67. HOLMIUM — *Holmium* (Ho)

Holm on sõna, mida kasutatakse kõikides saksa murretes rannaäärsete saarte tähistamiseks. Selle sõna lõpp on arvukate sadama- ja rannaäärsete linnade nimetustes, sealhulgas ka Rootsi pealinna — Stokholmi nimetuses.

Rootsi keemik P. Cleve pani Rootsi pealinna ladinakeelse nimetuse (Holmia) auks tema poolt 1879. aastal avastatud uuele lantaniidide perekonnast olevale elemendile nimeks holmium. Sõltumata Clevest avastas šveitsi keemik Soret holmiumi 1878. aastal.

Holmium on üks kõige haruldasemaid lantaniide. Teda leidub monatsiitliivas ja mõnedes teistes mineraalides. Holmium on alati koos selle perekonna teiste liikmetega, millest teda on väga raske eraldada. Holmium eraldub teistest lantaniididest pärast sõna otseses mõttes paljutuhandekordset ümberkristalliseerimist. Et holmiumi on erakordselt raske eraldada, tõendab järgmine fakt. Saksa keemik A. Freit kulutas 4 aastat selleks, et saada sõna otseses mõttes ainult mõni tera holmiumi.

Me ei saa rääkida holmiumi kasutamisest puhtal kujul. Holmiumi ei kasutata sellepärast, et teda on erakordselt raske saada ning sellest tingituna on tal väga kõrge hind.

Ameerika Ühendriikides maksab üks kilogramm holmiumi 350 000 dollarit, s. t. peaaegu 320 korda kallim kui kilogramm kulda. Puhas metall on veelgi kallim.

Holmiumi radioaktiivne isotoop holmium-166 leiab kasutamist analüütilises keemias radioaktiivse indikaatorina.

VEEL KORD YTTERBY KÜLA AUKS

68. ERBIUM — *Erbium* (Er)

Erbium, mille Mosander avastas 1843. aastal, nagu me varem juba jutustasime (vt. terbium), on faktiliselt terbium. Et selgitada seda arusaamatust, jutustame järgmise naljaka loo, mis tabas neid elemente.

Avastanud uued keemilised elemendid, nimetas Mosander elemendi, millel praegu on number 65, s. t. tõeline terbium, erbiumiks. Element, mis kannab numbrit 68, sai nime terbium. Kindla süsteemi puudumine tuntud keemiliste elementide klassifikatsioonis (D. I. Mendelejevi elementide tabelit veel ei olnud) viis selleni, et ajakirja, milles Mosander otsustas avaldada uute elementide avastuse, tehniline toimetaja paigutas elementide nimed ümber tähtede arvu järgi sõnas, lähtudes trükkimise mugavustest. Niiviisi hakati «mosanderi erbiumi» nimetama terbiumiks, terbiumi aga erbiumiks. Nii on jäänud need nimetused käesoleva ajani.

Erbiumil on 6 stabiilset isotoopi ning küllalt suur tihedus. 9 kunstlikku radioaktiivset isotoopi on lühikese eluaega. Kõige «stabiilsema» isotoobi poolestusaeg ei ületa kümmet päeva.

Mõned erbiumisoolad suurendavad hemoglobiini hulka ja punaste vereliblede arvu püsisoojaste loomade veres. Võimalik, et niisuguseid ühendeid võib kasutada ka meditsiinis.

SKANDINAAVIA POOLSAARE AUKS

69. TUULIUM — *Thulium* (Tu)

«Tuuliumi» nimetuses on midagi tuttavat. Kas selle elemendi nimetus ei tulene vana Vene linna Tuula nimest, mis oli kuulus väljapaistvate relvameistrite, suurte metallide asjatundjate poolest? Võib-olla on elemendi nimetuse aluseks kahe linna nimetus Mehhikos, millest üks asetseb kahe kilomeetri kõrgusel merepinnast Hidalgo osariigis, teine aga Tamaulipase osariigi viljakas orus.

Tuuliumi nimetus ei tulene nende kolme samanimelise linna nimest. Tema nimetuse aluseks ei olnud linn, vaid terve maa.

Thule on poollegendaarse maa nimetus, milleks muistsed geoloogid pidasid Maa kõige põhjapoolsemat osa, mis vastab Euroopas Skandinaavia poolsaarele. Skandinaavia poolsaare muistne nimi oli rootsi keemikul Clevel tema poolt 1879. a. avastatud uue elemendi nimetuse aluseks. Tuulium on lantaniidide perekonnast neljas element, mis erineb oma teistest «sugulastest» väikese leviku poolest looduses.

Tuuliumiühendite vähese tundmaõppimise põhjust võib seletada järgmiselt. Selleks et saada kontsentraat, mis sisaldab 20 protsenti tuuliumi, kulub kuus aastat. Et suurendada tuuliumi sisaldust kontsentraadis 99 protsendini, oleks vaja veel neli aastat.

Kromatograafiline meetod lihtsustas tunduvalt lantaniidide eraldamist, kuid sellele vaatamata maksis Ameerika Ühendriikides 1955. aastal üks kilogramm metallilist tuuliumi 300 tuhat dollarit.

Pärast röntgenikiirte avastamist pöördusid paljud haiged avastuse autori Wilhelm Conrad Röntgeni poole abi

saamiseks. See ei möödunud ka ilma kurioosumiteta. Üks haigetest palus «saata mõned kiired» rinnakorvi läbivalgustamiseks. Teravmeelne autor palus haiget «saata rinnakorv». Jättes kõrvale asja koomilise külje, märgime, et ka praegu toimetavad arstid haige röntgeniaparaadi juurde, aga mitte vastupidi. Tervel real juhtudel teeb see diagnostika väga keeruliseks.

Tuuliumi radioaktiivset isotoopi, tuulium-170 (poolestusaeg 129 päeva), millel on pehme gammakiirgus, kasutatakse üha laiemalt meditsiinilises diagnostikas ja defektoskoopias. Röntgeniläbivalgustusaparaadid radioaktiivse tuuliumiga on erakordselt lihtsad ja koosnevad põhiliselt terastorust, milles on vähesel hulgal radioaktiivset tuuliumi (0,1—0,2 g). Radioaktiivne tuulium on suletud pliist vutlarisse. Radioisotoop on ühendatud drosseliga, mille abil preparaat nihkub pleksiklaasist akna juurde, mis on monteeritud aparaadi eesmisse ossa, kus toimub läbivalgustamine või kiiritamine.

Nõukogude teadlased, kes töötasid välja spetsiaalse fotoelektrilise seadeldise, mis tugevdab tuuliumi gammakiirgust, said ülikontrastseid kujutisi ja laiendasid sellega radioaktiivse tuuliumi kasutamise piire. Kergus (kogu aparaat ei kaalu üle 2 kg), portatiivsus, töötamise sõltumatus elektrivoolust ja peamiselt käsitamise lihtsus, mis ei nõua spetsiaalset teenindavat personali ega spetsiaalset sisseseadet, muudavad tuuliumi radioaktiivse isotoobiga röntgeniläbivalgustusaparaadid asendamatuks meditsiinilises praktikas, eriti mittetransporditavate haigete jaoks. Radioaktiivse tuuliumi äratarvitatud «laengud» regenereeritakse neutronitega kiiritamisel. Tuulium-170 on sobiv inimese keha ja niisuguste esemete radiografeerimiseks, mida mõõtmete, kuju jne. tõttu ei saa läbi valgustada tavaliste röntgeniaparaatide ja meetodite abil. Toome näite. Ühes muuseumis asus assüüria sõduri kiiver (IX saj. e. m. a.). Sisemises pronksist kihis leiti tuulium-170 abil uurimisel silmale nähtamatud sümbolid. Nüüd õnnestus neid lugeda. Kuna kiiver on poolkerakujuline, siis ei saanud kasutada tavalist röntgeniaparaati.

Käesoleval ajal kasutatakse tuulium-170 kergete metallide ja sulamite, samuti ka õhukeste terasesemete (1—2 mm) defektoskoopias. Kõige sagedamini kasutatavate koobalt-60, tseesium-137 ja iriidium-192 isotoobid ei sobi neil juhtudel. Tuulium-170 võimaldab läbi valgustada

70 mm paksusi alumiiniumist esemeid. Tuulium-170 saadakse alumiiniumist ampulli suletud tuuliumoksiidi kiiritamisel neutronitega. Tuulium on üks kõige raskemaid haruldasi mudelelemente. Tema tihedus on 9,32.

Rootsi keemik P. Cleve avastas tuuliumi 1879. aastal erbiumoksiidis, mida omal ajal (1878. a.) sai Marignac üterbiidist (gadoliniidist) üterbiumoksiidi eraldamisel ja mida peeti individuaalselt puhtaks aineks. Vaevarikka ja täpse eraldamise tulemusena «jaotas» P. Cleve erbiumoksiidi kolmeks oksiidiks, mis erinesid aluselisuse astme poolest. Ühes neist asus erbium, ülejäänud sisaldasid tundmata elemente. Üks neist nimetati holmiumiks, teine sai nimeks tuulium. Muuseas, inglise, saksa ja prantsuse kirjanduses on tuuliumi sümboliks tähed Tm.

JÄLLE AJALOOLISE YTTERBY KÜLA AUKS

70. ÜTERBIUM — *Ytterbium* (Yb)

22. oktoobril 1878. aastal teatas šveitsi keemik J. Marignac Pariisi Teaduste Akadeemia järjekordsel istungil, et «ütriumimullast» eraldatud erbiumoksiid on «lõhustatud». Kasutades erbiumoksiidist eraldatud erbiumnitraadi fraktsioneerivat kristallisatsiooni, sai Marignac lõppkokkuvõttes uue elemendi, mille oksiid, erinevalt värvilisest erbiumoksiidist, on värvusetu.

Jälle nimetati uus element, nüüd juba tõeliselt ajaloolise küla Ytterby auks üterbiumiks. Jälle meenus tahtmatult Karl Arrhenius, kes leidis üterbiidi — selle «õnneliku» mineraali, mis sõna otseses mõttes puistas nagu muinasjutulisest küllusesarvest terve hunniku «haruldasi muldasid». Seejuures said neli elementi, mis eraldati nendest muldadest, oma nime, nagu ka mineraal ise, küla nimetusest, mille lähedal leidis selle õnnelik kollektsionäär. Kas Karl Arrhenius võis arvata, hoides käes leitud tundmata kivi, et ta hoiab oma käes haruldaste muldelementide keemia alust. Üterbiit, mis hiljem nimetati ümber gadoliniidiks, oli mineraaliks, mis pani aluse arvukatele uurimistele, mis tõid endaga kaasa edusammude rõõme ja ebaõnnestumiste kibedust, tähelepanuväärseid saavutusi ja saatuslikke eksitusi, tõelisi avastusi ja siiraid eksimusi. Tuntud soome mineraloog Flint kirjutas üterbiidi kohta kahtlemata õigesti, et sellel mineraalil oli anorgaanilise keemia ajaloos tunduvalt suurem osa kui ühelgi teisel mineraalil.

Üterbium ise on öeldule illustratsiooniks. Üterbium, mida peeti peaaegu kolmekümne aasta kestel keemiliseks elemendiks, oli tegelikult kahe lantaniidi segu. Alles 1907.

aastal eraldas need prantsuse keemik G. Urbain ja temast sõltumata ka austria keemik Auer von Welsbach. Ühele neist jäeti endine nimetus. Erinevalt enamikest lantaniididest erineb üterbium nendest madala keemistemperatuuri (1500° C) poolest, jäädes maha selles ainult euroopiumist (1400° C).

Üterbiumil on seitse stabiilset isotoopi. Isotoop massiarvuga 170 erineb teistest kunstlikest radioaktiivsetest isotoopidest hämmastavalt lühikese isomeerse muundumise poolest, mis kestab 16 miljardikku sekundit.

VIIMANE LANTANIIDIDE PEREKONNAS

71. LUTEETSIUM — *Lutetium* (Lu)
KASSIOPEIUM — *Cassiopeium* — (Cp)

Uurides üterbiumnitraate kristallisatsioonimeetodil, avastas prantsuse keemik G. Urbain, et eraldatavate fraktsioonide aatomkaalud ei ole ühesugused, vaid kõiguvad vahemikus 170 kuni 174 ühikuni.

Uurides eraldatud fraktsioonide kaarspektreid, tegi Urbain kindlaks, et kõige suurema aatomkaaluga fraktsioonide spektreid iseloomustas eredate joonte olemasolu, mis väiksema aatomkaaluga fraktsioonide spektrites olid väga nõrgad või puudusid täielikult. Nii jaotati üterbium, mida peeti iseseisvaks elemendiks, kaheks koostisosaks. Üks nendest, ja nimelt see, millel oli väiksem aatomkaal, nimetati Urbaini soovil neoüterbiumiks, suurema aatomkaaluga element sai «nime» luteetsium.

Lutetia — gallia (keltide) suguharu, pariiside kindlustatud asula rajati esimesel sajandil enne meie ajaarvamist Seine'i jõe keskele, saarele, mis praegu on tuntud Cité nime all. Sõnasõnalises tõlkes tähendab Lutetia koht jõel. 53. aastal enne meie ajaarvamist kogus Rooma keiser Julius Caesar Luteetiasse gallia suguharu juhte, millega pani aluse pariiside pealinna, praeguse Pariisi rajamisele. Selle Euroopa muistse linna (ja ka Prantsusmaa pealinna) auks nimetati lantaniidide viimane element luteetsiumiks.

Nimetus «neoüterbium» ei juurdunud praktikasse. Kreekakeelne liide *neo* sõnast *neos* — uus, mis liitsõnades tähendab uus-, võimaldab «neoüterbiumi» tõlkida uusüterbiumina, mis nagu oleks vastandatud «vanaüterbiumile», mida faktiliselt ei eksisteerinud. Selle tõttu säilitati üterbiumi vana nimetus.

On tähelepanuväärne, et ka austria keemik Auer von Welsbach jaotas vana üterbiumi kaheks koostiselemendiks peaaegu samaaegselt, kuid sõltumata G. Urbainist. Auer von Welsbach nimetas ütriumist eraldatud kerge elemendi aldebaraaniumiks, raske aga kassiopeiumiks. Esimene nimetus tulenes punakat värvi hiidtähe nimest Sõnni tähtkujus (alfa — Sõnn ehk Aldebaraan). Teine aga tulenes Põhjataeva kõige eredama, loojumatu tähekogu Kassiopeja nimest. Kuna Auer von Welsbach lõpetas oma uurimised G. Urbainist hiljem, siis jäi lantaniidide perekonna viimase elemendi nimetuseks luteetsium. Saksakeelses teaduslikus kirjanduses nimetatakse teda tänapäevani kassiopeiumiks.

Luteetsium erineb oma «sugulastest» kõige väiksema aatomraadiuse (1,74), kõige suurema tiheduse (9,8), aatomkaalu ja sulamistemperatuuri poolest. Metallilisel kujul ei ole teda veel üldse saadud. Looduses esineb luteetsiumi monatsiitliiva koostises.

Luteetsiumil on kaks looduslikku isotoopi. Ühel neist, mida on looduslikus segus 2,6%, on massiarv 176. Ta on radioaktiivne. Ta kiirgab beetakiiri ning kuulub pika eluealga isotoopide hulka. Luteetsium-176 poolestusaeg on $2{,}4 \cdot 10^{10}$ aastat. Peale selle on teada veel 10 kunstlikku isotoopi, mis samuti on radioaktiivsed. Nende poolestusajad kõiguvad mõne tunni ja mõne päeva vahel. Ainult kolmel isotoobil (174, 173 ja 171) on poolestusajad vastavalt 165, 500 ja 600 päeva.

Luteetsiumiga lõpeb lantaniidide perekond, mis oma olemasoluga avaldas omapärast mõju neid ümbritsevatele perioodilisuse süsteemi elementidele. Teaduses tuntakse seda mõju lantaniidse tihenemise mõiste all.

Nähtuse olemus seisneb selles, et lantaniidide aatomistruktuuri iseärasuste tõttu, ja nimelt selle tõttu, et lantaniidide aatomraadiuste vähenemine järsult aeglustub, on viienda ja kuuenda perioodi metallide aatomraadiused praktiliselt ühesugused. Tõepoolest, tsirkooniumi aatomraadius on 1,60, hafniumil — 1,59, nioobiumil — 1,45, tantaalil — 1,46 jne. Sellega seletub ka suur keemiline sarnasus tsirkooniumi ja hafniumi, nioobiumi ja tantaali ning teiste 5. ja 6. perioodi metallide vahel. See sarnasus on igal juhul tunduvalt suurem kui 4. ja 5. perioodi metallide vahel esinev sarnasus. Nende perioodide elementide titaani (1,46) ja tsirkooniumi (1,60), vanaadiumi (1,34) ja nioo-

biumi (1,45) jne. aatomraadiustes on samuti tunduvalt suurem erinevus.

Siit tuleneb ka omapärane «sugulus» 5. ja 6. perioodi metallide vahel. Keemikud-analüütikud teavad hästi, kui raske on eraldada tsirkooniumi hafniumist või nioobiumi tantaalist. Nende elementide sarnasuse põhjus ei olnud kaua aega selge. Alles pärast seda, kui arvuka lantaniidide perekonna uurimisele tuli abiks aatomifüüsika, sai nähtuse põhjus selgeks ja täiesti seaduspäraseks. Kuid see, et lantaniidid avaldavad mõju naaberelementide omadustele, jäi endiselt üllatuseks.

TSIRKOONIUMI KAASLANE

72. HAFNIUM — *Hafnium* (Hf)

Igaüks on näinud kulda ja hõbedat, kuigi need pole keemiliselt puhtad. Küsige aga kellegi käest andmeid hafniumi kohta ja enamik vastab, et nad ei ole näinud hafniumi ega ka tema ühendeid. Seejuures on aga hafniumi aatomeid looduses 25 korda rohkem kui hõbedat ja 1000 korda rohkem kui kulda. Milles on asi? Miks me ei puutu kokku hafniumiga? Vastus on väga lihtne. Hafnium on väga hajutatud element. Tööstuslikuks töötlemiseks sobivaid leiukohti on ainult üksikutes kohtades maakeral.

Pärast aastatepikkust tööd «haruldaste muldade» kallal eraldas G. Urbain 1922. aastal uue elemendi. Ta nimetati kaasaja Prantsusmaa territooriumil kunagi elunenud muistsete suguharude (keltide) auks keltiumiks. Selgus, et uue elemendi keemilised omadused ei vasta perioodilisuse süsteemi 73. elemendi keemilistele omadustele. Lähtudes D. I. Mendelejevi perioodilisuse seadusest, otsisid keemik G. Hevesy ja füüsik D. Coster seda elementi mineraalides, mis sisaldasid tsirkooniumi. Esimeses uuritavas mineraalis (Norra tsirkoniidis) avastasid nad tõepoolest uue elemendi röntgenispektri uurimisel (1923. a.). Avastatud element nimetati Taani pealinna muistse nimetuse — Hafnia — auks hafniumiks. Hiljem tehti kindlaks, et hafnium on alati koos tsirkooniumiga mitte ainult looduslikes mineraalides, vaid ka paljudes kunstlikult saadud preparaatides. Keltium aga oli juba tuntud haruldaste muldelementide segu. Kuna hafniumi on looduslikest ühendeist raske eraldada, siis on see põhjuseks, mis piirab tema praktilist kasutamist.

Hafniumi ja tsirkooniumi keemiliste omaduste sarnasus ning nende raske eraldatavus on tingitud sellest, et tsir-

kooniumi ja hafniumi ioonraadiused on praktiliselt võrdsed.

Hafnium on tsirkooniumist kaks korda raskem ning sulab kõrgemal temperatuuril (2230° C) kui tsirkoonium. Huvitavad on järgmiste hafniumiühendite sulamistemperatuurid: hafniumoksiid — 2912° C, hafniumboriid — 3250° C, hafniumnitriid — 3310° C, hafniumkarbiid — 3890° C. Seetõttu ongi raskesti sulavate metallide nitriidid, nende hulgas ka hafniumnitriidid, kuumakindlate sulamite, tulekindlate ja kõvade materjalide, raadio- ja elektritehnikas bolomeetrite, resistorite ning termokatoodide valmistamisel kasutatavate sulamite aluseks.

Olles keemilistelt omadustelt tsirkooniumi teisikuks, erineb hafnium tsirkooniumist oma toimelt neutronite suhtes. Kui puhas tsirkoonium laseb neutrone takistamatult läbi, siis hafnium on nende teel ületamatuks takistuseks. See erinevus aga ei takista neid metalle kasutamast aatomitehnikas, vaid isegi vastupidi, neid kasutatakse alati koos. Aatomireaktoris on nad kõikjal kõrvuti. Tsirkooniumi kasutatakse uraani või mõne teise tuumakütuse reguleerimisvarva «riietusena», hafniumi aga aeglustajana ja neutronite neelajana. Muuseas, Ameerika Ühendriikide esimese aatomielektrijaama, Shippingpordi reaktoril on ristikujuline reguleerimisvarb valmistatud puhtast hafniumist.

KIRURGIDE METALL

73. TANTAAL — *Tantalum* (Ta)

Tantalos on kreeka mütoloogias Zeusi armastatud poeg. Olles Zeusi lemmiku õigustes, keda oli lubatud jumalate toidulaua juurde, uhkustas Tantalos sellega. Kutsunud jumalad enda juurde pidusöögile, andis ta neile võõrustoiduna oma poja Pelopsi liha, soovides kontrollida nende kõikteadmisi. Selle kuritöö eest karistati Tantalost näljaja januga. Ta «pandi vangi» tiiki. Seal seisis ta kõrini vees puu all, mille oksad rippusid ja paindusid looka küpsete viljade raskuse all. Iga kord, kui janust nõrkenud Tantalos avas suu, et janu kustutada, voolas vesi ta eest ära. Kui ta tõstis näljast piinatuna käe, et võtta puuvilja, kaldus oks viljadega kõrvale. Nii kirjeldab muistne müüt Tantalose piinu.

Niisuguseid piinu elasid üle ka keemikud, kes uurisid tantaali omadusi ja eriti need teadlased, kes püüdsid eraldada tantaali puhtal kujul.

150 aastat tagasi Londonis, Briti muuseumi kollektsioonis mitte millegi poolest tähelepanuväratav tume, peaaegu must mineraal. Ta erines söetükist ainult väga raske kaalu ja kuldvilgu soonekeste poolest. Mineraal äratas oma raskusega keemik K. Hatchetti tähelepanu, kes uuris kollektsiooni tundmata mineraale. Analüüs näitas, et mineraalis on rauda, hapnikku ja veel üht tundmata elementi. Mineraali nime järgi, mis oli nimetatud Ameerika auks, kus ta leiti, kolumbiidiks, nimetati avastatud element kolumbiumiks. Mineraal aga paigutati kollektsiooni. See oli 1801. aastal. Aasta hiljem leidis keemik Ekeberg Skandinaavia poolsaare mineraalides uue elemendi, mis nimetati tantaaliks, kuna teda oli üliraske eraldada teistest elementidest. Uurides kolumbiidi omadusi, kaldusid mõned

uurijad üha enam arvama, et kolumbium ja tantaal esinevad koos kolumbiidis.

1844. a. tõestas tuntud saksa keemik G. Rose, et kolumbiidis on kaks raskesti eraldatavat elementi — nioobium ja tantaal. Nad esinevad koos ka tantaliidis, mangaantantaliidis, ferrotantaliidis ja mõnedes teistes haruldastes mineraalides. Lõpuks oli kindlaks tehtud, et kolumbium ja tantaal on peaaegu alati koos ja et neid eraldada on väga raske.

Puhtal kujul on tantaal terashall, raske (erikaal 16,6) ja raskesti sulav (sulab 3000° C) metall. Olles kõva ja samal ajal plastiline, ühtib tantaalis plaatina keemiline püsivus ja kulla deformeeritavus, mida võib valtsida kõige õhukesemateks lehtedeks. Tantaal on hapetes ja nende segudes lahustumatu. Ta ei lahustu ka «kuningvees», mis söövitab kõiki metalle. Ainult fluorvesinik- ja lämmastikhappe segu reageerib tantaaliga.

Tantaal muutus plaatina konkurendiks. Ta on asendamatu keemiaaparatuuri valmistamisel. Ühes ettevõttes, kus kasutati gaasilist kloorvesinikku, hävisid roostevabast terasest aparaadi detailid täielikult 2 kuu jooksul. Kui roostevaba teras aga asendati tantaaliga, suurenes isegi kõige peenemate osade (0,3—0,5 mm) tööiga 20 aastani. Üsna hiljuti kasutati tantaali hõõgniitide valmistamisel elektrilampides, mida nimetati tantaallampideks. Praegu on need asendatud odavamate metallidega.

Kirurgia peab tantaali täiesti asendamatuks metalliks. Kirurgias kõige enam kasutatavatel haavade kinniõmblemismaterjalidel — siidil ja kätgutil[1] — on terve rida kõrvaldamata puudusi. Nii näiteks tekivad siidniidi ümber infiltraadid. Kätgutit on väga raske steriliseerida, tema resorbeerumise aeg kudedes on määramatu. On andmeid selle kohta, et ta ei ole organismi suhtes neutraalne. Sellepärast otsisid kirurgid juba ammu uusi materjale haavade kinniõmblemiseks, luude kinnitamiseks jne. Kulla ja hõbeda kasutamise katsed kirurgilise materjalina viidi läbi mitu sajandit tagasi.

Peale väärismetallide kasutati veel palju teisi metalle. Kuid uurimised, mis viidi läbi suhteliselt hiljuti keemiliselt puhta vase, tina, raua, plii, tsingi, nikli, kaadmiumi, alumiiniumi, hõbeda, kulla ja plaatinaga, näitasid, et

[1] Kätgut — niit, mida toodetakse lamba- või kitsesooltest ja mis leiab kasutamist sisehaavade kinniõmblemisel. Resorbeeruvad kudedes 1—3 nädala jooksul.

ainult kuld ja alumiinium on peaaegu indiferentsed organismi suhtes. Enamik metalle mõjuvad keemiliste omaduste ja elektrolüütiliste reaktsioonide tõttu negatiivselt kudedele ja kogu organismile.

Keemia edusammudega niisuguste puhaste metallide saamisel, mis varem ei leidnud kasutamist (titaan, lantaniidid), jätkus nende hulgast sobivate metallide otsimine kirurgia jaoks. Otsingud õigustasid end lõpuks. Teiti kindlaks, et tantaal ja mõned roostevaba terase margid on täiesti inertsed ja elektrolüütiliselt mitteaktiivsed.

Kuigi tantaali kasutati esmakordselt kirurgias juba 1922. aastal, hakati seda laialdaselt rakendama käesoleva sajandi neljakümnendatel aastatel. See on seletatav sellega, et nioobiumi lisand, mis on alati koos tantaaliga, vähendas tantaali omadusi. Kõrge puhtusega tantaali aga saadi alles käesoleva sajandi neljakümnendatel aastatel. Vastandina teistele metallidele on tantaalil puhtal kujul suurepärane omadus: sisseõmmelduna elavatesse kudedesse (lihased, luud) ei ärrita ta neid üldse. Seda hinnalist tantaali omadust kasutatakse taastavas kirurgias. Õhukeste plaatidena, traadi, väikeste kruvide ja naeltena leiab ta kasutamist luu- ja plastilises kirurgias luukildude kinnitamiseks, avade sulgemiseks pealuus jne.

Pärast seda, kui 1948. aastal loodi Eksperimentaalse Kirurgilise Aparatuuri ja Instrumentide Teadusliku Uurimise Instituudi arstide ja inseneride rühma poolt aparaat veresoonte kinniõmblemiseks tantaalklambritega, seejärel aga loodi analoogilised aparaadid õmbluste tegemiseks bronhides, maos, sooltes ja teistes organites, leidis tantaal laialdast kasutamist kliinikus. Eksperimentaalkirurgias lahendatakse julgeid kirurgilisi probleeme, mida veel hiljuti peeti unistuseks ja fantaasiaks.

Kolumbiidigraniidid, mille lademed on eriti suured Jos'i platool (Põhja-Nigeerias), on tantaali ja nioobiumi saamisel tähtsaks tooraineks. Ameerika Ühendriigid veavad Nigeeriast välja rikastatud maaki ja koguvad kontsentraate, sest nad peavad tantaali kõige tähtsamaks strateegiliseks metalliks. Sel puhul ütles ilmekalt üks ameerika kirjanik: «...kui rääkida, et lennukeid toodetakse meil, meie territooriumil, siis see on fiktsioon, sellepärast et kuumakindlaid sulameid lennukite jaoks annab meile Aafrika.» See ongi imperialistide intriigide ja salasepitsuste üheks põhjuseks Kongos, Kamerunis ja Nigeerias.



KÕIGE RASKEMINI SULAV METALL

74. VOLFRAM — *Wolfram* (W)

Elektrilambi hõõgniidi temperatuur on üle 2500° C. Niisugusel temperatuuril sulab enamik metalle. Osa metalle aga juba keeb ja aurustub sellel temperatuuril. Antud juhul aitab volfram, mis on kõikidest metallidest kõige raskemini sulav metall. Volframi sulamistemperatuur on 3410° C. Raske on ülehinnata volframi tähtsust elektrilampide tootmisel, eriti kui arvestada, et maailmas valmistatakse iga aasta mitu miljardit elektrilampi. Mitu miljardit! Et luua endale ettekujutust nende arvude suuruse kohta, võib näiteks öelda, et üks miljard minutit on üle 19 sajandi.

Igal aastal valmistatakse miljardeid elektrilampe. Töötanud teatud aja, langeb miljardeid lampe rivist välja, «põleb läbi». Elektrilampide läbipõlemise põhjusi on palju. Üks nendest sõltub volframi keemilistest omadustest. Põhjuse olemus peitub selles, et lämmastikku või argooni, millega täidetakse lambi kest, on raske puhastada niiskusest ja hapnikust. Nende olemasolu lambis põhjustab volframist valmistatud hõõgniidi purunemist. Protsessi võib

kujutada järgmiselt. Puutudes kokku voolu abil kõrge temperatuurini kuumutatud hõõgniidiga, lagunevad veeauru molekulid termiliselt vesinikuks ja hapnikuks. Ühinedes volframiga moodustab hapnik lenduvaid oksiide, mis sadenevad niidiga võrreldes külmadele lambiseintele. Reageerides oksiididega, taandab vesinik volframi, mis jääb klaasi pinnale. Ühinedes hapnikuga moodustab vesinik veeauru. Edasi toimub protsess uuesti. Nii killustub, kuigi aeglaselt ja järk-järgult, kuid pidevalt, aatom aatomi järel volframniit, sadestudes ballooni seintele ja muutes selle tumedaks. Valgustusjõud ja niidi jämedus vähenevad. Nad valmistavad ette niidi katkemise ja lambi «surma», mis alati näib olevat momentaalne.

Volframniidi purunemisprotsess tavalistes lampides oli ameerika firmale «General Electric» (Ameerika Ühendriigid) kavandiks ebatavalise hõõglambi loomisel, millel on kaks korda suurem tööiga kui olemasolevatel lampidel. See lamp on torukujuline, mis ei ole jämedam pliiatsist ja mille pikkus on 25 sentimeetrit. Lambi sees on hõõgniit, joodi aurud ja pihustatud volframiosakesed. Voolu sisselülitamisel reageerib jood volframiga, moodustades volframjodiidi. Kokkupuutel hõõgniidiga laguneb see ühend joodiks ja volframiks. Taolise reaktsiooniga, mis tekib lambi sisselülitamisel, kaasneb pidev helendumine.

20 000 000 karbis on üks miljard tuletikku. Nendest karpidest võib laduda virna, mis on kümme meetrit pikk ja lai ning 5,25 meetrit kõrge. 525 kuupmeetris on ainult miljard tuletikku, kuid lampe toodetakse igal aastal mitu miljardit.

Malmi- või terasetüki murdekohal võib eraldada üksikuid kristalle. Mõnikord on nad suured ja palja silmaga nähtavad, sageli aga peened, ainult luubi või mikroskoobi abil eraldatavad. Niisuguseid kristalle on alati hulgaliselt ning, nagu niisugustel juhtudel räägitakse, metallitükil on polükristalne struktuur. Hoopis teistsugune näeb välja elektrilambi niit. Ta moodustab ühe kristalli või, nagu räägitakse tehnikas, monokristalli (kreekakeelsest sõnast *monos* — üks). Uurijad tegid suuri jõupingutusi enne kui leidsid tingimused, millal volframpulbrist võib saada pika traadikujulise monokristalli. Kui arvestada, et volframi sulamistemperatuur on 3410° C, võib ette kujutada, kui raske on teda saada puhtal kujul. See on peamiseks seletuseks, miks juba 1781. a. Don Fausto d'Elhujari poolt

avastatud ja 1783. a. koos lisanditega eraldatud volframi saadi puhtal kujul alles 67 aastat hiljem.

Volfram lahustub ainult fluorvesinik- ja lämmastikhappe segus. «Kuningvees» toimub volframi pinna aeglane oksüdeerumine.

Elektrilambi hõõgniit on kõigest mõne sajandikmillimeetri paksune volframi monokristall. Meie ajal laialttuntud kenotronalaldi ei saa samuti töötada volframita. Kenotroni elektroodid, spiraal ja plaat valmistatakse volframist. Volframist valmistatakse ka võimsate röntgenitorude antikatoodid. Kui teil avaneb juhus, vaadake traktori mootorisse paigutatud magneeto katkestaja kontakte. Nendes kohtades, kus sadu kordi sekundis süttib ja kustub elektrisäde, on katkestaja kontaktidele kinnitatud õhuke volframikiht. Igasuguse teise materjali kasutamisel ei saaks mootor kaua töötada, sest kontaktid hakkaksid «kõrbema», oksüdeeruma. Oksüdeerumisproduktid on vaja kõrvaldada ja kontaktid puhastada. Hea on, kui kontakte võib puhastada maa peal, aga mida teha näiteks õhus, kui lennuki mootor lakkab töötamast? Volfram on ka siin asendamatu.

Kogu meie maal on tuntud kuulsate tootmisnovaatorite, Kiievi ühe tehase treiali Seminski, moskvalase Bõkovi ja paljude teiste nimed. Väljapaistvad edusammud metallide töötlemisel, mida on saavutanud need suurepärased inimesed, said võimalikuks selle tõttu, et treipingi lõiketeras hakati kasutama volframi. Ühe masinaehitustehase kuulus treial Kolessov töötas välja treipingi lõiketerade konstruktsiooni, mis võimaldas töödelda detaili niisuguse kiirusega, et lõiketera kuumeneb punase hõõgeni. Võib liialdamata öelda, et edu saavutati volframi olemasolu tõttu lõiketeras. Juba esimestel viisaastakutel töötati meie maal välja niinimetatud ülikõvade sulamite pobediidi, stelliidi, «BK» jt. saamismeetodid. Neid ülikõvasid sulameid kasutatakse plaatide valmistamisel, mis joodetakse lõiketera külge. See külgejoodetud plaat ongi tegelikult lõikava instrumendi töötavaks osaks. Kuigi nimetus «ülikõvad sulamid» on laialt levinud tehnilises kirjanduses, ei vasta see nende materjalide olemusele. Niinimetatud ülikõvad sulamid kujutavad endast koobaltiga tsementeeritud karbiidide pulbreid. Lisaks sellele ei saada neid «sulameid» sulatamisel, vaid, nagu juba mainiti, paakumisel. Ülikõvade materjalide vajalikuks koostisosaks on volframkar-

biidid. Niisugused sulamid sisaldavad 78—88% volframi, 6—15% koobaltit ja 5—6% süsinikku. Võimaldades metalli töötlemisel hiiglasuuri kiirusi, ei kaota nad kõvadust isegi kuumutamisel kuni 1000° C. Analoogilist ülikõva sulamit nimetatakse *vidiaks,* mis on lühend sõnast *vi diamant* — nagu teemant. Teatud määral on see võrdlus seaduspärane. Nafta- ja gaasipuuraukude puurimisel asendavad teemantpuure edukalt volframisulamist lõiketerad. Kõvaduselt läheneb pobediit teemandile, kuid erineb viimasest väiksema rabeduse ja odavama hinna poolest. Palju volframi kasutatakse kõrgeprotsendilise volframi (50—80%) ja raua sulami — ferrovolframi — saamiseks, mida kasutatakse metallurgias mitmesugusteks vajadusteks.

Sõna-sõnalises tõlkes tähendab nimetus *volfram* — hundilõuad. Nimetuse tekkimine on seotud järgmise nähtusega. Kui tinamaagis on volframi sisaldavaid ühendeid, väheneb tunduvalt saadava tina hulk. Volfram «sööb» tina nagu hunt lammast.

Volframi sisaldavad mineraalid on rasked. Selletõttu sai üks mineraal nimetuse *tungsten* — raske kivi. Prantsusmaal ja Inglismaal tähistatakse selle nimetusega ka volframi.

Volframi maailmatoodang kasvab iga aastaga.

LEID AHERAINES

75. REENIUM — *Rhenium* (Re)

1929. aastal tegi üks inglise firma kauge Siberi tehase direktorile ettepaneku sõlmida ebatavaline kaubaleping. Firma palus müüa talle aherainet — värviliste metallide tehase tootmisjäätmeid, millest kõik näis olevat täielikult «välja pigistatud». Firmat ei häirinud kaugus. Kümneid tuhandeid tonne aherainet oleks vaja olnud vedada läbi poole Aasia ja kogu Euroopa. Suurenenud huvi tootmisjäätmete vastu sundis olema ettevaatlik. Tehase kõige parematele keemikutele anti ülesanne analüüsida aherainet, et leida haruldasi elemente. Analüüsi tulemusena leidsid keemikud aheraines haruldase metalli, mille alles neli aastat tagasi olid avastanud saksa keemikud, abielupaar I. ja W. Noddackid. Avastatud metall nimetati Reini jõe (ladinakeelsest nimetusest *Rhenus*) ja samanimelise provintsi auks reeniumiks.

Muuseas, tuntud tšehhi teadlane, Tšehhoslovakkia Teaduste Akdeemia auliige Druce kirjutas monograafias, mis on pühendatud metallilise reeniumi avastamise ajaloole, tema keemilistele omadustele ja kasutamisele, et reeniumi avastamise au ei kuulu Walter Noddackile ja Ida Noddackile (Tackele). Täiesti sõltumata Ida ja Walter Noddackist, kes avastasid reeniumi molübdeniidis, eraldasid I. Druce ja F. Loring reeniumi pürolusiidist. Seejuures arvab Druce, et koos nendega peavad reeniumi avastamise au jagama ka tšehhi teadlased J. Heirovsky ja V. Dolejšek. Nad tegid J. Heirovsky poolt leiutatud polarograafi abil kindlaks reeniumi olemasolu puhastamata mangaanpreparaatides. V. Dolejšek kinnitas uue elemendi olemasolu röntgenograafilisel uurimisel. Kõrvuti sellega märgib I. Druce, et kaua aega enne abikaasade Noddackite, Druce

ja Heirovsky töid tegid vene uurijad Hermann (1846. a.) ja S. Kern (1877. a.) kindlaks uue elemendi, millel olid niisamasugused omadused nagu hiljem kirjeldatud reeniumil. Hermann nimetas selle elemendi ilmeeniumiks, S. Kern aga kuulsa inglise keemiku Davy auks deeviumiks. Tuleb märkida asjaolu, et kuigi vene teadlaste avastus unustati teenimatult, kasutatakse S. Kerni poolt avastatud reeniumi kvalitatiivset reaktsiooni tiotsüanaatkompleksi abil analüütilises keemias tänapäevani. D. I. Mendelejev ennustas reeniumi eksisteerimist 1871. a. dvimangaani nime all (sanskritikeelsest *dvi* — kaks. Ekamangaan osutus teheneetsiumiks).

Reenium on üks kõige raskemaid (tihedus 21,0) ja kõige raskemini sulavaid (3170° C) metalle, mis väliselt meenutab plaatinat. Reeniumi omadused on harukordselt hinnalised elektrotehnilise tööstuse jaoks. Nii näiteks ei ühine reenium kuumutamisel 1500° C-ni hapnikuga ega pihustu. Sool-, väävel- ja fluorvesinikhape ei reageeri puhta reeniumiga. Reenium ei lahustu nendes isegi keetmisel. Metallilise reeniumi asendamatus elektrilampide hõõgniitide valmistamisel ja nende pikk eluiga, võrreldes volframniitidega, oli inglise firma suurenenud huvi põhjuseks Siberi tehase aheraine vastu, mis sisaldas reeniumi. Ainuke takistus reeniumi laialdaseks kasutamiseks on see, et teda on raske saada. Reeniumi sisaldavates mineraalides, näiteks molübdeniitides, mis on kõige rikkamad reeniumi poolest, on ühes tonnis maagis ainult mõni gramm reeniumi. Lisaks sellele on puhtas molübdeniidis peaaegu 80—90% aheraainet. Arvutage välja, kui palju on vaja töödelda reeniumi sisaldavat maaki, et saada 1 g metalli.

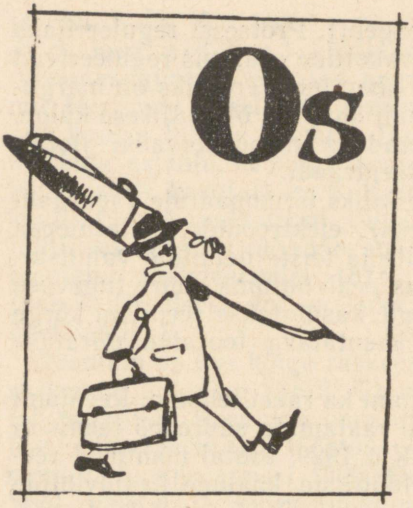
Alates 1929. aastast hakkas reeniumi tootmine eriti laialdaselt arenema Saksamaal. 1930. aastal moodustas reeniumi maailmatoodang kõigest ... 3 grammi. Kümne aasta pärast, 1940. a., oli aga Saksamaal toodetud juba 200 kilogrammi reeniumi. Ka seda on väga vähe. Võrdluseks mainime, et kulda saadakse aastas mitusada tonni. Taoliste hajutatud elementide saamine on isegi kaasaja teadmiste taseme ja mitmesuguste meetodite puhul küllaltki keerukas ülesanne. Tooraine ettevalmistamine seisneb tavaliselt floteerimises. Kasutades näitlikku võrdlust võib flotatsiooniprotsessi kirjeldada järgmiselt. Pealtvaatajate hulgas (aheraine) on üks õhusõitja (mineraal), kes peab eralduma grupist. Õhupalli osa lennuks etendab õlist ümbri-

sega õhumull (floteerimisreagent). Protsessi reguleerijaks on ilmastik (vesilahus). Liivakottide osa, mis reguleerivad tõusu kiirust, täidab ballast aheraines. Trossiks on märgumisjõud, mis kleebib mineraali õhupalli õlimullikese külge. Õlimullid koos mineraaliteradega moodustavadki flotatsiooni lõpp-produkti — kontsentraadi.

Olles suurepäraseks materjaliks termopaaride (aparaadi osa temperatuuri mõõtmiseks), elektroodide, täitesulepea sulgede otste, kompassinõelte ja teiste detailide valmistamisel, kus suur vastupidavus peab ühtuma suure tugevuse ja kõige väiksema kuluvusega, kasutatakse reeniumi kõrge hinna ja tema saamiseks kasutatava tooraine piiratuse tõttu ikka veel vähe.

Viimasel ajal nõuab reeniumi ka raketitehnika. Reeniumi saamise kõikidele raskustele vaatamata suureneb reeniumi tootmine aastast aastasse. Kui 1929. aastal mahtusid reeniumi maailma varud analüütiliste kaalude kaaluvihtide karbi sentigrammisesse auku, siis 1955. aastal oli reeniumitoodang kapitalistlikes maades juba üle ühe tonni. 1960. aastal said ainuüksi Ameerika Ühendriigid 5 tonni reeniumi. Niisama palju saadi reeniumi ülejäänud kapitalistlikes maades.

Jääb üle vaid kahetseda, et loodus on nii vaene reeniumi poolest, mis moodustab ainult mõni miljardik protsenti ($9 \cdot 10^{-9}$) maakoore aatomite üldarvust.



RASKEKAALULINE METALL

76. OSMIUM — *Osmium* (Os)

Proovige arvutada, kui pika tee sooritab täitesulepea sule ots liikumisel paberit mööda ainult ühes 12-lehekülje-lises vihikus. See tee sõltub tähtede suurusest, kirjaviisist, s. t. üldiselt käekirjast. Selle tee pikkuseks on keskmiselt 150—250 meetrit. Veerand kilomeetrit ei ole lühike tee. Nüüd kujutage ette, kui palju hõõrumist peab vastu pidama sule ots, sest sule lihvimine vastu paberit toimub ju pidevalt. Tõsi, paber ei ole liivapaber, räniliiv ega isegi mitte telliskivipulber, kuid tee on siiski pikk ja ka koormus on üsna suur. Järelikult peab sule ots olema samuti väga kõvast metallist. Iga metall ja sulam ei ole vajalikul määral kõva. Eriti sobiv on selleks osmiumi sulam iriidiumiga.

Osmiumi tähelepanuväärseks omaduseks on tema kaal. Osmium on kõige raskem metall Maa peal. Osmiumi tihedus on 22,6, s. t. ta on pliist kaks korda ja rauast kolm korda raskem.

Puhas osmium on sinakashall, raskesti sulav (2700° C), kõva, kuid rabe metall. Osmium on niivõrd rabe, et teda võib rauduhmris pulbriks peenestada. Seejuures on pulber

mitte hallikassinine, nagu enamikul metallidel, vaid sinakasmust. Osmiumpulbri ebatavalised omadused seisnevad veel selles, et ta ühineb juba tavalisel temperatuuril õhu käes aeglaselt hapnikuga. Seejuures liidab üks osmiumi aatom neli hapniku aatomit, s. t. osmiumil on kõige suurem valentsus (osmium on kaheksavalentne), moodustades osmiumtetraoksiidi.

Osmiumtetraoksiidi sulamistemperatuur on 48° C, keemistemperatuur 130° C. Seejuures tekib aur, mis mõjub ärritavalt limaskestale. Osmiumtetraoksiidi aurud on eriti ohtlikud silmadele, kuna nad võivad põhjustada pimedaksjäämist. Osmiumtetraoksiidi aurudel on spetsiifiline lõhn. Mõned uurijad võrdlevad seda roiskunud rõika lõhnaga. Osmiumtetraoksiidi omapärase lõhna tõttu saigi element oma nimetuse *osmium* kreekakeelsest sõnast *osme*, mis tähendab lõhn, lõhnav. Huvitav on osmiumtetraoksiidi suurepärane omadus — suur lahustuvus orgaanilistes solventides. Kui ühes klaasitäies vees lahustub toatemperatuuril kõigest 14 g, siis klaasitäies tetrakloorsüsinikus lahustub samadel tingimustel üle 700 g osmiumtetraoksiidi.

Kuigi osmium avastati 1803. aastal (avastaja inglise keemik S. Tennant), ei ole ta tänapäevani leidnud küllalt laialdast kasutamist. Teatud perioodil kasutati osmiumi elektrilampide hõõgniitide valmistamisel, meditsiinis mikroskoopiliste preparaatide ettevalmistamisel ja rasvalisandite mikroskoopilisel uurimisel kudedes. Reageerides osmiumtetraoksiidi vesilahusega, omandavad rasvollused nähtava musta värvuse.

PARIISI MERIDIAANI HOIDJA

77. IRIIDIUM — *Iridium* (Ir)

Iriidium on peaaegu niisamasugune raskekaalumetall nagu osmiumgi. Iriidiumi tihedus on 22,5, sulamistemperatuur aga 2450° C. Rida keemilisi omadusi lähendab iriidiumi ruteeniumile, pallaadiumile ja osmiumile, eriti aga roodiumile. Iriidiumil on rida iseärasusi, millest üks etendas tähtsat osa elemendi nimetuse valikul. Iriidiumiühendid on kireva värvusega. Nende värviliste ühendite tõttu saigi uus element, mille avastas 1803. a. inglise keemik Tennant, nimetuse iriidium (*iris* tähendab vikerkaar, vikerkaarevärviline).

Kaasaja tehnikas ning teaduslikes uurimis- ja tööstuslaboratooriumides omandas kõrge temperatuuri mõõtmine väga suure tähtsuse. Temperatuuride mõõtmiseks on olemas mitmesugused aparaadid ja meetodid. Ühest niisugusest aparaadist, mis on seotud iriidiumi kasutamisega, tahamegi jutustada.

Kui kaks erinevast metallist traati joota kokku vesinikleegis ja jootekohta kuumutada, siis tekib ahelas elektrivool. Taolist eri liiki juhtmetest süsteemi nimetatakse termopaariks (kreekakeelsest sõnast *terme* — soojus ja *par* — koos, kõrvuti). Antud metallipaari puhul, millest on tehtud juhtmed, on elektromotoorne jõud seda suurem, mida kõrgem on jootekoha temperatuur. Valides tuntud sulamistemperatuuriga ained, võib koostada mõõdetava temperatuuri ja tekkiva elektromotoorse jõu vahelise sõltuvuse graafiku. Kui vooluringi on lülitatud galvanomeeter, siis nimetatakse termopaari termoelektriliseks püromeetriks (kreekakeelne *pyr* — tuli, *metreo* — mõõdan). On

selge, et vase ja raua termopaariga ei saa mõõta temperatuuri, mis on kõrgem kergemini sulava metalli, milleks antud juhul on vask, sulamispunktist. Millist termopaari võtta, kui mõõdetava objekti temperatuur on kõrgem vase sulamistemperatuurist? Kõige sagedamini kasutatakse plaatinat (täpsemalt plaatina sulamit roodiumiga) ja iriidiumi sulamit ruteeniumi ning ka roodiumiga. Tekib küsimus: miks mitte võtta lihtsalt plaatina ja näiteks roodium? Miks ei võeta teine traat puhtast metallist, vaid sulamist? Peatükis plaatina kohta räägime tema omadustest, nüüd aga märgime ette rutates, et plaatina on suhteliselt pehme ja plastiline metall. Iriidiumi karakteristika on vastupidine. Ta on erakordselt kõva, kuid habras. Iriidiumi sulamil plaatinaga on aga keskpärased omadused. Sulam on küllaldaselt kõva ja ei ole rabe. Sulamist valmistatud peenike traat ei murdu. Iriidiumi lisand plaatinale suurendab viimase keemilist vastupidavust ja mis eriti tähtis, vähendades soojuspaisumist, annab sulamile küllalt kõrge sulamistemperatuuri. See võimaldab kasutada taolist liiki termopaari niisuguste temperatuuride mõõtmiseks, mille puhul teised aparaadid on vähem usaldatavad. Iriidiumi abil võib täpselt mõõta mitte ainult kõrgeid temperatuure, vaid ka mitmesuguseid kaugusi, alates kõige väiksematest mikroskoopilistest kuni kõige suuremate, astronoomiliste kaugusteni.

Iriidiumi abil määratakse kindlaks samasus kasutuselolevate rahvusvaheliste pikkusmõõtude vahel. Vladivostokis valmistatud joonlaud peab olema samasuguste pikkusühikute jaotustega nagu selle teisik Riias, Odessas või ükskõik millises teises punktis. Vastasel korral tuleb palju ebameeldivusi. Kasutades üht joonlauda, valmistatakse näiteks masina detail, mis saadetakse teise linna. Seal selgub, et detailil ei ole niisugused mõõtmed, nagu näitab teine joonlaud, mille abil anti mõõtmed detaili valmistamiseks. Tähendab, jaotused joonlaudadel peavad olema rangelt ühesuurused. Nad peavad olema valmistatud ühe näidise järgi. Niisugune ühine näidis peab olema mitte ühe linna või riigi, vaid meie planeedi kõikide riikide ja linnade jaoks. Niisugune näidis on olemas. See on niinimetatud etaloonmeeter, mida säilitatakse Pariisis. Etaloonl pikkus on ligikaudu võrdne $\frac{1}{40\,000\,000}$ Pariisi läbiva meridiaani pikkusest — algmeeter, mis võeti Prantsus-

maal kasutusele 31. juulil 1793. aastal. Esimene etaloon valmistati 1799. aastal prohvetliku pealkirjaga: «Kõikide aegade jaoks, kõikide rahvaste jaoks.» Meeter muutus maakeral tõepoolest kõige enam levinud pikkusmõõduks. Iga riik valmistab etaloonmeetri järgi oma etaloonid ja kontrollib neid aeg-ajalt Pariisi etalooniga.

Meie maal on olemas Mõõtude ja Kaalude Peapalat. XX sajandi algul juhtis seda asutust D. I. Mendelejev, kel oli suur osa meetermõõdustiku süsteemi levitamisel ja elluviimisel. Venemaal võeti meeter kasutusele mittekohustuslikus korras 1899. aastal. Kohustusliku mõõtühikuna võeti meeter kasutusele Vene NFSV Rahvakomissaride Nõukogu dekreediga 14. septembrist 1918. a.

Pikkusmõõtühiku riiklikuks etalooniks on legaliseeritud meeter, millel on märk «28» (28. etaloon rahvusvahelise etalooni kolmekümnest täpsest prototüübist). Seda hoitakse hoolikalt Üleliidulises D. I. Mendelejevi nimelises Metroloogia Teadusliku uurimise Instituudis. Etalooni prototüüpe valmistatakse sulamist, mida nimetatakse invariks. 1. jaanuarist 1963. a. kehtestati NSV Liidus uus rahvusvaheline mõõtühikute süsteem (SI), mis võeti kogu maailmas vastu X ja XI rahvusvahelise mõõtude ja kaalude alase peakonverentsi otsuste alusel. Selles süsteemis on võetud pikkusmõõdu ühikuks meeter, mis on võrdne 1650 763,73 lainepikkusega, mida kiirgab krüptoon-86 aatom vaakuumis.

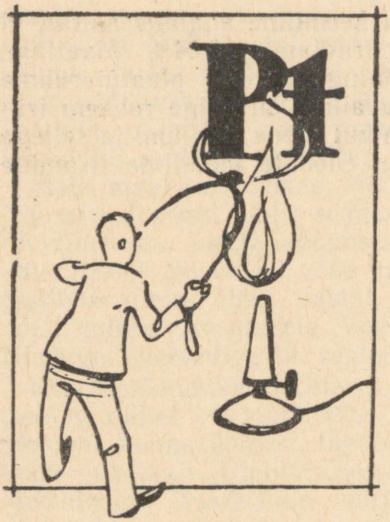
Iriidium on hinnaline ainult puhtal kujul või sulamites teiste metallidega. Iriidiumisooladel, kui ilusad ka ei oleks nende vesilahused ja lahused teistes vedelikes, praktilist tähtsust peaaegu ei ole.

Kontrollkompasside nõelte teravikud ja mõned vastutusrikkad instrumendid tehakse mõnikord iriidiumi sulamist plaatinaga. Iriidiumi sulamit osmiumiga, mis paistab silma suure tugevuse ja hõõrumiskindluse poolest, kasutatakse kõige täpsemate kellamehhanismide ja -aparaatide valmistamisel.

Tuleb märkida, et mineraalid, mis sisaldavad kõige rohkem iriidiumi, avastati Uraalis ning neil on esimese leiukoha järgi vastavad nimetused: sõserskiit — Sõsertski tehase järgi ja nevjanskiit — Nevjanski nime järgi.

Möödunud sajandi kahekümendatel aastatel leiti Nevjanski kaevandustes raske hallikasvalge, metallilise läikega mineraal, mis nimetati XII sajandi saksa poetessi

Ava auks avaiidiks. Avaiidi keemiline analüüs näitas, et mineraal sisaldab 76,85% iriidiumi, 19,64% plaatinat, 0,89% pallaadiumi ja mõningaid teisi plaatinarühma metallide lisandeid. Kuna avaiidis on kõige rohkem iriidiumi, siis võib teda vaadata kui eheda iriidiumi ja sellega kaasasolevate plaatinarühma ehedate metallide lisandite segu.



KEEMIALABORATOORIUMIDE METALL

78. PLAATINA — *Platinum* (Pt)

Kui kurb see ka ei ole, kuid pool saadavast plaatinast — hämmastavate omadustega metallist, mille järgi tunnevad pidevalt puudust laboratooriumid ja tehased, — kulub ehteasjadele[1]. Viimaseks «moekarjeks» Ameerikas olid massiivsete plaatinaraamidega prillid.

Miljonärid, kes on tegevusetusest kaotanud mõistuse, tellivad juveliiridelt plaatinast kette oma koertele ja puure «õpetatud» papagoidele. Nafta-, liha- ja igasugused teised «kuningad» lasevad panna endale plaatinahambaid. Kui sellele lisada, et plaatina maailmatoodang ei ületa kahtkümmend tonni aastas, ning ühe grammi plaatina tootmiseks on vaja töödelda raudteevagunitäis maake, kulutada palju materjale ja vahendeid, saab selgeks nende «moekarjete» mõttetus.

---

[1] Alates 1828. a. kuni 1846. aastani lasti Venemaal välja 3,6 ja 12 rublaseid plaatinast münte. Lasti välja 1400 tuhat münti üldkaaluga 20 tonni.

Plaatinamaakide väike plaatinasisaldus, suurte leiukohtade puudumine ning sellest tingituna metalli kõrge hind piiravad suurel määral plaatina praktilist kasutamist.

Väliselt ei kujuta plaatina endast mitte midagi väljapaistvat ega silmatorkavat. Ta on valge, tuhmjashalli helgiga, veniv (sarnaneb kullale), suure tiheduse (21,5) ja kõrge sulamistemperatuuriga (1774° C) metall. Kuna plaatina on keemiliselt erakordselt vastupidav isegi kõige kõrgemal temperatuuril, võib teda nimetada keemialaboratooriumi metalliks. Vaatamata sellele, et plaatina oli tuntud juba XVIII sajandi esimesel poolel (R. Watson kirjeldas teda 1750. a.) ning ähmane ettekujutus plaatinast kuulub XVI sajandisse, leidis ta tehnikas esmakordselt praktilist kasutamist alles 1809. aastal retortide valmistamisel kontsentreeritud väävelhappe hoidmiseks. Eheda plaatina esimesed leiukohad avastati Ameerikas, kus hispaania vallutajad eesotsas F. Cortesiga hävitasid XVII sajandil atsteekide riigi ja leidsid Platino del Pino (Kolumbias) jõe kallastel uue metalli. Metalli nimetus plaatina tulenes hispaaniakeelsest sõnast *plata* — hõbe. Ehedal kujul leidub plaatinat peale Ameerika (Brasiilia, Kolumbia) veel Lõuna-Aafrika Vabariigis. Uraalis avastati põhilised plaatina leiukohad 1892. aastal A. A. Inostrantsevi poolt. Puistmaardlad leiti varem, 1819. a., kuid kuulus Aleksander Humboldt, kes külastas 1829. a. plaatina leiukohti, ei kirjutanud oma aruandes mitte ainsatki sõna plaatina kasutamise kohta.

Ehe plaatina esineb leiukohtades väikeste terakestena ja 30—50-millimeetrise läbimõõduga tükkidena. Suured plaatina ehetükid on väga haruldased. Kõige suurem kõikidest kunagi leitud plaatina ehetükkidest on kaalunud 9,6 kg. Kõige suurem ehetükk, mis on leitud Uraalis, kaalus 8 kg. 1961. aastal leiti Uraali mäeaheliku idanõlval ühes Issovski kaevanduse puistes mitu plaatina ehetükki. Kõige suurem nendest kaalus 806 grammi, seitse ülejäänud ehetükki aga mõnekümnest grammist seitsmekümne grammini.

Ehe plaatina ei ole peaaegu mitte kunagi puhas. Tavaliselt on ehetükk plaatinarühma metallide ja raua (mõnikord vase ja nikli) tahke lahus, kusjuures plaatina on lahustiks. Nii näiteks sisaldavad plaatina ehetükid, mis leiti Aurorinski kaevanduses (Uraal), 80—85% plaatinat. Ülejäänud 15—20% moodustab iriidium, osmium, rutee-

nium jt., samuti ka raud. Peaaegu puhtaid plaatina ehetükke on leitud Brasiiliast.

Plaatina ja teised plaatinarühma metallid esinevad metalsetes meteoriitides. Seejuures leidub meteoriitides selle rühma metallidest kõige sagedamini plaatinat. Mõnedes raudmeteoriitides on avastatud hulgaliselt plaatinat, mis arvutuste järgi annab iga tonni raudmeteoriidi kohta kuni 100 g plaatinat.

Mõni aeg tagasi peeti plaatinat «kõlbmatuks» metalliks. Lõuna-Ameerika vallutajad viisid Hispaaniasse väga palju plaatinat, mida müüdi hõbedast odavamalt. Kuid hispaania juveliirid, kes avastasid, et plaatina sulamil kuilaga on suur erikaal, otsustasid seda kasutada selle ajastu seisukohalt vale kuldmüntide valmistamiseks. Saanud sellest teada, andis Hispaania valitsus käsu kogu plaatinavarude hävitamiseks ning suur hulk metalli uputati merre.

Harkovi ülikooli professor F. Giese kirjeldas esmakordselt plaatina omadusi. Üksikasjaline plaatina ja selle saamismeetodite uurimine looduslikust «toorplaatinast» viidi läbi vene keemiku, Peterburi Mäekolleegiumi viitsepresidendi, vene ja paljude välismaa Teaduste Akadeemiate auliikme Mussin-Puškini poolt. Tuleb märkida, et plaatina ja temaga kaasasolevate teiste metallide uurimisel kuulub vene teadlastele juhtiv osa.

Plaatina kõrge keemiline püsivus kindlustas talle laialdase kasutusala laboratooriuminõude (tiiglid, kaalukausid, näpitstangide otsad, põletiosade, elektroodide) ja keemiatööstuse aparatuuri valmistamisel.

On tuntud ka plaatinapeeglid, mis saadakse väga õhukese plaatinakihi kandmisel klaasile. Plaatinapeeglid on püsivad, ei tuhmu ning annavad selge kujutise. Peamine aga on see, et neil on suurepärane omadus — ühepoolne läbipaistvus. Nähtuse olemus seisneb selles, et valgusallika poolt vaadatuna on peegel läbipaistmatu ja peegeldab tema ees asuvaid esemeid, samal ajal aga varjupoolsest küljest on ta läbipaistev ja läbi peegli võib kõike näha niisama hästi nagu läbi puhta klaasi. Selle omaduse tõttu levisid plaatinapeeglid Ameerika Ühendriikides teatud perioodil laialdaselt. Nad pandi kontorite, masinakirjabüroode ja teiste asutuste, samuti eluruumide alumiste korruste aknaklaaside, aknaeesriiete ja ekraanide asemele.

Plaatinal on veel üks hinnaline omadus. Teda on kerge

joota klaasi külge. See on tähtis klaasist seadmete valmistamisel.

Suur osa on plaatinal ka temperatuuride mõõtmiseks kasutatavate aparaatide valmistamisel. Ühte niisugust aparaati — galvanomeetriga varustatud termopaari mainiti juba varem (vt. iriidium), kuid on olemas veel niinimetatud takistustermomeetrid. Niisuguste termomeetrite töö printsiip põhineb plaatina võimel muuta (suurendada) takistust, mis on ranges sõltuvuses temperatuurist. Kui plaatinatraat lülitada aparaadi juurde, mis registreerib takistuse muutust, siis saab selle aparaadiga täpselt fikseerida ka temperatuuri muutust. Aparaadi skaala gradeeritakse kraadides.

Tehiskiu tootmisel moodustuvad tehiskiu niidid plaatina filjeeride abil. Niisuguste filjeeride valmistamiseks kulutati kuni viimase ajani hulgaliselt plaatinat ja alles suhteliselt hiljuti (1962. a. algusest) võimaldasid edukad katsed terasfiljeeride kasutuselevõtmise kohta asendada plaatina viskoossiidiniidi tootmisel.

Plaatina on juveliiride armastatud metall. Ehiskunstis on plaatina kulla järel teiseks kaunistusmaterjaliks.

Plaatinast on tehtud V. I. Lenini reljeefne büsti kujutis, mis on paigutatud NSV Liidu kõrgeima ordeni — Lenini ordeni keskele. Esimese Lenini ordeniga autasustati ajalehte «Komsomolskaja Pravda».

Poorne käsnplaatina neelab hulgaliselt gaase. Selle tähelepanuväärse omadusega seletub imestamapanev fakt. Plaatinanõusse suletud gaas voolab kuumutamisel välja hermeetiliselt suletud nõust. Nagu vesi läheb läbi tiheda sõela, lähevad vesiniku või hapniku molekulid läbi plaatinast seina.

Me loetlesime paljusid huvitavaid ja hinnalisi plaatina omadusi, jättes mainimata kõige tähtsama. Plaatina on mitmesuguste keemiliste protsesside kõige aktiivsemaid katalüsaatoreid. Üheks kõige tähtsamaks katalüütiliseks protsessiks on ammoniaagi oksüdeerimine lämmastikhappe saamisel. Kõige peenem võrk (kuni 5000 auku ruutsentimeetri kohta), mis on punutud plaatinatraatidest, on peene kanga taoline ja niisama pehme nagu kerge siid, moodustab ammoniaagi oksüdeerimisaparaadi kõige peamise ja vastutusrikkama osa. Ammoniaagi ja õhu segu puhutakse orkaanikiirusega läbi selle võrgu, mille tulemusena muutub ta lämmastikoksiidideks ja veeauruks. Läm-

mastikoksiidide lahustumisel vees moodustub lämmastikhape.

Kodumaise lämmastikhappetööstuse pioneer Ivan Ivanovitš Andrejev, kes uuris palju mitmesuguste katalüsaatorite mõju ammoniaagi oksüdeerimisele, pööras tähelepanu plaatinale, ning võttis ta praktikas kasutusele lämmastikhappe tööstuslikul saamisel.

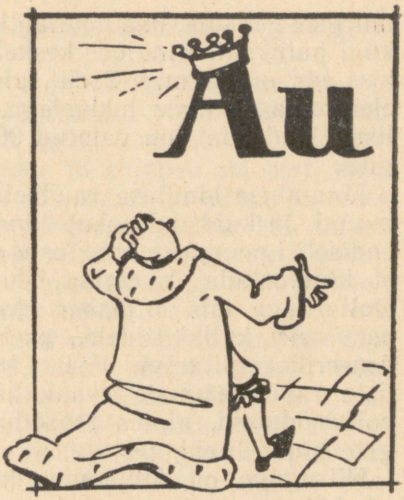
See oli Esimese maailmasõja ajal. Lahinguväljadel lõhkesid mürsud, pommid ja miinid. Sügavas tagalas aga töötasid palavikuliselt metallitootmise, laskemoona- ja lõhkeainetehased. Lõhkeainete valmistamiseks oli vaja üha rohkem ja rohkem lämmastikhapet. Iga kilogrammi lõhkeaine kohta kulus üle kahe kilogrammi hapet. 1916. a. lõpuks oli Vene armee jaoks vaja iga kuu 6400 tonni lõhkeainet. Kõik sõjast osavõtnud riigid tundsid teravat puudust lämmastikhappe tootmiseks vajaliku tooraine järele. Toorainet oli ainult Lõuna-Ameerikas (Tšiilis). Kõikides maades toimusid palavikulised tooraine otsingud lämmastikhappe valmistamiseks. Üheks tooraineks on ammoniaak, mida saadakse koksi tootmise jäätmetest. Selleks et muuta ammoniaak lämmastikhappeks, on vaja seda oksüdeerida. Teades, et ammoniaak oksüdeerub plaatina juuresolekul, projekteeris I. I. Andrejev tehase, mis ehitati Donbassi ja lasti käiku 1917. a. juulis.

Mitmesugused keemilised ühendid, mille koostisse kuulub plaatina, ei leia laialdast praktilist kasutamist. Mõningaid ühendeid kasutatakse analüütilises keemias kaaliumi kvantitatiivseks määramiseks. Plaatinaühendite uurimine aga andis suure panuse keemia teooriasse. Plaatinaühendeid on kõige täielikumalt uurinud vene teadlased L. A. Tšugajev, I. I. Tšernjajev ja O. E. Zvjagintsev.

Nagu näitasid uurimised, ei vasta tegelikkusele praegu eksisteeriv ettekujutus selle kohta, et plaatina ei reageeri õhuhapnikuga. Toatemperatuuril moodustub plaatinale kõige õhem kile (umbes 30 Å[1]), mis lendub nõrgal kuumutamisel vaakuumis.

---

[1] Å — ongström = 10^{-8} cm.



INIMESTE HIGI, PISARATE JA VERE METALL

79. KULD — *Aurum* (Au)

Kogu inimkonna ajaloo kestel on saadud 50 tuhat tonni kulda, mis moodustab keskmiselt 10 tonni selle perioodi iga aasta kohta.

Tõepoolest! Milliste meetoditega juba saadi kulda! Milliseid kuritegusid pandi toime ainult selle metalli valdamise pärast! Millise alatuseni laskuti kullaga rikastumise ahnuses! Kui palju helgeid lootusi, julgeid ootusi ja inimelusid hävitati kulla pärast. Üle poole kogu Maal toodetud kullast aga asub sügavate, betoneeritud maa-aluste ruumide vaikuses, mitmetonniste monoliitsete terasuste taga, mida teraselt valvab automaatsignalisatsioon.

Ameerika Ühendriikide kullahoidla, saladuslik Noxi kindlus, on ümbritsetud viiekordse okastraadiga, milles on 5000-voldine elektrivool. Kümnest valvetornist, mis on vaatluseks varustatud kõige täiuslikuma raadio-elektronaparatuuriga, valvatakse, et keegi ei läheneks isegi kaugelt kindlusele. Tornid on varustatud kuulipildujate ja kiirlaskekahuritega, mis valivad automaatselt märklaua. Kindlus on jaotatud sektoriteks, milles on üleujutatavad ruumid. Mõne minuti jooksul võib kindluse ruume täita

mürgise gaasiga, mis hävitab kiiresti kõik elava, inimesest kuni putukani. Kindluse keskel, erilises raudbetoonist blokis, mis on hermeetiliselt suletud kahekümne uksega ja elektromagnetiliste lukkudega, hoitakse Ameerika kapitalismi kulda, mis on valatud 900 000 tahuliseks metallkangiks.

Maa-aluse kindluse raudbetoonist seinad on läbitungimatud. Ja kuld, mis asub kindluse isoleeritud osades, on endiselt igasuguste õnnetuste allikaks. Kuld läheb selleks, et kindlustada Ameerika Ühendriikide poliitilist võimu. Dollaritega, mis on ümber arvestatud maa-alustes seifides asuvatele kullalattidele, peetakse kogu maakeral ülal Ameerika militarismi baase, luurekeskusi, provokatsioonide raadiojaamade «vabu hääli», arvukaid relvastatud palgasõdureid, alates reasõduritest kuni Pentagoni kõrgete kindraliteni.

Niisugune on üldjoontes kulla kaasaegse eluloo üks lehekülg.

Kulla ajaloos on kõige sisukamateks lehekülgedeks need, mis on seotud meie kodumaa rahvale kuuluva kulla ajalooga.

Vene kulda, mida tootsid karmi Siberi rasketes tingimustes tundmatute kullaotsijate põlvkonnad, asumisele saadetud dekabristid, eluaegsed sunnitöölised — narodnikud ja revolutsionäärid, hoiti Kaasani linnas. Asudes riigi territooriumi sügavuses, kaugel tulevaste sõdade võimalikest rindejoontest lähemate naabritega, ja omades oma aja kohta häid ühendusteid Moskva ja Peterburiga, ei valitud Kaasan juhuslikult kullahoidmise kohaks. Seetõttu olid ka Kaasani panga laoruumid avarad ja hästi sisustatud.

27. detsembril 1917. aastal sai pärast V. I. Lenini dekreeti pankade natsionaliseerimise kohta Kaasanis hoitud kuld üldrahvalikuks omandiks. Ekspluataatorlikud klassid, mis kukutati Oktoobrirevolutsiooniga, hakkasid raevukalt vastu. Vaatamata Punaarmee kangelaslikule kaitsele vallutasid valgekaartlased 7. augustil 1918. a. pärast ägedaid lahinguid Kaasani.

Kuld, mida hoiti Kaasani panga keldrite seifides, võeti ära valgekaartlaste poolt ja saadeti kiiresti Volgamaa kontrrevolutsiooni pealinna — Samaarasse. Samaarast veeti kuld, mis laaditi viide ešeloni, läbi Ufaa Omskisse admiral Koltšaki korraldusel, kelle Antanti imperialistid

määrasid interventide ja valgekaartlaste armee «kõrgema ülemjuhataja» kohale.

Sellest momendist alates algab meie kodumaa ajaloos ainulaadne kulla röövellik raiskamine. Vene rahva uskumatult raske tööga toodetud kulda kasutab Koltšak selle rahva hävitamiseks. Relvastuse ja sõjalise abi eest, mida annavad Antanti imperialistid, maksab ta kümneid, sadasid ja isegi tuhandeid puudasid puhast kulda. Nii näiteks «maksti» alates 10. jaanuarist 1919. a. mõne kuu jooksul ainuüksi Prantsusmaale, Jaapanile ja Inglismaale 3232 puuda (umbes 53 tonni) kulda.

Kuid rahva kulla eest ostetud relvad ei toonud Koltšaki armeele edu. Jõudnud 1919. aasta aprillis-mais Volga lähistele, kaotas Koltšaki armee visas võitluses Punaarmeega initsiatiivi ja taganes 1919. aasta algul kiiruga Siberisse. Jaanuari algul olid Koltšaki armee põhijõud purustatud. 16. jaanuaril 1920. aastal võeti vangi ka «kõrgem ülemjuhataja» ise. Huvitav on see, et Koltšaki armukese, vürstinna Temirova vagunis leiti 6 puuda hõbedat, kuldraha (7 miljonit rubla) ja hulgaliselt (terve kott) kullast ja briljantidest ehteasju.

«Kullaešelon» läks maa tõeliste peremeeste kätte. See koosnes kolmekümnest vagunist ja sisaldas 199 kasti kullakange, mille üldkaal oli 10 151 kg ja 6616 kasti kuldraha, mis kaalus 340 800 kg. Puudu oli 188 400 kilogrammi kulda. Poolteise aasta jooksul röövis Koltšak iga päev 349 kilogrammi, üle kolmandiku tonni, peaaegu 22 puuda kulda. Mitte ühelgi avantüristil ja raiskajal, mitte ühelgi põikpäisel kaupmehel-miljonäril, mitte kellelgi maailmas ei ole õnnestunud kulutada röövitud kulda niisugusel hulgal.

Saanud V. I. Leninilt korralduse kulla tagasiviimise kohta Kaasanisse, asus Siberi revolutsiooniline komitee märtsi algul täitma seda ülesannet. Ülesanne oli erakordselt raske. Taganedes põletas Koltšak ja laskis õhku 167 raudteesilda, mille taastamiseks oleks vaja olnud aastaid töötada. Sellele vaatamata asus 22. märtsil 1920. a. «kullaešelon» teele 262. Krasnoufimski laskurpolgu 3. pataljoni valve all. Ešeloni ülemaks määrati 5. armee Erakorralise Komitee eriosakonna töötaja Aleksander Afanasjevitš Kossuhhin.

«Kullaešeloni» reis on kustumatu lehekülg Kodusõja kangelaslikust epopöast. Lehekülg, mida ajaloolased, kir-

janikud ja kunstnikud ei ole seni kahjuks küllaldaselt valgustanud. See lehekülg on ju esimesest kuni viimase reani täis kangelaslikkust, piiritut ustavust revolutsioonile, raudse tahte ja ennekuulmatu visaduse eeskuju ületamatute raskuste võitmisel. Siberi halbades ilmastikutingimustes, jäises tuules, märjas lumetormis ja sombuste ööde pilkases pimeduses veeretasid «kullaešeloni» sõdurid ükshaaval vaguneid üle laiade jõgede mööda kiirestitehtud jääst sildu.

1920. a. 3. mai koidikul paistis ühe raudteekäänaku tagant Sümbeki teravatipuline torn, mis näitas, et Kaasan ei ole enam mägede taga. Tunni aja pärast lõppes ajaloos ennekuulmatu «kullaešeloni» reis, mis kestis üle neljakümne päeva.

7. mail 1920. aastal kell 10 õhtul paigutati Kaasani panga lattu viimane «kullaešeloni» kast. Viimane rida järjekordsel ja ebatavalisel Kodusõja leheküljel oli lõppenud. Sellest ajast peale kuulub kuld alatiseks kangelaslikule nõukogude rahvale...

Kulda, mis on inimesele tuntud juba iidsetest aegadest, kasutati ehetena juba barbaarsuse keskastmel. Esimesed kirjalikud teated kulla kohta ilmuvad egiptuse kirjades. Kõige vanemad nendest kuuluvad vaarao Tutmosise III aega, kes elas üle kolme ja poole tuhande aasta tagasi. Need andmed tõendavad, et kuld oli egiptlastele tuntud juba kaks tuhat aastat tagasi enne Tutmosise valitsemist. Arheoloogilised väljakaevamised Lääne-Euroopas, Krimmis ja Kaukaasias näitavad, et kulda tunti väga ammu ja et tema töötlemine, mida valdasid paljud muistsed rahvad, oli kõrgel tehnilisel tasemel.

NSV Liidu Teaduste Akadeemia arheoloogilisel ekspeditsioonil õnnestus hiljuti avastada Astrahani oblastis kaks ja pool tuhat aastat tagasi Volga ja Doni jõe vahelisel alal rännanud sarmaatide puutumatu matmispaik. Mitmesuguste kuldesemete hulgas, mis leiti väljakaevatud matmispaiga salaurkas, kõidavad tähelepanu suured kullast kõrvarõngad, mis kujutavad ratsanikke. Hobused, kes seisavad pöörlevate ratastega alustel, samuti ka ratsanikud, kes on kunstipäraselt kaunistatud, ja ka peenikestel kettidel rippuvad tammetõrukujulised ripatsid tõestavad muistsete juveliiride kõrget kunsti.

Kuld oli juba iidsetest aegadest alates tuntud hiinlastele, hindudele ja teistele Aasia rahvastele. Hiina imperaa-

torite paleede silmipimestavas luksuses, India pagoodide hämmastavas ažuuris, Budda templite pidulikus monumentaalsuses ei olnud kullast kaunistused harulduseks.

Kuld oli hästi tuntud ka muistse Mehhiko elanikele — atsteekidele. Puhtast kullast valmistatud kettad olid selle rahva mõnedel suguharudel Päikese sümboliks, mida nad kummardasid. Muuseas, pärast Mehhiko vallutamist hispaanlaste poolt (1519—1521. a.), saatis üks atsteekide juhte, soovides leevendada hispaanlaste pealiku Hernán Cortési julmust, talle kingituseks Päikese sümboli — puhtast kullast vankrirattasuuruse ketta.

Kulla hinnalisus ja kultuuriajaloo hilisematel etappidel püüe rikastuda viisid selleni, et hakati otsima meetodeid kulla võltsimiseks. Mõned nendest meetoditest olid teada juba antiik-Aleksandria juveliiridele. Pärast Aleksandria vallutamist araablaste poolt läks kulla võltsimise kunst üle Hispaaniasse, mille araablased olid samuti vallutanud. Hispaaniast levis see kunst Euroopasse.

Keskajal, kui kuld raha näol oli mittetootva klassi — rikaste ja rõhujate uueks võimsaks valitsemisvahendiks tootva klassi — vaeste ja rõhutute üle, saavutas mitteväärismetallide muutmise idee kullaks oma arengu kõrgpunkti. Ja kui «mitte kunagi hiljem pole raha võim avaldunud sellise ürgse tooruse ja vägivallaga kui sel oma noorusajal» (F. Engels)[1], siis mitte kunagi hiljem ei olnud püüd vahendite leidmiseks, mille abil oleks võinud saada kulda teistest metallidest, nii suur, nagu ta oli sel perioodil.

Kuna keskaja teadmised võimaldasid oletada, et niisugune muundumine on võimalik saladusliku vahendi abil, mida nimetati «filosoofiliseks kiviks», siis saab keskaja keemia peamiseks püüdeks leida «filosoofilise kivi» valmistamisviis. Keskaja keemia on teaduse ajaloos tuntud alkeemia nime all, milles liide *al* on laenatud araabia keelest.

Keskaja maailmavaade, mis oli kiriku diktatuuriga suletud harimatuse, ebausu ja müstika kindlasse kesta ning mis täitis maailma imede ja nõidusega, määras ka vankumatu usu «filosoofilise kivi» eksisteerimisse, mille omandamine muutus elu peamiseks eesmärgiks. Sellepärast

[1] K. Marx ja F. Engels. Valitud teosed kahes köites. II köide. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn, 1960, lk. 258.

otsivad «filosoofilist kivi» fanaatiliselt mitte ainult alkeemikud, astroloogid ja arstid, vaid ka papid ja kardinalid, printsid ja mungad, rüütlid ja kuningad, kerjused ja hulkurid.

Õnnetus ähvardas ka neid tõelisi teadlasi, kes töötasid hoopis teisel eesmärgil, kuid keda kahtlustati selles, et nad lõpetavad «filosoofilise kivi» valmistamise katseid. Olles valitsevate vürstide, kuningate ja kiriku jälitusobjektideks, sattusid nad varem või hiljem vanglasse, kus neilt püüti piinamiste abil välja pressida «filosoofilise kivi» valmistamise olematut saladust. Niisuguste õnnetute teadlaste hulka kuulus keskaja suur teadlane, munk Roger Bacon. Kuna teda kahtlustati selles, et ta teab «filosoofilise kivi» valmistamise saladust, pandi ta inkvisitsioonikohtu poolt 20 aastaks «kivist kotti», vangi, kus talt piinamiste ja surmaga ähvardusel pressiti välja kulla valmistamise retsepti.

Inkvisitsioonikohtust ei pääsenud ka ajaloos kuulus Prantsuse marssal parun de Retz, kes oli rohkem tuntud «Sinihabeme» nime all. Süüdistatuna 800 tütarlapse surmas, kelle verest ta olevat valmistanud oma sõbra alkeemik Prelatti abil kulda, ilmus parun de Retz Nantesi piiskopi Jean de Molestrudi nõudmisel 30. juulil 1440. aastal inkvisitsioonikohtu ette. 20. oktoobril 1440. aastal põletati parun de Retz ja alkeemik Prelatti avalikult tuleriidal, kuna nad keeldusid avaldamast «filosoofilise kivi» saladust.

1925. aastal leidis doktor Venshon, uurides selle mõisa varemeid, kus kunagi elas parun de Retz, nende alt kullasoone. Seega sai selgeks, kust de Retz oli saanud kulda. Alkeemik Prelatti sai kulda kvartsisoonest. Nii tehti 485 aasta pärast kindlaks, et Prantsuse marssal ei olnud süüdi ning de Retzi nimi rehabiliteeriti.

See periood ei möödunud muidugi ka petisteta, kes esinesid kas «filosoofilise kivi» omanikena või selle valmistamise saladuse valdajatena, et kindlustada endale muretut elu.

Tavaliselt leidsid niisugused šarlatanid kergesti peavarju vaesustunud kuningate või laostunud feodaalide paleedes, kes meeleldi uskusid, et tühjenevat rahakassat on võimalik täiendada «filosoofilise kivi» abil.

Tõsi, kivi nad veel ei näinud, kuid ... väikesed kulud, ja ta on nende käsutuses. Nad nägid ju oma silmaga elu-

sat kulda, mis oli tekkinud tiiglis mitteväärismetalli tugeval kuumutamisel.

Nad nägid tõepoolest ühte «tõendit» mitteväärismetalli muutmise «võimalikkuse» kohta kullaks, mida taolised šarlatanid küllalt sageli demonstreerisid mitmesugustes variantides. «Tõend» seisnes tavaliselt selles, et sula tina või mõni teine suhteliselt kergesti sulav metall muutus tiiglis pärast tühise hulga «filosoofilise kivi» lisamist (suurema koguse saamiseks ei jätkuvat ebaalkeemikutel vahendeid) ja raudvardaga segamist kullaks. «Muutumine» toimus lihtsalt. Varb oli seest õõnes ja sisaldas vähesel hulgal kullapulbrit, mis oli vardasse pandud kergesti sulava segu abil. Sulatise segamisel vabanes kuld ja sadenes tiigli põhja. Sulametall valati ettevaatlikult välja, tiigel aga pühendati koos põhjasettinud kullaga kõrgele kaitsjale avansina tulevaseks rikastumiseks.

Rõõmustudes lootusest kiiresti rikastuda, ei hoolinud enam üks või teine feodaal, vürst ja kuningas ülejäänud rahast, mis nüüd kiiresti ja lõplikult hävis ning läks «heategija» taskusse kulutustena imepärase «filosoofilise kivi» valmistamiseks.

On täiesti seaduspärane, et oma lootustes petetud kaitsjad ei tseremoonitsenud juhul, kui nad avastasid pettuse või võtsid õigel ajal kinni «alkeemiku». Komöödia lõpp oli traagiline: lossi maa-alune koobas, julmad piinamised ja häbistav hukkamine. Mõnede feodaalide hoovides toimus isegi spetsiaalne, «filosoofilise kivi» kurjategijate hukkamise rituaal. See koosnes reast osadest. Algul — pikaajaline mõnitamiste ja füüsiliste piinamiste protseduur, seejärel rõivastamine narri riietusse ja lõpuks, tavaliselt öösel, tahmavate lampide väreleval valgusel kurjakuulutava trummimürina ja sarvede ulgumise saatel — surm kullatud võllases.

Petiste ilmumine «filosoofilise kivi» valmistamise alal ennustas alkeemia langust ja hävimist ning mitteväärismetallide kullaks muutmise ideede kadumist, mille viljatuks ellurakendamiseks kulutati Euroopas kaksteist sajandit.

Kulla väärtus suurenes veelgi. Kodanluse tekke alguseks muutus rahadeks valatud kulla kultus üldiseks. Kuid muutus nõiduslikuks, võimsaks vahendiks, mis võis selle omaniku soovil muutuda kõigeks — teha rumala targaks ja targa rumalaks, anda jõudu jõuetule ja võimu rikkale.

Kulla vägevust kodanlikus ühiskonnas iseloomustas teravmeelselt kuulsa La Fontaini järeltulija ja tema töö jätkaja, prantsuse kirjanik Jean Pierre Claris de Florian oma valmis. Kasutades sobivat juhust, meenutame seda valmi:

«Kärarikkal väljakul, roninud pingile
keegi šarlatan punanäoline
hüüab mööduvale publikule:
«Ma vahendit müün kõikide haiguste vastu.
Pulbrit, millel ennekuulmatu omadus:
anda rumalale tarkust,
alatule — au,
argpüksile — kangelaslikkust...
Tema mõjul pole otsa ega äärt,
ta elus kõike on väärt.
Ta ees kõik kummardub, kõik langeb põrmuks.
Ta igas suhtes universaalne.»
Ma läksin juurde ja vaatasin —
see oli tavaline kullatolm.»

«Kullatolm» õpetas inimkonda arvutama suurte arvudega. Nii võeti Prantsuse-Preisi sõja lõpust alates (1871. a.) kasutusele miljard — tuhat miljonit. Selle arvu võttis Saksamaa kasutusele kontributsiooni määramiseks, mis määrati viie miljardi kuldfrangi suuruses summas võidetud Prantsusmaale. Nelikümmend kaheksa aastat hiljem, pärast seda kui Antanti armeede komandör marssal Fosh kirjutas alla vaherahule 11. nov. 1918. a. Compiègne metsas, nimetas Georges Clemenceau, kes töötas välja rahuprojekti Saksamaaga, arvu 200 miljardit dollarit, mis reparatsioonina tuli tasuda võidetud Saksamaal.

60 miljonit sakslast oli pandud põlvili. Iga «saksa hing» pidi võitjatele maksma 3000 dollarit kullas. Sünge ja raske tulevik ootas Saksamaa töölisklassi ja töötajaid. Ees olid pikad aastad puudust, viletsust ning rasket kurnavat tööd.

Lähtudes XX sajandi esimese aastakümne analüüsidest, mis näitasid, et iga kuupkilomeeter merevett sisaldab 5,5—5,7 tonni kulda, otsustas saksa tuntud keemik Fritz Haber, kes läks ajalukku kui keemilise sõja rajaja ja innustaja, päästa Saksamaa ülejõukäivatest reparatsioonidest mereveest saadud kullaga.

Kõige suuremas saladuses loodi 1920. a. Dahlemis panga ja Frankfurdi Proovipalati subsiidiumil komitee, kelle ülesandeks oli välja töötada meetod kulla eraldamiseks

mereveest. Et «üle kullata» Saksamaad, töötas Haber välja kõige täpsemad analüüsimeetodid, mis võimaldasid määrata 0,000 000 000 1 grammi kulda ühes liitris vees, ning kullasisalduse suurendamise meetodid vees, mille abil selle metalli kontsentratsioon suurenes 10 000 korda, võrreldes lähtekontsentratsiooniga. Kuid ... selgus saatuslik fakt. Arvukad hoolikalt teostatud analüüsid näitasid, et merevees on tunduvalt vähem kulda kui seda arvati varem. Faktiliselt oli seda 10 000 korda vähem kui oletati kullaprobleemi väljatöötamise algul. Nii tehti kaheksa aastase pingelise töö tulemusena kindlaks, et mere kasutamine kulla tööstuslikuks saamiseks ei tule kõne alla.

Sellest hoolimata on ookeanide vees sisalduv kulla üldine hulk muinasjutuliselt suur — 56 240 000 tonni ja ta ületab 1125 korda inimkonna poolt toodetud kulla hulga. Ookeanide kulla ühtlasel jaotamisel maa elanikkonna hulgas (3 120 000 000 inimest) saaks meie planeedi iga kodanik 18 kilogrammi kulda.

Veel suuremad kullahulgad asuvad maakoores. Geoloogide arvestuste järgi on maakoores 100 miljardit tonni kulda. Kuid kuld on väga hajutatud element ja isegi rikastes leiukohtades ei ületa kulla keskmine sisaldus 0,0008—0,001%. Kuld, mis on eraldatud vagunitäiest niisugusest «maagist», kaaluks 160 grammi, mis kangina oleks kreeka pähkli suurune. Seepärast nõuabki kulla tootmine erakordselt suurt tööd ja hinnalist sisseseadet. Kaasaegsed kullatootmise ettevõtted — need on terved tehased kõige keerukamate masinatega, hiiglasuurte purustitega ja sammuvate ekskavaatoritega. Need seadmed luuakse selleks, et kulda eraldada maagist. Töödeldakse ümber terved mäed materjale, purustatakse kaljusid, pumbatakse ümber jõgede vett selleks, et saata toodangut väikeste kangidena keldritesse, kus hoitakse «nurjatut metalli». Kapitalistlikes maades toodetakse iga aasta 700—750 tonni kulda. «Kullalagi» — 1281,8 tonni aastas saavutati 1940. a. Senikaua kui eksisteerib kapitalism, jääb enamiku maade rahasüsteemi aluseks kuld.

Senikaua kui eksisteerib kapitalism, jääb nähtavasti eksisteerima ka tolliamet — piirivalve teenistuse eelpost, kus Nõukogude riiki kaitstakse majandusliku interventsiooni ja mitmesuguste salakaubavedajate, spekulantide ja valuutaga äritsejate kallaletungi eest maa majandusele.

Senikaua kui eksisteerivad kapitalistlikud maad, toimuvad katsed valuuta vedamiseks nendest maadest läbi tolliameti. Endiselt püüavad kogenud tolliametnikud valuutaga äritsejaid, leides kuldrahasid nende massiivsete turismisaabaste õõnsates kontsades, moodsate poolsaabaste taldades, lakitud reisikottide käepidemetes, konservides, mis on pakitud plekkpurkidesse, vihmamantlite ja mantlite nööpides, kasukate kraedes, vabrikutes valmistatud botikute ja kalosside taldades.

«Valuutaoperatsioonid» on saavutanud ebatavalise ulatuse kapitalistlikes maades, kus kulla salakaubavedu toimub paljude maade territooriumil arvukate jõukude poolt, kes tegutsevad oma agentide kaudu, kelle hulgas on ka tolliameti teenistujad. Näitena võib tuua Briti välismaa lennukorporatsiooni, mille 84 teenistujat, alates veetlevatest stjuardessidest ja lõpetades esmaklassiliste lenduritega, oli rahvusvahelise salakaubavedajate jõugu agentideks kulla transportimisel.

Nende «organiseeritud kuritegude» ulatuse üle võib otsustada Ameerika Ühendriikide kodaniku Ralf Datchineri juhtumi järgi, kes peeti kinni 10. septembril 1962. aastal India ja Ida-Pakistani piiril. Tema täiesti uue auto ukse seest avastati salaruum, kus oli 185 ühe kilogrammi suurust kuldplaati. Nende hind oli 2 200 000 ruupiat.

Mida kujutab endast siis kuld?

See inimkonna ammune tuttav, mis ei ole olnud mitte kunagi tema sõbraks, ning mis on toonud nii palju õnnetust ja häda, on sellest hoolimata saanud suure kuulsuse ja külgetõmbava jõu.

Puhtal kujul on kuld helekollane, läikiv, pehme ja plastiline metall. Ühegrammisest kullatükist võib venitada kolme kilomeetri pikkuse traadi või valmistada kuliast lehtmetalli (0,0001 mm), mis on 500 korda õhem inimese juuksekarvast. Valguskiir paistab niisugusest lehekesest läbi roheka valgusena. Kuld on väga pehme. Teda võib küünega kriimustada. Seetõttu sulatatakse kuldesemete valmistamisel kuld kokku vasega. Niisuguste sulamite koostist väljendatakse prooviga, mis näitab väärismetalli kaaluosade arvu 1000 osas sulamis. NSV Liidus on ka vana prooviga esemeid, kui väärismetalli hulka väljendati solotnikkudes ühe naela (95 solotnikku) sulami kohta. Sellise väljenduse korral valmistati tavaliselt kuldesemed, mille proov oli 56.

Kuld esineb looduses eranditult vabas olekus hajutatuit kõvades kivimites (kvartsisoon) ja puistetes, mis moodustuvad niisuguste kivimite purunemisel. Puisted asuvad tavaliselt kaugel põhilisest leiukohast. Sealt «transporditakse» kulda tavaliselt voolava veega. Harva esineb kuld kristalses ehedas olekus. Kõige suurem kõikidest kunagi leitud ehetükkidest kaalub 112 kilogrammi ja ta ruumala oli umbes 0,006 kuupmeetrit. Üks suuremaid, Uraalist (endine Tsarevo-Aleksandrovski puist) pärit olev ehetükk kaalus 32,5 kg.

Kulla leiukohti esineb kõikides maailmajagudes. Kõige vaesemad leiukohad on Euroopas. Nendest pälvib meenutamist kvartsi kullasoon Karpaatide mägede suure kaare nõgusal küljel, ja Ida-Alpide kullasooned, mis kunagi olid rikkad, kuid praegu on ära kurnatud. Minevikus toodeti vähesel hulgal kulda Euroopas Reini, Isari, Inni ja teiste Kesk-Euroopa jõgede kaevandustest.

Aasias on peamised kullaleiukohad Uraali mägede idanõlvadel. Geoloogilis-mineraloogilises suhtes pakub suurt huvi kuulsate Berjozovi kaevanduste kuld. Kuld on seal hajutatuna kvartsisoontes. Need läbivad peeneteralise kivimi, mida nimetatakse kaevanduse nime järgi beresiidiks (kvartsporfüür). Kvartsporfüür asub omakorda massiivse mahuka soonena vilk-, talk- ja kloriitkiltkivi kihtkonnas. Siberi kõige rikkamad kulla leiukohad asuvad peamiselt Ülem- ja Alam-Jenissei samuti ka Olekma ja Vitimi jõgede vahel olevates kaevandustes. Peale Siberi asub Aasias kulda Väike-Tiibeti kvartsisoontes, samuti Indias, Hiina naaberprovintside jõgede ääres, samuti ka Indoneesia saartel, eriti Kalimantani (Borneo) saarel.

Aafrikas on ammust ajast tuntud Lääne-Aafrika kullaleiukohad Senegali jõel, samuti ka Kirde-Aafrikas Sinise ja Valge Niiluse vahel ning Abessiinias. Kõige rikkamad leiukohad asuvad aga Lõuna-Aafrikas, eriti Transvaalis, kus kuld on peamiselt liivakivis, kvartsiidis ja vulkaanide tardkivimites.

Ameerikas on rida kõige rikkamaid kulla leiukohti. Kõige vanemad leiukohad on Kalifornia kaevandused. Samuti on suhteliselt kaua tuntud kullaleiukohad Colorados ja Nevadas. Omal ajal sai maailmakuulsuse Campdocki soon. Hilisema aja leiukohtadest, mis kutsusid esile kõige julmema «kullapalaviku» on Põhja-Ameerika kaevandused ning kullasooned Klondikes ja Alaska rannikul.

Kulla avastamine nendes kohtades põhjustas rikkuse järele janunevate inimeste ennekuulmatu juurdevoolu. Kartmata karme arktikatingimusi, toidupuudust, kõikvõimalikke raskusi ja viletsust oli Alaska, mille muuseas avastasid vene maadeuurijad 1741. a. ja mis müüdi 1867. a. koos Aleuudi saartega 11 miljoni rubla eest Ameerika Ühendriikidele, sõna otseses mõttes üle ujutatud kullaotsijatega, kelle elu ja seiklused on leidnud peegeldust Jack Londoni teostes.

Rikkad kullaleiukohad asuvad ka Austraalias. Siin esineb kuld kvartsisoontes ja kaevandustes Queenslandi, Victoria ja Uus-Lõuna-Walesi provintsis.

Kulla keemiline inertsus, mis teeb ta muutumatuks aja, kõrge temperatuuri, niiskuse ja mitmesuguste keemiliste toimeainete suhtes, harva esinevad leiukohad ja raske saamine muutsid kulla klassiühiskonnas kõikide kaupade mõõdupuuks.

Kaasaegses kapitalistlikus ühiskonnas, kus kõik on muutunud kaubaks, võib raha eest kõike osta, alates Colosseumist ja Eiffeli tornist kuni kõrvalestade ja inimeste silmadeni. Raha kultus, tema kõikeneelav saamis- ja kogumiskirg, avaldub kõige eredamalt kogu maailmas tuntud Monte Carlo mängupõrgus Monako vürstiriigis. Nii nagu veepiisas peegeldub Päike, nii peegeldub kapitalistlik maailm elevandiluust tehtud ruletikuulis. Monte Carlo kasiino, mis rajati Monako kuninga Karl III ajal 1863. aastal, tähistas 1. aprillil 1963. a. kulla truualamliku teenimise sajandat aastapäeva. Kes küll ei ole viibinud selles paganausu templis möödunud sajandi jooksul. Kes küll ei ole astunud üle kasiino läve väriseva lootusega, et väljub sealt rikkana. Üle selle läve ei ole astunud ainult need, kes lähevad ükskord sinna selleks, et selles paganausu templis tõugata troonilt kullajumal, kuld ise ja sundida seda teenima klassideta ühiskonna teaduse ja tehnika huvides. Seni aga, kuni pöörlevad veel ruletikuulid, on kuld endiselt raha, mitmesuguste luksus- ja ehteasjakeste materjaliks.

Minevikus kulus tohutu hulk kulda ehete valmistamiseks kuningate, keisrite, tsaaride ja valitsevate klasside aristokraatliku ladviku jaoks. Kullast valmistati valitsevate isikute eraldusmärke — kroone ja nende võimu sümboleid — valitsuskeppe ja riigiõunu (kera, mille peale oli pandud rist — võimu jumaliku pärimise märk). Muuseas,

vene tsaaride riigiõun, mis oli vajalik tsaariks kroonimisel, ja mille Monomahh sai 1161. aastal Bütsantsi keisrilt, oli 19 cm diameetriga, rist aga oli 23 cm kõrge.

Kullast oli valmistatud ka Katariina II ... tualettpott, mis läks tolliseikluste ajalukku. Ermitaažist, kus seda hoiti, varastatud pott müüdi ühele välismaalasele, kes sõitis oma kodumaale koos perekonnaga. Perekonnaliikmete hulgas oli ka väike laps. Teades tolliseadust, maskeeris välismaalane hoolikalt kulla ja värvis selle emailvärvidega niisugust värvi, mis vastab taoliste nõude värvile. Kui tolliametis hakati läbi vaatama välismaalase asju, pandi tema laps, kes olevat tundnud äkki vajadust tualettpoti järele, sellele istuma. Laps istus potil kogu pika läbivaatuse aja. See äratas tolliametnikes kahtlust. Kahtlused ei olnud asjatud. Tarvitses ainult kätte võtta kahtlustatav ese, kui raskus, mis oli selle jaoks ebatavaline, tegi kindlaks, et ka materjal on ebatavaline.

Kaasaja kapitalistid ei jää maha endistest tsaaridest ja keisritest ei luksuse ega ka oma veidra fantaasia poolest. Tõsi, nad ei kuluta kulda klosetipottide raamide valmistamiseks. Puu on sel juhul praktilisem, sest ta juhib vähem soojust, kuid kullast kraanid ja dušid vannitubades ei ole harulduseks.

Klassideta ühiskonnas leiab kuld laialdast kasutamist. Hea elektrijuhtivus, erakordne keemiline püsivus ja raskesti sulavus (1063° C) on hinnalisemad omadused kui kuldsõrmuste «ilu». Kullast ja kullatud nõud ning keemiaaparatuur, mis ei karda peaaegu mitte mingisuguseid purustava toimega aineid (kuld lahustub ainult «kuningvees» ja seleenhappes), leiavad laialdast kasutamist keemias, tehnikas ja tööstuses. Kuld leiab tulevikus kasutamist ka tehnikaharudes. Nii näiteks soovitab tuntud nõukogude leiutaja A. G. Presnjakov kasutada kulda katalüsaatorina atomaarse hapniku rekombinatsiooni kiirendamiseks, mis võimaldab kasutada atmosfääri ülemiste kihtide hapnikku ionosfääri kütusena rakettlennukite jaoks. Niisugune idee viiakse kahtlemata ellu kommunismi ajal.

Niikaua aga ... niikaua peab kuld ka meie maal asuma riigipanga laoruumides ja seifides ning ta määrab nõukogude rubla vääramatu püsivuse rahvusvahelisel turul. Seetõttu on ka kulla kasutamine tehnikas veel piiratud, kuigi plaatina, mille aatomite arv on maakoores niisama

suur nagu kullalgi, kasutatakse juba ammu paljudes tööstusharudes.

Jäädes kalliks metalliks, tööga loodud igasuguste kaupade mõõdupuuks, kasutatakse kulda kunsthammaste, elektroodide ja mõnede meditsiiniliste aparaatide valmistamisel, kihlasõrmuste ja ehete tegemisel, teiste metallide kuldamisel kas kulla imiteerimiseks või korrosiooni vältimiseks.

23. augustil 1963. aastal lõpetati riigi peakellade — Moskva Kremli kellade numbrilaua, osutite ja numbrite kuldamine. Kellad, mis taastati pärast 1917. aasta oktoobrilahinguid V. I. Lenini korraldusel Kremli töökodade lukksepa Berensi poolt 1918. a. oktoobris, restaureeriti viimast korda 1937. aastal. Selle aja jooksul olid numbrid, osutid ja numbrilaud korrosiooni toimel tuhmunud. Selleks, et anda neile tagasi läige, asusid tööle meistrid-kuldajad J. Gluhhovi juhatusel. Kulutanud ainult 300 grammi kulda, andsid nad kelladele, mis juba kolm sajandit mõõdavad Kodumaa ajalookäiku, tõepoolest päikeselise sära. Asjatult ei olnud kuld kaua aega Päikese ja tema sädeleva valguse sümboliks.

NSV Liidu kõrgeim autasu — Lenini orden — on tehtud kulla sulamist. NSV Liidu Ülemnõukogu Presiidiumi poolt kinnitatud Nõukogude Liidu Kangelase teenete märk — medal «Kuldtäht» ja samuti ka medal «Sirp ja Vasar», mis on kinnitatud NSV Liidu Ülemnõukogu Presiidiumi poolt Sotsialistliku Töö kangelase teenete hindamiseks, on tehtud sellestsamast kullasulamist.

Nõukogude Armee sõdurite muuseumi memoriaalsaalis Treptovi pargis Berliinis hoitakse mustast labradorist alusel kuldlaekas raamatut kangelaste nimedega, kes langesid võitluses fašistliku Saksamaa pealinna vallutamisel.

Käesoleval ajal on teada umbes 20 kulla radioaktiivset isotoopi. Enamik neist on lühikese elueaga, mille poolestusaeg kõigub sekunditest kümne minutini ja mõne tunnini. Ainult neljal isotoobil on poolestusaeg 2,7 (kuld-195), 3,1 (kuld-199), 5,6 (kuld-196) ja 185 (kuld-195) päeva. On tähelepanuväärne, et kuld, koosnedes ühest looduslikust isotoobist (massiarv 197), on alfaaktiivne. Tema poolestusaeg on kolossaalselt suur, kolmkümmend miljonit miljardit ($3 \cdot 10^{16}$) aastat.

Praktilisemat kasutamist on leidnud isotoobid massiarvuga 198 ja 199. Nad mõlemad kiirgavad beeta- ja gam-

makiiri. Neid isotoope kasutatakse metallesemetena (nõelad, niidid jne.) ja samuti peendispersses (pihustatud) olekus meditsiinilises praktikas halvaloomuliste kasvajate, mõnede verehaiguste, bronhiaalastma ja teiste haiguste ravimisel. Kuna beetaosakesed, mida kiirgavad kulla radioaktiivsed isotoobid, ei tungi sügavale (0,38 mm) kudedesse, siis nende toimel on praktiliselt piiratud, kohalik iseloom. Radioaktiivse kulla sisseviimisel kasvajasse on kiirgusannus piisav ainult vähirakkude hävitamiseks. Terved koed jäävad kahjustamata.

Enne efektiivsete antibiootikumide avastamist kasutati mõningaid kullaühendeid tuberkuloosi ravimisel.

Palju raamatuid on kirjutatud mitte ainult kulla, vaid ka tema nimetuse kohta. Kulla nimetuste päritolu ja levimistee dešifreerimine on palju keerukam kui kirjutada kulla enda ajalugu. Seniajani ei ole ühtset arvamust sõna «kuld» päritolu kohta. Selle nimetuse juured on elanud aastatuhandeid, ja sel ajal kui slaavi, germaani, soome ja teistel Euroopa rahvastel esinevad selle sõna tüvedes tähed z, o, l, g, u, siis idamaa rahvastel esinevad kõige sagedamini sõnatüves tähed a, u, r. Ilmselt tulenes nendest viimastest tähtedest ka teaduses kasutuselevõetud kulla ladinakeelne nimetus — *aurum,* sõnast *aurora* — koit. Mõned uurijad näevad tähtede u, o, l kombinatsioonis vihjet metalli värvusele ja seovad kulla nimetuse (vene keeles *zoloto)* päritolu sõnaga kollane. Teised otsivad vastust alkeemikute juurest, kes laenasid kulla jaoks muistsete astronoomide ja astroloogide märgi. Arvamuste rohkus ühe küsimuse kohta tähendab alati seda, et puudub ühtne, õige vastus.



HÕBEDANE VESI

80. ELAVHÕBE — *Hydrargyrum* (Hg)

Igaühele, kes kas või kordki on käes hoidnud termomeetrit — «kraadikłaasi», on elavhõbe tuttav. Oma keemilistelt omadustelt on ta ehtne metall, kuid erinevalt teistest metallidest on elavhõbe toatemperatuuril vedel. Elavhõbeda kasutamine termomeetrites põhineb sellel, et ta paisub kuumutamisel nagu kõik teised ained. Elavhõbetermomeetri abil võib mõõta ka madalaid temperatuure. Kuid mitte alati.

Tugeva pakase käes «külmub» elavhõbe, see tähendab muutub tahkeks. Esmakordselt külmutas elavhõbedat M. V. Lomonossov 24. dets. 1759. a. Elavhõbeda külmumistemperatuur, õigemini sulamistemperatuur on miinus 38,8 kraadi. Niisugune pakane ei ole harulduseks Siberi elanikele. Seetõttu ei ole seal võimalik «paukuva» külma käes mõõta temperatuuri elavhõbetermomeetriga. Tahkes olekus on elavhõbe hõbedaselt sinakas, küllalt pehme, pliiga sarnane metall. Loengutel ja katsetel elavhõbeda kohta annab suurt efekti elavhõbehaamri valmistamine. Vormi valatud elavhõbe jahutatakse kiiresti vedela õhuga

või tahke süsihappegaasi ja eetri seguga. Naela löömine laua sisse elavhõbehaamri abil pakub üliõpilastele alati suurt elevust.

Elavhõbe on tuntud inimesele juba kaugest minevikust. Nii leiti ühest egiptuse hauakambrist, mis kuulus XV—XVI sajandisse enne meie ajaarvamist, väike nõu elavhõbedaga, mis oli ilmselt surnu amuletiks.

Muistsed hiinlased tundsid hästi elavhõbeda peamist maaki — kinaveri, mida nimetati «draakoni vereks». Seda poeetilist nimetust õigustab kinaveri väline sarnasus loomade arteriaalse verega, eriti siis, kui kinaveri hajutatud kristallid on põhikivimi helehallis massis. Elavhõbedapreparaate kasutati Hiinas haiguste, peamiselt pidalitõve ravimisel juba kolm tuhat aastat tagasi enne meie ajaarvamist. 350 aastat tagasi enne meie ajaarvamist kirjeldas Aristoteles oma teostes elavhõbedat. Oma teadusliku nimetuse *hydrargyrum* sai elavhõbe kreekakeelsest sõnast, mille andis talle Dioskorides. Sõnasõnalises tõlkes tähendab see hõbedane vesi (kreeka keeles *hydor* — vesi, *argyros* — hõbe). Alkeemikud kasutasid mitteväärismetallide kullaksmuutmise meetodi lootusetutes otsingutes sageli elavhõbedat, mida nimetati merkuuriumiks. Selle nimetuse sai elavhõbe selle tõttu, et tema tilgad olid võimelised kiiresti «jooksma» mööda siledat pinda, nii kiiresti ja niisuguse kergusega, nagu liikus muistsete roomlaste kujutuse järgi käsitöö ja kaubanduse kaitsja — Merkurius.

Originaalne hõbeda eraldamise meetod maagist elavhõbeda abil, mille tõid Lõuna-Ameerikasse Hispaania valitsemise ajal saksa mäetöölised, oli stiimuliks elavhõbeda tootmisel iidsest ajast tuntud Hispaania kaevanduses Almadeni lähedal.

Elavhõbe on väga raske vedelik. Üks liiter elavhõbedat kaalub üle kolmekümne kilogrammi. Elavhõbeda suur kaal ja liikuvus leidis omal ajal väga omapärast kasutamist meditsiinis. Soolte keerdumise korral valati haigele makku 200—250 grammi elavhõbedat, arvates, et see ajab raskuse mõjul keerdutõmbunud sooleosad sirgeks. Praegu on raske ette kujutada seda «operatsiooni», kuid veel raskem on kujutada haige edasist saatust.

Elavhõbe aurustub nagu iga teine vedelik. Tema aurud on mürgised ning mõjuvad inimese organismile hävitavalt. Seepärast on NSV Liidu tööseadusandlusega täielikult keelatud mõned tööstusharud, mis on seotud elav-

hõbeda ja selle ühendite kasutamisega (näiteks elavhõbevärvide tootmine). Kuid terves reas tööstustes ei saa läbi elavhõbeda kasutamiseta. Niisugustel tööstustel on erilised töötingimused ja läbimõeldud vahendid tööliste tervise hoidmiseks elavhõbeda kahjuliku toime eest.

Elavhõbedal on suurepärane võime lahustada paljusid metalle. Niisuguseid lahuseid nimetatakse amalgaamideks (kreekakeelsest sõnast *malgama* — pehme keha). Amalgaamid leidsid laialdast tehnilist kasutamist ning olid mõnel juhul huvitavate kurioosumite põhjuseks. Näitena toome ühe nendest. Möödunud sajandil püüdis üks uurijaid muuta elavhõbedat kullaks sel teel, et ta laskis elavhõbeaurudest läbi võimsa elektrilahenduse. Pärast arvukaid katseid, mis maksid palju raha, aega ja tööd, õnnestus tal avastada kulla olemasolu elavhõbedas. Hoolikamal uurimisel aga selgus, et kuld sattus elavhõbedasse uurija prilliraamidelt, mis olid kullast. Ta katsus kätega, millel olid elavhõbeda jäljed, prille ja kandis sel teel kulla amalgaami näol uuritavasse elavhõbedasse.

Elavhõbe leiab laialdast kasutamist mitmekesises tehnilises ja teaduslikus aparatuuris ning seadmetes, nagu baromeetrites, manomeetrites, termomeetrites, vaakuumpumpades, elavhõbevannides leeliste saamiseks, elavhõbelampides («kõrgustikupäike»), elavhõbealaldites jne.

Üleliiduline V. I. Lenini nimeline Elektrotehnika Instituut töötas Volgograd-Donbassi alalisvoolu kõrgepingeliini alajaamade jaoks välja uue kõrgepinge elavhõbealaldite «BP-9» konstruktsiooni, mida Stavropoli tehas rakendas elavhõbealaldite seeriaviisilisel väljalaskmisel.

Perspektiivne on elavhõbeda kasutamine aatomitehnikas, kus elavhõbedat võib kasutada soojuskandjana naatriumi ja kaaliumi sulami asemel. Elavhõbeda kasutamine naatriumi ja kaaliumi sulami asemel võimaldab saada 10 at rõhuga ja 500—550° C temperatuuriga elavhõbeauru. Elavhõbeda kasutamine tõstab mitte ainult seadme kasutegurit, vaid lihtsustab ka selle skeemi, sest elavhõbeda madala tahkestumistemperatuuri tõttu ei ole vaja soojusreaktori vaheruumi soojenduskonstruktsiooni.

Elavhõbedat kasutati jahutuskeskkonnana Kanada esimeses soojusneutronitel töötavas reaktoris.

Teisel rahvusvahelisel konverentsil aatomienergia rahuotstarbelise kasutamise alal 1958. a. teatas nõukogude delegatsioon, et meie maal on käiku lastud kiirete neutro-

nitega töötav katsereaktor, kus soojuskandjaks on elavhõbe.

Tõsi, elavhõbeda kasutamisel soojusreaktori jahutusvedelikuna on üks takistus — neutronite neeldumise suur ristlõikepind. Kuid kõikidel isotoopidel (7), mis moodustavad loodusliku elavhõbeda, ei ole ühesugune ristlõikepindala. Kui looduslikust elavhõbedast õnnestuks väheste kulutustega eraldada isotoobid massiarvuga 200 ja 201 (looduslikus segus on neid vastavalt 23,13% ja 13,22%), siis aeglaste neutronite neelamispind väheneks 6 korda.

1937. aastal viidi läbi katse Gorki tänava valgustamiseks Moskvas elavhõbelampidega. Kuigi elavhõbelambid on väga ökonoomsed, tuli neist kahjuks loobuda. Lambid andsid surnukahvatu valguse, mistõttu inimeste näod omandasid ebameeldiva mullataolise värvivarjundi. Selle puuduse kõrvaldamiseks tehakse elavhõbelambid koos luminofooridega. Luminofoorid muudavad elavhõbeda ultraviolettkiirguse kollaseks ja punaseks. Elavhõbedat kasutatakse meditsiinilises praktikas mitmete nahahaiguste ravimisel (elavhõbesalv), desinfitseeriva vahendina (soolalahused), hambaravipraktikas purihammastele metallist plommide valmistamisel. Lühikeses peatükis ei jõua loetleda elavhõbeda kasutamise kõiki alasid.

Looduses ei ole elavhõbedat just eriti palju, kuid ta esineb mõnedes kohtades suhteliselt suurtes hulkades, ega ole laiali paisatud mööda maakera. NSV Liidus asub elavhõbeda üks kõige vanemaid leiukohti Donbassis Artemovski lähedal. Selle leiukoha ekspluateerimisel leiti 20 m sügavusest muistsed kaevandamiskohad ja töövahendid — kivist haamrid. Veelgi iidsem on Haidarkani («Suur kaevandus») kaevandus Fergana orus.

Elavhõbe esineb ehedalt väga väikeste tilkadena või mineraal kinaverina. Kinaver on punane maak, mis koosneb elavhõbeda ja väävli ühendist — elavhõbesulfiidist. Kui maaki kuumutada õhu käes, siis väävel põleb ära, elavhõbeaurud aga lenduvad. Suletud nõus põletamisel püütakse elavhõbe kinni ja kondenseeritakse.

Maailmas on teada mitu suurt elavhõbeda leiukohta: Almaden Hispaanias, Monte Amiata Itaalias, New Almaden Kalifornias. Kuni viimase ajani andis Hispaania 80% elavhõbeda maailmatoodangust.

«ROHELINE OKS»

81. TALLIUM — *Thallium* (Tl)

Kuulus Crookes, keda F. Engels naeris teravmeelselt välja tema spiritualistlike nähtuste uurimise, «spiritistlike seansside», s. o. «vaimude väljakutsumise» harrastamise pärast, oli suur spetsialist spektroskoopia alal. Teades hästi, et spektroskoop on võimas instrument uute elementide leidmisel, uuris Crookes selle abil hulgaliselt mitmesuguseid aineid. Loomade laibad, tuhk, mitmesugused tubakasordid, merevesi, üliväikesed putukad ja paljud teised mitmekesised objektid — kõiki neid uuris ta spektroskoobi põletí leegis.

1861. a. olid Crookesi uurimisobjektiks väävelhappetehaste jäätmed. Lootes leida väävelhappekambrite tolmus telluuri, avastas Crookes uue elemendi, mis andis spektris ereda rohelise joone. Selle joone värvuse järgi sai uus element oma nimetuseks tallium (kreekakeelsest sõnast *thallos,* mis tähendab roheline oks). Peagi eraldati uus element, mis vabal kujul osutus metalliks. Uue metalli ühendid olid omaduste poolest sarnased ühelt poolt naatriumi- ja kaaliumiühenditega, teiselt poolt aga hõbedaühenditega. Tallium on hõbevalge, õhu käes küllalt püsiv, kergesti sulav metall, mis väliselt on sarnane pliiga. Keemikud tegid kindlaks, et talliumi saamine ei paku erilisi raskusi.

Talliumisulamid plii ja tinaga on suure happekindlusega. Sulam, mis sisaldab 10% talliumi, 20% tina ja 70% pliid, peab hästi vastu väävel-, sool- ja lämmastikhappe segule. Mõnede talliumiühendite valgustundlikkus võimaldab neid kasutada fotograafias. Talliumsulfiidi kasutatakse kõrge tundlikkusega fotoelementides. Suure murdumisnäitajaga optiliste klaaside tootmisel kasutatakse tal-

liumiühendeid. Talliumsulfaat on tugev mürk, mida kasutatakse näriliste hävitamiseks.

Väga sageli esinevad mitmesugused mineraalid koos. Üks nende eraldamismeetodeid põhineb sellel, et peenestatud mineraalide segu asetatakse suure tihedusega vedelikku. Rasked mineraalid langevad põhja, kerged aga ujuvad niisuguse vedeliku pinnal. Üks niisuguseid vedelikke on talliumi maloon- ja sipelghappe kaksiksool (tihedus 4,2).

Mõnede talliumorgaaniliste ühendite võime vähendada tuberkuloosihaigetel higistamist oli talliumi kasutuselevõtmise põhjuseks meditsiinis. Talliumiühendite suur mürgisus sundis aga loobuma nende tarvitamisest. 1960. aasta novembris mürgitasid prantsuse kolonisaatorite agendid Genfis rahvuspartei Kameruni Rahvaste Liidu juhi Felix Moumie. Ekspertiis tegi kindlaks, et ta mürgitati talliumiühenditega lõunasöögi ajal.

Käesoleval ajal kuuluvad talliumiühendid salvide ja plaastrite koostisse karvade eemaldamiseks mõnede nahahaiguste puhul.

Talliumsulfiid leidis perspektiivse kasutamisala. Seda kasutatakse fototakistite valmistamisel. Fototakistiteks nimetatakse fotoelemente, mis on loodud sisefotoefekti kasutamise põhimõttel. Nähtuse olemus seisneb järgmises. Pooljuhile langev valgus annab nende aatomite elektronidele täiendava energia, mille abil elektronid võivad ületada aatomituuma külgetõmbejõu ja, jättes neid maha, lähevad aatomitevahelisse ruumi. Selle tulemusena suureneb aine elektrijuhtivus. Seda nähtust nimetataksegi sisefotoefektiks. Mida tugevamini kiiritatakse pooljuhti, seda rohkem nähtavasti moodustub selles vabu elektrone. See tähendab aga, et pooljuhti läbiv elektrivool suureneb. Kuna sisefotoefekti esilekutsumiseks piisab väikesest energiahulgast, siis fototakisteid võib kasutada infrapunase kiirguse registreerimiseks. Eriti suure tundlikkusega on infrapunaste kiirte suhtes talliumsulfiid, mida viimasel ajal kasutatakse soojuspeilingaatorite, öiste nägemisaparaatide, isesihtivate seadeldiste jne. valmistamisel.

Kui 1940. a. oli talliumi maailmatoodang alla 5 tonni, siis 1958. a. saadi talliumi juba üle 4000 tonni.



VEEL ÜKS MUISTSE AJA METALL

82. PLII — *Plumbum* (Pb)

Plii on metall, mis analoogiliselt vase, antimoni ja tinaga on tuntud iidsest ajast peale.

Kui imelik ka ei ole, kuid esmakordselt kasutati pliid seal, kus teda praegu üldse ei kasutata — veevärgitorude valmistamisel. Pliid, mis oli üks pehmemaid metalle ja kergesti lehtedeks valtsitav, kasutati juba kauges minevikus veevärgitorude ehitamisel. Veel enne roomlasi olid pliist torud tuntud egiptlastele, samuti ka Lähis- ja Kesk-Ida rahvastele.

Käesoleva ajani on säilinud praegusest Bagdadist lõuna pool, Eufrati vasemal kaldal, karavanitee lähedal suur 45-meetri kõrgune küngas. Praegu nimetatakse seda Babüloniks. Need on Semiramise kunagi kuulsate rippuvate aedade jäänused, mis oli üks antiikmaailma seitsmest imest.

Loodud 2500 aastat tagasi eri rahvustest arvutute orjade ja vangide uskumatult raske tööga Babüloonia võimsa valitseja Nebukadnetsari poolt oma naise, Meedia vürstinna Semiramise meeleheaks hiiglasuure kahekümne-

terrassilise püramiidina, olid need aiad tõepoolest aiaarhitektuuri imeks. Kõik taimed olid selles aias paigutatud mööda terrasse nii nagu nad kasvasid Semiramise kodumaal mägedes, kus oli rikkalik taimestik, mägiojad ja kosed. Alumistel terrassidel olid orgude, madalike taimestik, keskmistel — kiltmaa esindajad ja ülemistel terrassidel olid kõrgmäestike metsad ja aasad. Ülemistelt terrassidelt langesid astmeliselt ojad, roheluse keskel olid purskkaevud. Hiiglasuur roheline püramiid, mis lõhnas lillede aroomist ja mida elustasid päikese käes vikerkaarevärviliselt sädelevad purskkaevud, oli muinasjutuline ja, näis, et ta tõepoolest ripub kuuma taeva sinas. Siit tulenes ka aedade nimetus — rippuvad aiad.

Babüloni künka väljakaevamistel, mida teostasid arheoloogid, avastati veevärgi, kaevude ja hüdrauliliste ehituste keerukas süsteem, milles torud olid tehtud pliist. Plii abil olid kinnitatud ka terassiplaadid, millele oli pandud niisuguses koguses mulda, mis oli vajalik suurte puude juurdumiseks.

Iidse aja ehitajad kasutasid pliid kivide kinnitamiseks kindluse müürides. Nii näiteks leiti Armeenias ühe muistse kindluse varemetel plii abil müüritud seinad.

Rooma veevärgitorud olid samuti pliist. Enamik neist ei olnud korrapärase ümmarguse läbilõikega, vaid nende läbilõige oli pirnikujuline. Kokkujoodetud plii või antimoniga, paistsid nad sellest hoolimata silma suure vastupidavuse poolest. Käesoleval ajal on järele proovitud, et need torud pidasid vastu rõhule kuni 15—18 at, ja pragunesid mitte jootekohalt, vaid selle kõrvalt. Mõnedel torudel on kirjutised, mis viitavad, kelle valdusse nad olid pandud ja millise maa-ala omanikele kuulusid jne. Rooma veevärgitorude laiaulatuslikkuse üle võib otsustada vee individuaalsete tarbimispunktide järgi, mille arv Vana-Rooma inseneri ja arhitekti Vitruviuse andmete alusel oli üle kolmeteistkümne tuhande.

Ilmselt sellepärast oligi roomlaste keskmine eluiga nii lühike. Põhjus on selles, et kõik plii lahustuvad ühendid on mürgised. Plii püsivusele vee suhtes avaldab suurt mõju vees sisalduv süsihappegaas. Vähestes kogustes moodustab see plii pinnale ühendi, mis ei lahustu vees (pliikarbonaat), ja muudab seega plii püsivaks. Kui aga süsihappegaasi sisaldus on vees suhteliselt suur (nagu vees, millega varustati Vana-Rooma linna), siis süsi-

nappegaas reageerib pliiga ja moodustab pliivesinikkarbonaadi, mis on vees hästi lahustuv. Sattudes organismi väikeste annustena, jääb plii sinna peatuma, ning asendades aeg-ajalt luude koostisse kuuluva kaltsiumi, kutsub esile kroonilise mürgituse.

Puhtal kujul on plii sinakashall, raske (tihedus 11.3), pehme metall, mis rõhu all (200 kg 1 cm^2 kohta) on võimeline läbima peenikesi avausi. Kuna plii oli tuntud juba kauge mineviku aegadest alates, siis muutus ta materjaliks, mis leidis laialdast kasutamist praktikas. Keskajal kulus Euroopas hulgaliselt pliid losside, paleede ja kirikute katuste katmiseks. Muuseas, «riiklike kurjategijate» vanglas Veneetsias, mis on ühendatud Õhkamiste silla kaudu varase keskaja suurepärase ehituse — Doodžide paleega, olid pööningul kambrid pliikatuse all. Talvel kangestusid «kurjategijad» selle katuse all külmast, suvel aga nõrkesid palavusest. Tulirelva leiutamisega hakati pliid hulgaliselt kulutama püsside ja püstolite kuulide ning suurtüki kartetšide valmistamiseks.

Käesoleval ajal võib loetleda väga palju plii kasutamisalasid. Akumulaatorite tootmine, keemiaaparatuuri sisepindade katmine pliiga, torud hapete ümberpumpamiseks, keemialaboratooriumi veeäravoolutorud, sõjatehnika, elektrikaablite, pliiklaaskristalli ja glasuuride tootmine — kõik see nõuab palju puhast pliid.

Raamatud, ajakirjad ja ajalehed valmistatakse inimeste poolt, kellel tuleb töötada trükimetalliga, mis sisaldab pliid. Pliitolm on mürgine. Seetõttu on tööstused, kus kasutatakse pliid või selle ühendeid, meie maal tähelepanu all. Plii maksimaalne sisaldus ei tohi tööstusettevõtete õhus ületada 0,00001 mg liitri kohta. Seal, kus inimesel on tegemist pliiga, kasutatakse spetsiaalseid ettevaatusabinõusid ja kehtib väga range töökaitse seadusandlus.

Metalliline plii on väga heaks kaitseks iga liiki radioaktiivse kiirguse ja röntgenikiirte vastu. Proovige kaaluda arsti-röntgenoloogi põlle või tema kindaid, ja teid hämmastab nende raskus. Põlle ja kaitsekinnaste kummi sisse on pandud plii, mis peab kinni röntgenikiired ning kaitseb röntgenolooge röntgenikiirte hävitava toime eest. Ka klaas, mis sisaldab pliioksiidi, kaitseb radioaktiivse kiirguse eest. Niisugune pliiklaas võimaldab juhtida radioaktiivsete materjalide töötlust «mehhaanilise käe» — manipulaatori

abil. Pliiklaasist illuminaator Bukaresti aatomikeskuses on meetri paksune ja kaalub üle poolteise tonni.

Meditsiinilise radioaparatuuri tehas Kaasanis hakkas 1962. aasta algul seeriaviisiliselt tootma radiomanipulatsiooniaparaate radioaktiivsete isotoopidega töötamiseks. Aparaat kaitseb operaatorit paksu pliist soomusega, manipulaatorite komplekt aga võimaldab imiteerida kõige keerukamaid inimese käte ja sõrmede liigutusi, kaasa arvatud ka meditsiinilisele nõelale niidi tahapanemine.

Plii on ka reaktorite kõige efektiivsemaks bioloogilise kaitse materjaliks. Muuseas, Ameerika aatomilaeval «Savannah», mille eesmärgiks oli tema loojate arvamuse järgi demonstreerida kapitalistliku laevaehituse «imet», kuid mis seniajani ei ole alustanud vananenud tehnilise varustuse tõttu regulaarseid reise, on pliid reaktori kaitsekihis 478 tonni.

Keemiliselt seisukohalt on plii suhteliselt väheaktiivne metall. Paljud metallid võivad ta lahustest välja tõrjuda. Sellel põhinevad efektsed katsed. Järgnevalt toome ühe nendest. Lõigake õhukesest tsinkplaadist välja kassi kujutus ja asetage see pliisoola lahusesse. Tsinkplaat kattub väga kiiresti hallide nõeltega. «Kassile» kasvab «kasukas». Tsink läheb lahusesse, tõrjub välja plii, mis eraldub plaadi pinnale. Hallid nõelad ongi pliikristallid.

Plii on uraani ja tooriumi radioaktiivsete muundumiste mitteradioaktiivne lõpp-produkt. Plii moodustub nendest looduslikest radioaktiivsetest elementidest pärast rida vahepealseid radioaktiivseid elemente. Tooriumist moodustunud plii aatomkaal on 208, uraanist saadud plii massiarv on aga 206. Nende isotoopide sisaldus looduslikus segus on vastavalt 51,7 ja 25,2%.

Looduses on pliid suhteliselt vähe (0,0001% maakoore aatomite üldarvust). Pliidsisaldavaid mineraale — galeniiti (pliiläik ehk pliisulfiid), tserussiiti (pliikarbonaat), anglesiiti (pliisulfaat) jt. esineb paljudes maades. Meil asuvad pliileiukohad Kasahstanis, Uraalis, Siberis jm. Pliid leidub alati segus teiste metallidega.

Plii suhteliselt kerge saamine maakidest on seletatav plii madala sulamistemperatuuriga (kõigest 327° C). Kõige tähtsamast pliimaagist — galeniidist — eraldatakse plii kergesti väävlist. Selleks et välja sulatada puhast pliid, piisab galeniidi ja söe segu põletamisest õhus.

Ka mitmesugused pliiühendid on suure tähtsusega. Nii kasutatakse mõningaid pliioksiide ja selle sooli värvidena värnitsa kuivamise kiirendamiseks. Lahustuvaid pliiühendeid kasutatakse meditsiinis kootavate, valuvaigistavate ja põletikuvastaste vahenditena. Pliikompress on paljudele tuntud. Mõnikord nimetatakse seda magusa maitse tõttu «pliisuhkruks». Ei tohi aga unustada pliisuhkru suurt mürgisust.

Sageli kohtame autol pealkirja «etüleeritud bensiin». Peaaegu kõik autod töötavad niisuguse bensiiniga ja mürgitavad märgatavalt linnade õhku pliiga. Etüleeritud bensiin sisaldab tetraetüülpliid, mis vähendab kütuse detonatsiooni mootoris, kuid lenduvate ühendite näol satub summutajatest õhku, mida me hingame. Uurijad otsivad praegu intensiivselt tetraetüülplii asendamise teid ohutuma, kuid niisama efektiivse ainega.

Peatükis titaanist räägiti sellest, et vanad pildid ja ikoonid, mis on valmistatud pliivalget sisaldavate värvidega, tuhmuvad aja jooksul. Kui niisugust kujutust hõõruda nõrga vesinikülihapendi lahusega, mis oli tuntud 1818. a. alates, siis väävelvesiniku toimel moodustunud must pliisulfiid läheb üle valgeks ühendiks — pliisulfaadiks. Pilt muutub heledaks ja taastub. Kasutades seda nähtust, «uuendasid» kirikutegelased korduvalt «imelisel kombel» ikoone, vedades usklikke ninapidi.

Algul kasutati piltide taastamiseks kontsentreeritud äädikalahust, kuid XIX sajandi lõpul ja XX sajandi algul kasutati selleks äädikaessentsi. Äädikaessents pesi puhtaks aja jooksul tumenenud värnitsakihi, millega alati kaeti ikoon. Nagu näha, ei ole selles «uuendamises» mitte mingisugust imet.



KERGESTI SULAVA SULAMI METALL

83. VISMUT — *Bismuthum* (Bi)

Uue teatri saalis istuja ja kergestisüttivate materjalide laos või lõhkeainete tehases töötaja ei tea sageli, et sulam, mis sisaldab vismutit, kaitseb teda tulekahju eest.

... Hakkas hõõguma portjäär või pehme tugitooli iste. Suitsu võib ka mitte märgata. Kuid soe õhuvool tõuseb lae alla. Seal valvab kogu ööpäeva nähtamatu «tuletõrjuja» — peenike traat vismuti (14%), plii, tina ja elavhõbeda sulamist. Vismuti sulamistemperatuur on kõigest 271° C, kuid nimetatud sulami sulamistemperatuur on ainult 45° C. Niipea kui õhk lae all kuumeneb selle temperatuurini, sulab traat üles, teda hoidnud vedru «hakkab tööle», ühendab kontakti, ja kõikides tööruumides hakkavad helisema kellad, mis teatavad saabunud hädaohust. Kui see toimus kergestisüttivate ainete laos, kus ei ole inimesi, siis purskuvad seintesse peidetud torudest veejoad. Häiresignaali peale kihutavad tuletõrjedepoost välja kiired tuletõrjeautod.

Käesoleval ajal on vismuti alusel valmistatud suur hulk kergesti sulavaid sulameid. Muutes metallide proport-

sioone, mis moodustavad vismuti sulami, võib saada erinevaid sulamistemperatuure, alates 45° C.

Kui tehase toodang ei talu ülekuumenemist, siis võib üles seada vismutsignalisaatori. Niisuguse signalisaatori abil võib vältida mõne masinaosa või konstruktsiooni ohtlikku ülekuumenemist.

Viimasel ajal hakkasid vismutsignaalisaatoritega edukalt konkureerima pooljuhtseadmed ja ained, mis muudavad temperatuuri muutumise korral värvust.

Vismuti ühenditel leelismetallidega on ülijuhtivuse omadusi. Kui heeliumil ilmnesid need omadused absoluutsele nullile lähedasel temperatuuril, siis nimetatud ühendites ilmneb taoline omadus kõrgel temperatuuril. Vismuti sulamil germaaniumiga on niivõrd madal sulamistemperatuur, et automaattermomeetrite probleem sai täiesti uue ja originaalse lahenduse.

Vismutisulamid kleepuvad hästi klaasi külge. Seetõttu on neid mugav kasutada peeglite valmistamisel ja metallide jootmisel klaasi külge. Igaühele on teada, et metalli ruumala suureneb sulamisel, tahkestumisel aga väheneb. Erandi moodustab vismut. Sulamisel väheneb vismuti ruumala märgatavalt. Välisrõhu suurenemisel kasvab enamikel ainetel sulamistemperatuur, vismutil aga on vastupidi.

Selle «vastuolulise» metalli ühendid on inimestele tuntud juba ammu. Euroopas tunti vismutit keskaja saksa arsti, alkeemiku ja metallurgi Agricola ajast, kes näitas, kuidas eristada vismutiühendeid. Alkeemik, kelle varjunimi oli Basilius Valentinus, kirjeldas vismutiühendeid. 1739. aastal eraldas J. Pott metallilise vismuti. Oma nimetuse sai vismut muinasgermaani sõnast *weissmut,* mis tähendas valge metall.

Looduses on vismutit väga vähe (0,000 002% maakoore aatomite üldarvust). Ei ole imestamapanev, et vismuti maailmatoodang on mitusada tonni, millest suur osa läheb «tuletõrjevahendite» valmistamisel kasutatavate sulamite valmistamiseks. Lahustumatuid või raskelt lahustuvaid vismutiühendeid kasutatakse meditsiinis kootavate ja põletikuvastaste vahenditena.

Aluseline vismutkarbonaat — valge, peen, vees lahustumatu pulber on kasutusel röntgenoskoopias. Orgaanilisi vismutiühendeid (dermatooli, kseroformi ja teisi) kasutatakse salvidena desinfitseerivate ja kuivatatavate vahen-

ditena haavade, raskelt kinnikasvavate haavandite jt. ravimisel.

Tuumaenergeetika avas vismutile, nagu ka paljudele teistele elementidele, täiesti ootamatud perspektiivid. Vismut haarab halvasti kaasa soojusneutrone, ehk, väljendades tuumafüüsika terminiga, tal on väike neutronite haarde ristläbilõige. Sel põhjusel peab puhas vismut ja vismuti sulam pliiga leidma kasutamist vedelmetalliliste soojuskandjate hulgas. Mõlemad kandjad ei ole plahvatus- ega tuleohtlikud. Aatomireaktorites võib vismutit võib-olla kasutada vedelmetallilise kütusena (uraani sulam vismutiga). Eriti perspektiivne on vismuti ja plii eutektiline sulam (56,5% ja 43,5%), mille sulamistemperatuur on 125° C. Mõlemad soojuskandjad vajavad suurt energiakulu tsirkulatsiooniks ja põhjustavad tsirkulatsiooniseadme intensiivsema erosioonilise kulumise.

Lõpetades jutustuse vismuti kohta, tuletame meelde, et esimene termoelementide patarei loodi Oerstedti ja Furieri poolt kokkujoodetud antimoni ja vismuttraadist.

POOLA AUKS

84. POLOONIUM — *Polonium* (Po)

Selle elemendi avastamine on seotud abielupaar Marie Sklodowska-Curie ja Pierre Curie kuulsate töödega. Raadiumi juures peatume üksikasjalisemalt nende tööl.

1898. a. juulis sai Marie Curie pärast kaheaastast pidevat tööd vähesel hulgal uut ainet, mis sarnanes nikliga. Selgus, et see aine on uraanist 300 korda radioaktiivsem. Tehes uue ainega mitmesuguseid katseid, veendus Curie, et ta avastas uue, veel tundmata elemendi. Oma kodumaa auks nimetas ta selle polooniumiks (*Polonia* — Poola ladinakeelne nimetus).

Poloonium kuulub looduses kõige vähem levinud elementide hulka. Polooniumi sisaldust maakoores arvutatakse protsentides, milles esimene arvuline number asub viieteistkümnendal kohal pärast koma. Vabas olekus eraldati poloonium tema lahustuva soola elektrolüüsil. Polooniumi sulamistemperatuur on 254° C, erikaal 9,4.

Füüsikalistelt omadustelt meenutab poloonium perioodilisuse süsteemis temaga kõrvutiolevaid elemente — tallium, pliid ja vismutit. Keemiliste omaduste poolest on ta hämmastavalt sarnane telluuriga. Polooniumil on 23 isotoopi, mille massiarv on 196—218. Kõik isotoobid on radioaktiivsed. Kõige kättesaadavam, seetõttu ka kõige enam uuritud, on polooniumi isotoop massiarvuga 210.

28 aastat enne Curie-Sklodowska avastust ennustas D. I. Mendelejev perioodilisuse seaduse alusel polooniumi olemasolu looduses.

Praegu on polooniumi tööstuslikuks «leiukohaks» aatomireaktorid, kus vismuti kiiritamisel neutronitega saadakse suurel hulgal polooniumi. Erilist huvi pakub poloonium kui alfaosakeste allikas. Polooniumi isotoop massi-

arvuga 210 kiirgab ainult alfaosakesi, seejuures üle neljatuhande korra intensiivsemalt kui raadium.

On teada, et alfaosakesed põhjustavad õhu ionisatsiooni. Ioniseeritud õhul on aga kõrgem keemiline aktiivsus. Tuntud nõukogude leiutaja Presnjakov esitas originaalse projekti polooniumi ioniseeriva omaduse kasutamiseks. Tema projekt seisneb selles, et poloonium-210-ga kaetud plaat tuleb asetada martään- või kõrgahju õhujuhtimisseadmesse. Ioniseeritud õhk soodustab kütuse täielikku ja intensiivset põlemist. Kuigi poloonium-210 on kõige «tormilisem» looduslikest radioaktiivsetest ainetest, võib isotoobi kihiga kaetud plaat töötada ionisaatorina mitu kuud.

Viimaste aastate jooksul on polooniumi keemilisi omadusi üksikasjaliselt uuritud. On kindlaks tehtud, et ta moodustab hulgaliselt kompleksühendeid, on tugev kolloidimoodustaja, adsorbeerudes laboratooriuminõude seintele ja filtritele. Viimane asjaolu teeb töötamise polooniumiga veelgi ohtlikumaks ja vaevanõudvamaks. Polooniumi ja selle ühendite kerge adsorbeeritavus nõuab nendega töötamisel väga suurt ettevaatlikkust, käte absoluutset puhtust, naha vigastamatust, töötamist spetsiaalsetes kaitserõivastes, jalanõudes, maskis jne.

Radioaktiivsete elementide avastajad abielupaar Curie'd, teadmata avastatavate elementide omadusi, töötasid ilma igasuguste kaitsevahenditeta ja nende käed olid radioaktiivsete ühendite aatomitega põhjalikult saastatud. Seda tõendab järgmine fakt.

1955. aastal otsustas maailmakuulus prantsuse füüsik Frederic Joliot-Curie (abielupaar Curie väimees) uurida Marie Curie märkmikku tundliku fotopaberi abil. Asetanud fotopaberi märkmiku lehekülgedele ja ilmutanud selle pärast mõningat eksponeerimist, avastas Frederic Joliot-Curie paberil hulgaliselt erineva suuruse ja kujuga musti täppe. Nii fotografeeriti radioaktiivse saastamise kohad märkmiku lehekülgedel. Märkmiku ühe lehekülje paremal alumisel nurgal avastas Frederic Joliot-Curie teravalt kujutisega ovaalse laigu, mis tähelepanelikumal vaatlusel osutus inimese sõrmejäljeks. Selle kuju ja suuruse mõõtmisel selgus, et sõrmejälg kuulub mehele. See oli Pierre Curie sõrmejälg!

Kui suur pidi olema Pierre Curie käte nakatatus Marie ja Pierre Curie poolt avastatud keemiliste elementide

radioaktiivsete aatomitega, et paberile jäänud jälg andis peaaegu 60 aasta möödumisel tema surmast (Pierre hukkus 19. aprillil 1906. a.) ikka veel selge radioaktiivse jäljendi.

Polooniumi alfakiirgus lõhub klaasi ja kvartsi, kinnijoodetud ampullid lõhkevad tekkinud heeliumi kiiresti kasvava rõhu tõttu. Poloonium-210 temperatuur on alati kõrgem ümbritseva keskkonna temperatuurist polooniumi massis alfaosakeste pidurdumise tagajärjel. Sellest on tulnud mitte juhuslikult tema nimetus — «leegitseva südamega element». Polooniumi ühendite värvust on raske määrata. Preparaadiga kokkupuutuv õhukiht helendub sinakalt. Ka ampull helendub niisama, nagu selles asuv preparaat.

EBAPÜSIV ELEMENT

85. ASTAAT — *Astatine* (At)

Astaadi avastamise ajaloos on palju sarnast tehneetsiumi avastamisega.

Astaat, mida D. I. Mendelejev ennustas 1870. aastal ekajoodi nime all, oli teadlastele seitsmekümne aasta jooksul tundmata. Selle aja jooksul avastasid paljud teadlased teda, analoogiliselt tehneetsiumiga, korduvalt kõige mitmekesisemates objektides kõige erinevamate meetodite abil. Nendest meetoditest väärib meenutamist niinimetatud magnet-optiline meetod soolalahuste uurimiseks, mis köitis teadlaste tähelepanu XX sajandi esimesel veerandil.

Meetodi printsiip seisneb lühidalt järgmises. Kui tavaline valguskiir lasta läbi Nicol'i prisma, siis, nagu teame keskkooli füüsikakursusest, toimub valguse polarisatsioon. Nähtuse olemus seisneb selles, et valgus, mis kujutab endast ristuvates tasapindades toimuvat elektromagnetilist võnkumist, jaguneb Nicol'i prisma abil komponentideks. Üks nendest kaldub kõrvale, teine aga läbib prisma muutumatult. Valgust, mis läheb läbi Nicol'i prisma, iseloomustatakse võngetega, mis toimuvad ühes tasapinnas, ja seda nimetatakse polariseeritud valguseks, võnketasapinda aga polarisatsioonitasapinnaks.

Kui polariseeritud kiir lasta läbi mingisuguse aine soolalahuse ja lähendada sellele magnetväli, mille jõujooned langevad ühte valguskiire suunaga, siis toimub polarisatsioonitasapinna pöördumine. Uurides seda nähtust, tegi ameerika füüsik Fred Allison kindlaks, et magnetvälja lähendamise ja polarisatsioonitasapinna pöörde vahel möödub teatud aeg, mis on erinev erinevate ainete katioonide jaoks. Allison määras selle aja, mida nimetati hilinemisajaks, vastava aparaadi abil väga suure täpsusega. Sel

teel oli võimalik hilinemisaja järgi määrata ühe või teise aine ioonide olemasolu lahuses. Magnet-optilise meetodi täpsust hindas Allison erakordselt kõrgelt. Tema uurimiste järgi võimaldas magnet-optiline meetod avastada 0,000 000 00001 grammi ainet.

Kasutades magnet-optilist meetodit, leidis Allison 1931. aastal ekstraktis, mille ta sai monatsiidi töötlemisel kuningveega, elemendi, mis vastas ekajoodi omadustele. Alabama osariigi auks nimetas Allison avastatud ekatseesiumi alambiumiks ja tähtedest «a», «b» koosnev sümbol täitis 85. ruudu tühja koha.

Kuid alambiumi ei olnud olemas. Peagi selgus, et magnet-optiline meetod, mis oma printsiibilt sõltub vaatleja silma subjektiivsest ajatajust, nõudis uurijalt suurt pingutust ja viis vigadeni, milles oodatavat peeti tegelikult eksisteerivaks. Tabeli ruut oli jälle tühi. Ei õigustanud end ekajoodi otsingud ka Travancore'i monatsiidis, kus olevat avastatud element daakin järjekorranumbriga 85. Ka radioaktiivsete isotoopide soolade hulgas jäid ekajoodi otsingud tulemusteta, kuigi teaduslike ajakirjade lehekülgedel ilmusid korduvalt nimetused, mis anti ekslikult avastatud ekajoodile. Niisuguseks nimetuseks oli näiteks «helveetium» Šveitsi auks, «anglohelveetium» Inglismaa ja Šveitsi auks jt.

Kulus aastaid rasket tööd, tuhandeid kõige täpsemaid eksperimente, hulgaliselt arvestusi, arvutusi ja lugematuid kontrollimisi, enne kui teadlased võisid, pärast saksa keemikute O. Hahni (1926. a.) ja Terneri (1940. a.), austria uurijate Karliki ja Bernerti (1942.—43. a.) uurimisi, lõpuks kindlalt avaldada, et ekajood esineb looduses uraani ja tooriumi radioaktiivse muundumise haruldase produktina.

Ekajoodi leidmisele looduses eelnes tema saamine kunstlikul teel. 1940. aastal said uurijad-radioloogid Corson, MacKenzie ja Segré ekajoodi esimese isotoobi. Ta saadi vismut-209 kiiritamisel alfaosakestega. Hiljem saadi astaadi isotoope kulla isotoopide pommitamisel üliraskete mürskudega — kuuevalentse süsiniku ioonidega. Avastati ka teisi teid astaadi isotoopide saamiseks.

Käesoleval ajal on teada 20 astaadi isotoopi, millest mitte ükski ei ole enam-vähem püsiv. Poolestusaeg ei ületa püsivamatel isotoopidel mõnda tundi (astaat-210 — 8,3 tundi, astaat-211 — 7,5 tundi).

Looduses esinevad isotoobid, mille aatomkaalud on 215, 217, 218 ja 219, on veel lühema elueaga. Kõige suurem poolestusaeg — 54 sekundit on looduslikul isotoobil astaat-219. Siit saab selgeks elemendi 85 arusaamatu nimetus — astaat. Nimetus iseloomustab elemendi põhilist omadust, tema ebapüsivust, ning on laenatud kreeka keelest, milles sõna *astatos* tähendab ebapüsiv.

Astaadis on tüüpilise halogeeni omadused ühendatud mõningate metallide omadustega. Analoogiliselt on lähima sugulasega joodiga, kontsentreerub astaat kilpnäärmes. Erinevalt joodi radioaktiivsest isotoobist, millel on tugev beetakiirgus, on astaat pehme gammakiirgaja. Seetõttu on astaadi toimel ümbritsevatele kudedele rohkem piiratud efekt ning see moodustab astaadi eelise radioaktiivse joodi ees kilpnäärmehaiguste diagnostikas ja ravimisel. Siit tuleneb ka astaadi kasutamise perspektiivsus meditsiinis.

Astaadi kui keemilise elemendi iseärasuseks on tema erakordselt väike levik looduses. Kogu maakoores sisalduva astaadi hulga võib mahutada kolme sõrmkübarasuurusesse ruumalasse. Astaat on maakoores kõige vähem levinud element. Loodus on nähtavasti vaene astaadi poolest. Tähtedel ja Päikesel ei ole teda avastatud.

RASKEKAALULINE GAAS

86. RADOON — *Radon* (Rn)

Gaas, millest me tahame lühidalt jutustada, on imepäraste omadustega. Ta helendub pimedas, kiirgab ilma kuumutamata soojust ja moodustab aja jooksul uued elemendid. Üks nendest on gaasiline, teine tahke aine. Radoon on 110 korda raskem vesinikust, 55 korda raskem heeliumist, üle 7 korra raskem õhust. Üks liiter gaasi kaalub peaaegu 10 grammi (täpsemini 9,9 g). Kuid mitte ühelgi teadlasel ei ole olnud mitte kunagi võimalust koguda nii palju gaasi. Kui niisugune hulk gaasi ka oleks saadud mingisugusel fantastilisel meetodil, siis, nagu näitas professor Rutherford, ei oleks mitte mingisugune nõu suutnud seda kinni hoida. Soojushulk, mida kiirgab see gaas, oleks nii suur, et igasugune nõu sulaks üles.

Kuidas nimetatakse seda imepärast gaasi? Tal oli kolm nime. Igaühel neist oli oma ajalugu.

Pärast raadiumi avastamist, kui teadlased õppisid suure andumusega tundma radioaktiivsuse saladusi, tehti kindlaks, et tahked ained, mis asuvad lähedas naabruses raadiumi sooladega, muutuvad radioaktiivseteks. Kuid mõne päeva pärast kadus nende ainete radioaktiivsus jäljetult. 1902. aastal tuli seda nähtust uuriv Dorn järeldusele, et raadium kiirgab lakkamatult radioaktiivset ainet, mille kaalutu hulk sadeneb lähedalasuvatele esemetele. See aine oli omakorda radioaktiivne gaas, mille Rutherford nimetas raadiumiemanatsiooniks. Sõna emanatsioon oli laenatud ladina keelest ja tähendas väljavoolamine.

Kuna emanatsioonil oli võime helenduda pimedas ja anda mineraal villemiidile (tsinksilikaat) eriti ilus helendus, nimetas Ramsay 1908. a. emanatsiooni nitooniks

(ladinakeelsest sõnast *nites,* mis tähendab helenduv). Viiesteist aastat hiljem nimetati nitoon rahvusvahelise komisjoni määrusega radioaktiivsuse alal ümber radooniks. Nii lepiti kokku, et lõpu «oon» lisamisega sõnatüvele, millega nimetatakse radioaktiivset elementi, moodustatakse nende elementide radioaktiivse lagunemise gaasiliste produktide nimetused (toroon tooriumi puhul, aktinoon aktiiniumi puhul). Toroon ja aktinoon on radooni isotoobid.

Veel kaks aastat tagasi ei kutsunud kinnitus radooni keemilise inertsuse kohta esile vastuväiteid ka kõige kõrgema kvalifikatsiooniga keemiku poolt. Nii kinnitasid kõige uuemad õpikud, käsiraamatud, entsüklopeediad ... Kuid pärast võimsaid rünnakuid kõikide füüsikaliste ja keemiliste jõududega ksenoonile selgus, et järeleandlik ja mitte niivõrd inertne ei ole ainult ksenoon, vaid ka teised «inertsed» gaasid, nende hulgas ka radoon. On saadud radooni ühend fluoriga. Kuigi ühendi täpne koostis ei ole veel kindlaks tehtud, on ühendi olemasolu absoluutne. Kui inertsed gaasid ei ole inertsed, kuidas neid siis nüüd nimetada?

Radoon lahustub teistest inertsetest gaasidest kõige paremini vees (100 ruumalas vees lahustub 50 ruumala radooni). Jahutamisel miinus 62° C kondenseerub radoon vedelikuks, mis on 7 korda veest raskem (vedela radooni erikaal on peaaegu võrdne tsingi erikaaluga). Miinus 71° C radoon «jäätub».

Raadiumisooladest eraldatav radooni hulk on väga väike. Selleks et saada 1 liiter radooni, on vaja üle 500 kilogrammi raadiumi. Kogu maakeral toodeti 1950. aastal alla 700 grammi raadiumi.

Radoon on radioaktiivne element. Kiirates alfakiiri muundub ta heeliumiks ja tahkeks, samuti radioaktiivseks elemendiks, mis on vahepealseks produktiks raadiumi radioaktiivse muundumise ahelas.

On teada 16 radooni isotoopi, millest kõige enam levinud on radoon massiarvuga 222, poolestusajaga 3,825 ööpäeva. Radoon-222 sisaldus maakoore ülemistes, kuni kahe kilomeetri paksustes kihtides on ligikaudsete arvutuste järgi 115 tonni.

Tühisel hulgal leidub radooni lahustunud olekus mineraalveeallikate ja järvede vees ning ravimudas. Teda leidub koobaste, grottide ja sügavate kitsaste orgude õhus. Atmosfääris mõõdetakse radooni hulka suurusjärgus

$5 \cdot 10^{-18}$—$5 \cdot 10^{-21}$ mahuprotsenti. Eriti palju radooni on uraanikaevanduste õhus, kus ta koguneb difusiooni tulemusena maagist või kaevandusvetest. Radooni hea lahustuvus organismi kudedes, sealhulgas ka rasvades, on inimesele väga ohtlik. Seepärast nõuabki töötamine uraanikaevandustes läbimõeldud ja hoolikat töötajate kaitset. Kapitalistlikes ettevõtetes, kus «uraanipalavikus» ettevõtjad mõtlevad eelkõige kasumile, aga mitte töölistele, seda muidugi ei esine. Ei ole juhuslik, et välismaal esineb kaevandustööliste hulgas küllalt sageli bronhi- ja kopsuvähk ning haigestunute suremus on suur.

Tehnikas kasutatakse radooni märgitud aatomite kandjana gaasi väljavoolamise avastamiseks maa-alustest torustikest, metallurgias gaasi läbivoolamise aja kindlakstegemiseks kõrgahjudes jne. Meditsiinis kasutatakse radooni mõnede halvaloomuliste kasvajate ravimisel. Radoon paigutatakse õhukeste seintega kapillaaridesse. Ta võib kuuluda ka salvide koostisse, mis koosnevad hästi lahustuvatest radoonõlidest.

Mineraalvete ja samuti ravimuda tervendav toime mitmesuguste haiguste ravimisel on mõnede teadlaste arvates seletatav vees ja mudas lahustuva tühiste radoonihulkade toimega. Suurenenud radoonisisaldusega vesi — radoonvannid — on saanud meditsiinis suure populaarsuse. Peale meditsiini kasutatakse radooni teaduslikes uurimistes, mis on seotud radioaktiivsusega. Radooni uueks «leiukohaks» on aatomireaktorid, milles radoon moodustub tuumareaktsiooni produktina.

ÜKS LÜHIKESE ELUEAGA ELEMENTIDEST

87. FRANTSIUM — *Francium* (Fr)

1870. aastal ennustas D. I. Mendelejev elemendi järjekorranumbriga 87. Vaatamata sellele, et selle elemendi otsingud algasid kohe pärast Mendelejevi perioodilisuse seaduse ja selle alusel loodud keemiliste elementide tabeli üldist tunnustamist, jäi koht perioodilisuse süsteemis pealkirjaga «ekatseesium» 69 aasta vältel tühjaks.

Pärast raadiumi avastamist ja radioaktiivsete elementide olemasolu kindlakstegemist, mis tekkisid astmelisel radioaktiivsel muundumisel, tekkis mõte, et elemendi 87 «korter», mis asub perioodilisuse süsteemi 9 rea lõpu ja 10 rea alguse piiril, nii-öelda «korterite» keerises, mille olid enda alla võtnud radioaktiivsed «üürnikud», pidi samuti kuuluma radioaktiivsele peremehele.

Arvestades seda, et rubiidiumi on looduses 87 korda vähem kui kaaliumi, tseesiumi aga 43 korda vähem kui rubiidiumi, s. t. leelismetallide levik väheneb kiiresti kaaliumilt ekatseesiumini, on 87. element looduses ilmselt veel vähem levinud kui tseesium. Võimalik, et 87. elementi ei esine looduses üldse. Juhul kui ekatseesiumi poolestusaeg oli väike, siis on ta analoogiliselt tehneetsiumiga ammust ajast välja surnud ja ekatseesiumi leidmine maakeral oli niisama väheusutav kui kohata soos elavat diplodookust[1].

On ilmne, et nende oletuste õigsust võis lahendada ainult ekatseesiumi hoolikas otsimine. Hakates otsima ekatseesiumi, hakkasid erinevad uurijad, sõltuvalt oma kogemustest ja oskusest, töötama erinevate uurimismeetoditega. Ühed neist arvestasid, et nad leiavad ekatseesiumi

[1] Taimtoidulised hiidroomajad, kes elasid mesosoilise aegkonna juura ajastul 100 miljonit aastat tagasi.

vanade ja hästi kontrollitud keemilise analüüsi meetodite abil, teised lootsid spektroskoopia suurele tundlikkusele, kolmandad röntgenikiirte eksimatusele, neljandad, ilmselt progressiivsemad, olid veendunud, et radioaktiivsuse uurimine on eksimatu.

Kust ka ei otsitud ekatseesiumi! Milliseid, mõnikord kaugeid ja ohtlikke teekondi võtsid ette teaduse edasiviijad, kes otsisid ekatseesiumi, nii nagu muinasjuttude kangelased otsisid muinasjutulist «tulilindu». Nii näiteks võtab inglise teadlane Friend ette teekonna kaugele Palestiinasse kogu looduses ainulaadse järve — Surnumere kallastele.

Asudes 394 meetrit ookeanitasemest allpool, on Surnumeri kogu maakeral kõige sügavam veeäravooluta nõgu, mille sügavus on järve põhjapoolses osas üle kolmandiku kilomeetri, pikkus 75 km, laius kõigub 5—15 km vahel. Surnumere vesi on niivõrd küllastatud sooladest, et nende edasine lahustumine vees on võimatu. Kalad ei saa selles vees elada, millest on tulnudki järve nimetus — Surnumeri.

Ebatavaliselt suur soolade kontsentratsioon, mis on kogunenud Surnumerre selle eksisteerimise tuhandete aastate vältel, oligi Friendi sõidu peamiseks eesmärgiks piiblilegendide ja palverändurite maale. Friend arvas, et ekatseesiumi kui Surnumere soolade koostisse kuuluvate leelismetallide rühma esindajat peab tingimata leiduma nende hulgas kas või kõige tühisemal hulgal. Friend tuli järve äärde suve keskpaiku, millal soolade kontsentratsioon on järves vee intensiivse aurustumise tõttu kõige suurem. Ekatseesiumi otsingud jäid aga tulemusteta.

Spektroskoopia, mis väga kergelt avastas ekatseesiumi kõige lähemad sugulased — rubiidiumi ja tseesiumi, ei toonud edu. Objektiivi ees olid meresoolad, muuseumide haruldased mineraalid, ammu väljasurnud loomade põletatud luude tuhk ja palju teisi aineid, mida uurijate fantaasia oli kaasa tõmmanud ekatseesiumi otsingutele.

Muidugi ei saadud läbi ka «avastusteta». Valmistanud 10 kilogrammist haruldasest mineraalist — samarskiidist, mis sisaldab tseesiumi ja rubiidiumi, kõige «kangema» kontsentraadi, leidsid ameerika teadlased Papish ja Wainer selles spektroskoopiliselt uue elemendi. Ent peagi selgus, et «avastus» oli tingitud kaltsiidikristalli defektist spektroskoobis, mida nad kasutasid. Ka keemik Hulubei

avaldus selle kohta, et ta avastas ekatseesiumi haruldases mineraalis pollutsiidis (tseesiumalumosilikaat), ei õigustanud end. Loringi «alkiinium», ukraina teadlase Dobroserdovi «russium» ja Hulubei «moldaavium» täiendasid ekatseesiumi avastamise ajalugu uute nimetustega, kuid ekatseesium ise jäi endiselt tabamatuks.

Kasutades niinimetatud magnet-optilist uurimismeetodit, leidis ameerika füüsik Fred Allison 1931. aastal mineraal lepitoliinis kauaoodatud ekatseesiumi, mille Allison nimetas oma kodumaa Virginia auks virgiiniumiks ja kiirustas selle sümbolit Vi kirjutama kuuekümne aasta jooksul tühjaks jäänud perioodilisuse süsteemi kaheksakümne seitsmendasse ruutu. Kuid ka see oli järjekordne ebaõnn. Magnetoptiline meetod, mida soovitas Allison, oli ekslik oma põhiprintsiibis. Seda näitas veenvalt virginiumi «avastus».

Edukamad olid need uurijad, kes otsustasid otsida ekatseesiumi radioaktiivsuse uurimise abil. Uurides aktiiniumi isotoobi (aktiinium-288) puhast preparaati, avastas radiokeemik Cranston sellel kõrge alfaaktiivsuse, mille tulemusena pidi paratamatult tekkima ekatseesium aatomkaaluga 224. Aasta hiljem kinnitasid Cranstoni avastust radiokeemikud Meyer, Hess ja Paneth.

Uurides tavaliselt beetakiiri kiirgava puhta aktiiniumi (aatomkaal 227) radioaktiivset olemust, jälgisid Meyer, Hess ja Paneth samaaegselt ka aktiiniumi väga nõrka alfaradioaktiivsust. Selle lagunemise produktiks võis olla ainult nii kauaaegne «tuttav tundmatu» — element järjekorranumbriga 87.

Mäletades veel ekatseesiumi «avastamise» vigade «hiilgavat» seeriat, hindasid teadlased Meyeri, Hessi ja Panethi edu väga skeptiliselt. Oletati, et tavaliselt beetaaktiivse aktiiniumi alfaaktiivsuse jälgimine on seletatav sellega, et aktiiniumis on perioodilisuse süsteemi naaberruudu elemendi — protaktiiniumi lisand, mis kiirgab alfakiiri. Tõde võis sündida ainult uute, väga hoolikate katsete tulemusena. Puhkenud Esimene maailmasõda (1914.—1918. a.) segas nende katsete läbiviimist. Põhjustanud enneolematuid jõupingutusi, mobiliseerinud kõik vahendid oma teenistusse ja maksnud miljonite inimeste elu, nende hulgas ka tuntud füüsiku Moseley elu, juhtis sõda enamiku teadlasi kõrvale oma tööst ja ekatseesiumi otsingud katkesid kauaks ajaks.

Alles 1938. aasta lõpul otsustas prantsuse radiokeemik Marguerite Perey kontrollida Meyeri, Hessi ja Panethi unustatud katseid. Valmistanud hoolikalt puhastatud aktiiniumi proovi ja uurinud kõige tähelepanelikumalt tema aktiivsust, veendus Marguerite Perey, et aktiiniumil esineb radioaktiivsuse «kahvel».

Radioloogid nimetavad radioaktiivsuse «kahvliks» radioaktiivse aine võimet kiirata kaht liiki osakesi — alfa- ja beetakiiri. Selle tulemusena annab radioaktiivne element samaaegselt kaks radioaktiivse lagunemise produkti. Radioaktiivsuse «kahvli» näitena võib olla raadium S (vismut-214), mis beetaosakeste kiirgamisel moodustab raadium S^{I} (poloonium-214), aga alfaosakeste kiirgamisel annab raadium S^{II} (tallium-210).

Radioaktiivsuse «kahvli» harud ei ole ühesugused ja erinevad tunduvalt suuruselt. Harude all mõistetakse alfa- ja beetaosakesi kiirgava lähteelemendi aatomite arvu. Harusid mõõdetakse tavaliselt protsentides.

Tõestanud radioaktiivse «kahvli» olemasolu aktiiniumil, uuris Marguerite Perey hoolikalt tema harude produkte. Ühte neist, mis kiirgas beetakiiri ja oli väga lühikese elueaga, ei olnud mitte kunagi veel looduses fikseeritud. See oli ekatseesium. 9. mail 1939. aastal teatas Marguerite Perey, et element järjekorranumbriga 87 on avastatud. Oma kodumaa Prantsusmaa auks nimetas ta selle frantsiumiks. 70 aastat tühjalt seisnud korterisse nr. 87 ilmusid uue «elaniku» initsiaalid — Fr.

Edaspidised kontrollimised kinnitasid Marguerite Perey poolt tehtud avastuse õigsust. Frantsium — (ekatseesium) osutus aktiinium-277 radioaktiivse «kahvli» produktiks, milles beeta-haru moodustab 98,8% ja ainult 1,2% tuleb alfa-haru kohta.

Käesoleval ajal on frantsiumil tuntud 8 isotoopi. Enamik neist on alfaaktiivsed. Kõige pikema elueaga isotoopide lagunemisperiood on väike ja seda mõõdetakse kahekümnendiku minutiga.

Frantsium-223, mis moodustub aktiiniumi alfalagunemisel, on frantsiumi ainuke looduslik isotoop. Tema poolestusaeg on 21 minutit.

1952. aastal avastati Kongos uraanimaagis neptuuniumi isotoop, aatomkaaluga 237, mille radioaktiivse lagunemise reas pidi nõukogude füüsiku Ponizovski arvestuste kohaselt olema ka frantsiumi. Kuid uraanist moodustub nii-

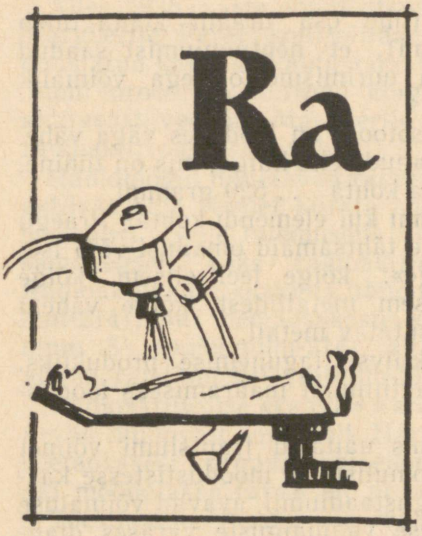
võrd vähe neptuuniumi (ühe osa uraani kohta tuleb $1{,}8 \cdot 10^{-12}$ osa neptuuniumi), et neptuuniumist saadud frantsiumi ei ole kaasaja uurimismeetoditega võimalik avastada.

Frantsiumi looduslikku isotoopi on looduses väga vähe. Radioloogid on välja arvutanud selle hulga, mis on tühine, ja moodustab kogu maakera kohta ... 520 grammi.

Mida võib öelda frantsiumi kui elemendi kohta? Praegu veel väga vähe. Tema kõige tähtsamaid omadusi võib iseloomustada sõnaga «kõige»: kõige leeliselisem, kõige metallilisem, kõige aktiivsem metallidest, kõige vähem uuritud ja kõige vähem kasutatav metall.

Olles aktiiniumi radioaktiivse lagunemise produktiks, võib frantsiumi kasutada aktiiniumi määramiseks looduslikes objektides.

Bioloogide uurimised, mis näitasid frantsiumi võimet koguneda loomade halvaloomulistesse moodustistesse kasvaja kõige varasemal arengustaadiumil, avavad võimaluse kasutada frantsiumi inimese vähihaiguste varases diagnostikas. Tulevik võib avada kõige ebapüsivamale keemilisele elemendile kõikidest Mendelejevi perioodilisuse süsteemi elementidest kõige ootamatumad perspektiivid.



ABIELUPAAR CURIE GENIAALNE AVASTUS

88. RAADIUM — *Radium* (Ra)

Mõnedel ainetel on hämmastav omadus. Kui niisugust ainet valgustada päikesekiirtega, kvartslambi valgusega või mõne teise tugeva valgusallikaga, siis helendub ta kaua aega pärast valgustamist. Seda nähtust nimetatakse fosforestsentsiks. Ta avastati 1602. aastal Bologna kingsepa Vincencio Cascarollo poolt.

Ajutiselt helenduv segu saadi esmakordselt üle 300 aasta tagasi Itaalias Bolognas (siit tulenes ka nende nimetus «boloonifosfoor») fosforestseeruvaid lisandeid sisaldava raskepao (baariumsulfaadi) kuumutamisel söega.

Möödusid aastakümned. Teaduslikes ajakirjades ilmus harva teateid uute fosforestseeruvate ainete katsete ja vaatluste kohta. Taolised teated aga ei äratanud tähelepanu ega kutsunud esile teaduslikke vaidlusi. Nad jäid peaaegu märkamatuks. Uurijate hulgas, kes tundsid huvi fosforestsentsinähtuse vastu, oli sel ajal veel vähetuntud Pariisi professor Henry Antoine Becquerel. Peagi sai tema nimi tuntuks mitte ainult Prantsusmaa teaduslikes ring-

kondades, vaid ka teistes maades. Sellele aitas kaasa järgmine sündmus.

4. jaanuaril 1896. aastal kirjeldas väljapaistev saksa füüsik Wilhelm Conrad Röntgen üksikasjaliselt tema poolt hiljuti avastatud kiiri, millel oli suur läbitungimisvõime. Need kiired, mida Röntgen nimetas Saksa Füüsikaühingu nõupidamisel x-kiirteks, läbisid täiesti vabalt paberi, puu, inimese keha ja isegi metalle. Peagi sai teade «saladuslike» kiirte avastamise kohta teatavaks mitte ainult teadlastele, vaid ka paljudele loodusesõpradele. Pärast seda, kui ettevõtlik arst määras röntgenikiirte abil kuuli asukoha patsiendi kehas ja, viinud edukalt läbi operatsiooni, päästis haige elu, said x-kiired eriti populaarseks. Moodsates salongides demonstreeriti x-kiirte saamise aparaatide skeeme, sageli aga näidati meelelahutuseks ekraanil nende skelettide «kujutisi», kes soovisid lasta ennast «läbi valgustada». Muuseas, suurilmadaamid olid sageli niisuguste «skeletiseansside» kangelasteks.

«Skeleti» kujutise saamine on seletatav sellega, et Röntgeni poolt avastatud kiired ei läbi erinevaid kehi ühesuguselt. Organismi luustik, samuti ka metallid neelavad neid kiiri tugevamini kui nahk, lihased, keha lihaskude või riided.

Röntgeni avastus oli tõukeks ka Becquereli töödele. Teades, et x-kiired ehk röntgenikiired, nagu neid nüüd tavaliselt nimetatakse, kiirguvad röntgenitoru helenduvast osast, otsustas Becquerel kontrollida, kas röntgenikiirte allikaks ei ole fosforestseeruvad ained.

Selle oletuse kontrollimiseks uuris Becquerel mitmeid tuntud fosforestseeruvaid aineid. Ta valgustas neid päikesekiirtega. Kasutades röntgenikiirte võimet läbi tungida läbi mitmesuguste materjalide, asetas ta uuritava aine fotoplaadile, mis oli mähitud musta paberisse, mis ei lasknud läbi tavalist valgust. Kord, kui päev oli pilvine ja Becquerelil ei õnnestunud järjekordset uuritava aine proovi valgustada päikesevalgusega, asetas ta tööpäeva lõpul ettevalmistatud proovi ja mustas paberis fotoplaadi kappi.

Neli järgmist päeva olid tüüpilised Pariisi jaanuarikuu päevadele. Taevas rippusid madalad pilved, oli udune ja tibutas vihma. Viienda päeva hommikul võttis ta kapist proovi ja fotoplaadi, et uurida neid. Milline oli Becquereli imestus, kui plaadi ilmutamisel oli ähmase laialivalguva

ja kahtlase laigu asemel terav, ebatavaliselt must plaadil olnud ainetüki jälg. Tekkis küsimus: miks plaat muutus mustaks, sest proove, mis mitte kunagi ei andnud niisuguseid musti laike, ei valgustatud. Mis juhtub aga siis, kui peita nii aine kui ka kinnikaetud plaat täiesti pimedasse tuppa?

Becquerel katsetas veelkord, kuid tulemus oli endine. Uuritava aine, uraaniühendi tüki vastas oli plaadil terav jäljend. Veel katse, selle kordamine, uued tingimused. Kuid kõik jäi vanaviisi. Katseid korrati paljude ainetega, kuid ainult need, mis sisaldasid uraani, andsid terava laigu kinnikaetud fotoplaadile. Plaadi tumenemise intensiivsus oli võrdeline antud aines sisalduva puhta uraani hulgaga ja kokkupuute ajaga. Näis, et uraan on fotoplaadi tumenemise ainukeseks süüdlaseks. Becquerel tegigi taolise järelduse. Peagi aga tuli tal sellest loobuda. Uurides uraanimaaki, mis on tuntud böömi uraniniidi nimetuse all, avastas Becquerel, et see toimib tugevamini kui võis oodata seal sisalduva uraanihulga järgi. Seda Becquerel ei suutnud mõista ja seda enam seletada.

Fotoplaat ei olnud eriti sobivaks instrumendiks «uraanikiirte» määramisel. Oli vaja sobivat ja kättesaadavat meetodit kiirtevoo kvantitatiivseks määramiseks. Selle ülesande lahendas edukalt füüsik professor Pierre Curie. Selgus, et «uraanikiirte» mõjul muutub õhk elektrijuhiks. Mida rohkem satub neid kiiri kahe elektriliselt laetud metallplaadi vahelisse ruumi, seda kiiremini kaotavad nad oma laengu.

Aparaat oli loodud, teda oli vaja kasutada saaduslike «uraanikiirte» uurimisel. Selle ülesande lahendamise võttis enda peale Marie Sklodowska — Pierre Curie abikaasa. Arvates, et böömimaagi aktiivsus on seletatav temas tundmatu elemendi olemasoluga, hakkas Marie Sklodowska seda otsima. Peagi saavutati esimene võit. Marie Sklodowska tegi kindlaks, et uraaniga analoogilisi kiiri ei kiirga mitte ainult uraaniühendid, vaid ka toorium. Kuid ka mõnede tooriumiühendite aktiivsus oli tugevam kui võis oodata, otsustades puhta tooriumi sisalduse järgi. See kinnitas Marie Sklodowska varemöeldud mõtet, et looduses on veel tundmata radioaktiivne element. Selle elemendi otsingud muutusid abielupaar Curie'de elueesmärgiks.

Arvukates raamatutes, artiklites ja jutustustes kirjeldatakse kujukalt suurt, tõeliselt kangelaslikku tööd selle ele-

mendi leidmisel. Kaks aastat töötati rasketes, sõna otseses mõttes ebainimlikes töötingimustes — aukliku katuse ja asfaltpõrandaga kuuris. Kahe ennastohverdava inimese kätega töödeldi tonne uraanimaaki, mida saadi suure vaevaga Austria valitsuselt ja millest oli eraldatud uue elemendi — polooniumi soolade esimesed terad. Polooniumiühenditel oli suur aktiivsus ja võimas kiirgus, kuid see ei olnud veel puhas poloonium. Selles olid samuti lisandid. Kuidas neid eraldada? Kuidas määrata omadusi, kui soolatera mõõtmed ei ületa nööpnõelapea suurust? Jälle asuti tööle. Viie kuu pärast saavutasid Marie ja Pierre Curie uue võidu. Nad said umbes üks kümnendik grammi saladusliku elemendi soola. Ebatavalise võime tõttu kiirata kiiri nimetasid nad selle raadiumiks (sõnast *radius* — kiir). Kiirgamist ennast nimetati radioaktiivsuseks.

1910. aastal saadi raadiumkloriidi elektrolüüsil raadiumi puhtal kujul. Väliselt ei erine ta enamikest hõbevalgetest metallidest, kuid omaduste poolest ei ole raadiumiga teist sarnast metalli. Tema aktiivsus on miljon korda suurem uraani aktiivsusest, soolad helenduvad pimeduses ja kiirgavad lakkamatult soojust. Soojushulk, mida eraldab seejuures üks gramm raadiumi, on 250 000 korda suurem kui sama suure hulga söe põlemisel eralduv soojus.

Uuel elemendil on ebatavaline füsioloogiline toime, mida esmakordselt märkas Becquerel. Viies raadiumitükki Londonisse, et demonstreerida seda Londoni Kuninglikus Ühingus, kandis Becquerel ampulli lühikest aega vestitaskus. Peagi tundis ta tugevat kipitust kehal vastu taskut. Vaatlemisel avastas ta tugeva punetuse, mis oli sarnane põletushaavaga. Uurides raadiumi toimet organismile, tegi Pierre Curie vabatahtlikult enda kallal eksperimente. Ta sidus raadiumisoolaga ampulli käe külge ja veendus, et aine põhjustas haavandi, mis kaua aega ei kasvanud kinni.

Raadium ei lõhu ainult terveid kudesid, vaid hävitab ka halvaloomulisi moodustusi, ravides nahavähki. Niisugused omadused andsid lootust edukalt võidelda haigusega, mille vastu inimesel ei olnud veel mõjuvaid vahendeid.

1904. aastal avaldas prantsuse tööstur Armand de Lille selle aja kohta julge mõtte organiseerida meditsiiniliseks otstarbeks raadiumi tootmise tehas. De Lille projekt rakendati ellu. Seileks aitasid palju kaasa abielupaar Curie'd, kes valmistasid raadiumi tootmise jaoks ette kogenud

töötajaid. Raadium tuli müügile minimaalsetes hulkades ja muinasjutuliselt kõrge hinnaga. Vaatamata sellele sai raadium kättesaadavaks teaduse jaoks. Teadlaste arv, kes töötavad raadiumi omaduste tundmaõppimise kallal, suureneb iga aastaga. Katseid raadiumiga teostasid kümned teadlased. Nad tegid kindlaks, et raadiumikiired on keerukad ja võivad laguneda magnet- ja elektrivälja mõjul koostisosadeks. Neid koostiskiiri nimetati kreeka tähestiku esimeste tähtede järgi alfa-, beeta- ja gammakiirteks.

Selgus, et alfa- ja beetakiired on materiaalsete osakeste voog. Kust nad tulevad? Kus on see ammendamatu allikas, mis tühjenemata pidevalt tekitab neid? Vastus oli ebatavaline. Raadiumi aatomid lagunevad. See, mida sajandite vältel peeti purustamatuks, jagunematuks ja igaveseks, lagunes silma all, purunes aatomist veel väiksemateks materiaalseteks osakesteks. Ei purunenud mitte ainult raadiumi aatomid, vaid ka vanad teaduslikud ettekujutused.

Raadium ületab oma aktiivsuselt miljon korda uraani, millega viidi läbi esimesed katsed. Kui uraani saadi tonnides ja selle ühendeid kasutati klaasi värvimisel, siis raadium oli ja jääb raskelt kättesaadavaks elemendiks.

Maakoores on raadiumi, võrreldes teiste keemiliste elementidega, vähe. Tema üldhulk väljendub soliidse arvuga. Geokeemikute andmete järgi on 20 kilomeetri sügavuses maakoores 30 miljonit tonni raadiumi. Ookeanide vees ulatub raadiumi summaarne sisaldus 20 tuhande tonnini. Need raadiumi hulgad on aga hajutatud ja tema saamine kaalulistes hulkades on seotud suurte raskustega. Marie Sklodowska sai veidi üle ühe grammi raadiumi. 1916. aastaks oli saadud 48 grammi, 1927. aastal oli toodetud raadiumi hulk 340 grammi. Käesoleval ajal ei ole saadud kogu maakeral rohkem kui üks kilogramm raadiumi. Raadiumi hind on tunduvalt ületanud kulla hinna. Kõige rohkem maksis raadium 1912. aastal (1 kg raadiumi maksis 510 tuhat kuldrubla). On täpselt kindlaks tehtud, et ühes tonnis uraanis on 0,34 grammi raadiumi. Kui sellele lisada, et ka kõige rikkam uraanimaak ei ole eriti rikas uraani poolest, siis saab selgeks, miks maakeral on nende kõikide aastate jooksul saadud ainult umbes üks kilogramm raadiumi.

Elementide perioodilisuse süsteemis määrati raadiumi koht teise rühma. Raadiumi olemasolu looduses, üldiselt

öeldes, ei olnud üllatuseks. D. I. Mendelejev ennustas raadiumi olemasolu looduses juba 1871. aastal, s. o. 27 aastat enne raadiumi avastamist. Keemilistelt omadustelt on raadium sarnane baariumiga. Sarnasus on niivõrd suur, et baariumsulfaat sadestab jahutamisel lahusest ka raadiumsulfaadi, kui seda muidugi on lahuses.

Viimase ajani ei ole leitud suuri raadiumi leiukohti, kuigi tehti kindlaks, et ookeanide põhi on rikkam raadiumi poolest kui maismaa. Võib-olla ei ole see praegu enam nii tähtis, kuna on välja töötatud radioaktiivsete elementide kunstlikud saamismeetodid, mis korvavad täielikult raadiumi tarviduse kõikides teadus- ja tehnikaharudes. Sellega seoses kaotas raadium oma esmajärgulise tähtsuse.

Raadiumi avastamine ja radioaktiivsuse nähtus tähistasid teaduse arengu ajaloos uut etappi aine uurimisel ja uue ajastu algust tehnika arengus. Kahekümnenda sajandi piiril sooritas inimese geenius hüppe teaduse tippude juurde ja saavutas võimu loodusjõudude üle.

Maailmanäitusel Brüsselis 1958. aastal peatusid prantsuse paviljoni külastajad kaua tummas vaikuses väikese, väliselt tähelepandamatu stendi juures. Stendil oli oma kodumaa ja teadusemaailma suure patrioodi — Marie Curie, sündinud Sklodowska, märkmik. Märkmiku kõrval oli radioaktiivsuse mõõtja, mis loendas sageda ja valju plõksatusega märkmiku lehekülgedelt väljalendavaid radioaktiivseid aatomeid.

Peaaegu 60 aastat on möödunud sellest ajast, kui Marie Curie, kes avastas radioaktiivse elemendi polooniumi, seejärel ka raadiumi, teadmata nende kiirte suurte annuste surmavat toimet, kirjutas vajalikud märkmed ja valemid oma märkmiku lehekülgedele. Märkmiku lehed on muutunud kollaseks ja lagunenud, kuid radioaktiivsuse loendaja loendab ikka endiselt lõputut osakeste lendu, mida kiirgavad raadiumi nähtamatud jäljed, mida jättis Marie Curie märkmiku kasutamisel oma kätega paberile. Veel kaua kiirgavad suure keemiku ja teadlase Marie Curie märkmiku leheküljed nähtamatuid kiiri. Alles 1600 aasta pärast väheneb radioaktiivsus märkmiku lehtedel poole võrra. Ei ole imestamapanev, et Marie Curie, kes kogu oma elu jooksul puutus kokku raadiumi ja selle kiirgusega, oli ka esimene raadiumi ohver. Ta haigestus kiiritushaigusesse ja suri sellesse 3. juulil 1934. aastal.

PERSPEKTIIVITU ELEMENT

89. AKTIINIUM — *Actinium* (Ac)

Perioodilisuse süsteemis on elemente, mille tulevik on ilmselt perspektiivitu igasuguse, isegi ülifantastilise tehnika progressi puhul. Niisuguste elementide hulka kuulub aktiinium, mis avastati 1899. aastal Debierne'i poolt Curie laboratooriumis.

Leitud uraanimaagi selles fraktsioonis, kuhu tema töötlemisel kogunevad haruldaste muldelementide ühendid, pidi aktiinium arvatavasti sarnanema nende elementidega. Varem mainiti juba, kuivõrd raske on neid omavahel eraldada. Seetõttu ei ole imestamapanev, et teaduses ei tuntud kaua aega keemiliselt puhast aktiiniumi. Aktiiniumi saadi pool sajandit pärast tema avastamist. 1950. aastal eraldati aktiinium puhtal kujul raadiumi tuumamuundumiste tagajärjel.

Käesoleval ajal on teada 10 aktiiniumi isotoopi. Nende eluiga on lühike. Poolestusaeg kõigub 0,1 sekundi (aktiinium-221) ja 22 aasta vahel (aktiinium-227). Aktiinium-227 esineb looduses kõikides uraanimaakides uraani haruldase isotoobi uraan-235 ehk aktinouraani radioaktiivse lagunemise «võrdõigusliku» produktina. Uraanil-235 on tohutu suur poolestusaeg — $7{,}12 \cdot 10^8$ aastat. Kuna uraan-235 on uraani haruldane isotoop, mille sisaldus ei ületa uraanis 0,7%, aktiiniumi lagunemiskiirus aga on suur, siis on loodus vaene selle elemendi poolest. Aktiiniumi protsentuaalset sisaldust maakoores võib väljendada murdarvuga, milles arvuline number on viieteistkümendal kohal pärast koma ($5 \cdot 10^{-15}$%). Niisuguse «protsendi» suurust on raske ette kujutada ja parem on kasutada järgmist näitlikumat võrdlust. Moodustudes uraanist, tuleb ühe tonni

puhta uraani kohta 0,00006 grammi aktiiniumi. See on kõige rikkam aktiiniumiallikas. Siit on kerge arvutada, et 1 grammi aktiiniumi saamiseks on vaja töödelda 16 000 tonni, s. o. 1000 vagunit uraani. Looduses ei ole tegelikult puhast uraani. Aktiiniumi on uraanimaakides, kus teda on tunduvalt vähem kui uraanis.

Kui 300 000 osas uraanimaagis on üks osa raadiumi, siis üks osa aktiiniumi tuleb seitsme miljardi osa uraanimaagi kohta. Ei ole raske ette kujutada kuivõrd raske ja kasutu on töö, mis on seotud aktiiniumi eraldamisega looduslikest allikatest.

Pärast seda, kui ameerika uurija Peterson näitas, et raadiumi on võimalik muundada neutronite voo abil aktiiniumiks, eraldas Hagemann viimase raadiumist 1950. aastal. Aktiiniumi hulk oli väike. Teda saadi ainult mõni milligramm. Hiljem said ameeriklased Stites, Salutsky ja Stone aktiiniumi milligrammistes hulkades aktiiniumfluoriidist taandamisel liitiumiaurudega.

Saadud hulk aktiiniumi võimaldas tundma õppida selle haruldase metalli omadusi. Väliselt on ta hõbevalge metall, mis on sarnane lantaaniga. Analoogiliselt viimasega on aktiinium väga reaktsioonivõimeline. Niiske õhu käes oksüdeerub kergesti, moodustades valge oksiidi, mis mõningal määral kaitseb metalli edasise oksüdeerumise eest. Metallilise aktiiniumi sulamistemperatuur on kõrgem lantaani sulamistemperatuurist. See on 1040° C (±10° C). Pimeduses helendub aktiinium oma radioaktiivsuse tõttu karakteerse helesinise helendusega.

Aktiiniumi keemilised omadused on lähedased lantaani ja teiste haruldaste muldelementide omadustega. Tuleb märkida, et aktiiniumi keemilisi omadusi uuriti tema puhaste soolade lahustes, mida ameerika keemikud Fried, Zachariasen ja Hagemann valmistasid kvartskapillaarides. Uurimised viidi läbi kümmetuhandik grammise hulgaga. Muuseas mainime, et ühe tilga puhta vee ruumala on 500 korda suurem niisugusest hulgast.

Katsete läbiviimine niisuguste mikroskoopiliste lahuste hulkadega ei olnud tingitud mitte ainult puhta metalli valmistamisraskustest, vaid ka aktiiniumi lagunemisproduktide suurest radioaktiivsusest. Kogunedes kiiresti ja olles intensiivseteks gammakiirgajateks, ei seganud nad mitte ainult röntgenistruktuuri uurimiste läbiviimist, vaid olid ohtlikud ka eksperimentaatoritele endile. Käesoleval

ajal on loodud mitmesugused seadmed, isejälgivad süsteemid ja «kuulvad» automaadid, mis võimaldavad katsetajal teha uurimist kaugusest, puutumata kokku radioaktiivsete materjalidega. Nüüd on kiirgusoht viidud miinimumini, kuid alles 10—15 aastat tagasi oli ta väga suur ja ei ähvardanud mitte ainult eksperimentaatorite tervist, vaid ka elu.

Aktiiniumi nimetus tuleneb kreekakeelsest sõnast *actis*, mis tähendab kiir, antud juhul kiirgus. See on vihje elemendi radioaktiivsusele, mis on aktiniidide perekonna «esivanemaks». Aktiiniumi praktiline kasutamine, arvestamata teoreetilise radiokeemia valdkonda, on väga piiratud või puudub täielikult.

TEISE NOORUSE ÜLEELANUD ELEMENT

90. TOORIUM — *Thorium* (Th)

Raamatus «Huvitav geokeemia» toob akadeemik A. J. Fersman lõbusa jutustuse selle kohta, kuidas vanad raudteelased, mõeldes välja ehitatud raudtee jaamadele nimetusi, nimetasid ühe nendest Aafrikandaks ainult sellepärast, et nende saabumise päeval sellesse jaama oli väljakannatamata palavus (nagu Aafrikas).

Midagi taolist juhtus ka elemendi tooriumiga. Berzelius «ristis» elemendi mineraal toriidi nimetuse järgi, millest eraldati «tooriumimuld». Mineraal toriit sai omakorda nimetuse muinasgermaani pikse- ja sõjajumala Thori nime järgi. Berzelius muidugi ei oletanud, et sellel elemendil on mingisuguseid salapäraseid omadusi ega sidunud seda pikse ja sõjaliste sündmuste iseärasustega. Nimetus oli antud palju meelevaldsemalt kui juhtum Aafrikandaga ja sarnaneb nende vanemate käitumisega, kes rõõmustuvad tütre ilmaletuleku üle ja panevad talle nimeks Artilleeria.

On täiesti ilmne, et terminoloogia väljatöötamine avastatavate mineraalide jaoks ei etenda viimast osa. Akadeemik A. J. Fersman kirjutas veenvalt selle kohta, kuid kahjuks on uute mineraalide ja elementide nimetamise küsimus veel lahendamata ja avastaja annab endiselt nime oma soovi järgi.

1828. aastal avastatud «tooriumimullast» eraldati paljude aastate pärast toorium puhtal kujul. See element saadi niivõrd keerulisi teid mööda, et alles XIX sajandi lõpul maksis üks kilogramm tooriumisoola üle tuhande rubla.

Aastakümned möödusid üksteise järel, kuid toorium oli tuntud ainult keemikutele ja sedagi mitte kõigile. Pööre

tooriumi ajaloos on seotud tooriumdioksiidi hinnalise omaduse avastamisega. Kuumutamisel kiirgab see aine eredat ja silmale meeldivat valgust. Möödunud sajandi teisel poolel levisid gaasihõõglambid — eluruumide ja tänavate valgusallikad. Nende lampide kõige tähtsamaks osaks olid gaasisukad, mis olid valmistatud 99% tseeriumdioksiidist. Need lambid pikendasid valgustusgaasi algavat kadumist ülejõukäiva konkurentsi tõttu elektrivalgustusega. Valgustusgaasi leegis kiirgab toorium- ja tseeriumdioksiidi segust kuppel eredat valgust, kuna gaasi põlemissoojus muundub enamikus valgusenergiaks. See oli väga kasulik. Gaasisuka leiutaja teenis suure varanduse. Kuid kui eredalt ka ei helendanud tooriumkuplid, asendas neid «vene valgus» — vene leiutaja Lodõgini elektrilambid. Gaasihõõglampide tooriumkuplid kaotasid oma tähtsuse ja koos sellega vähenes järsult tooriumiühendite kasutamine tootmises. Näis, et elemendi ajalugu jõudis lõpule. Alles kakskümmend aastat tagasi kirjutati käsiraamatutes lühidalt tooriumi kohta: «Ei leia peaaegu mitte mingisugust tehnilist kasutamist.» See vastas tegelikkusele — tooriumi peaaegu ei kasutatud. Teda kasutati peamiselt lisandina prožektorite kaarlampide süte südamikes.

Tooriumi «väärtuse ümberhindamine» algas tunduvalt varem, peaaegu siis, kui Marie Sklodowska ja temast sõltumata Smith tegid kindlaks, et toorium on radioaktiivne element, kuigi tema aktiivsus on väiksem kui raadiumil. Selgus, et tooriumi aatomid teevad läbi astmelise lõhustumise, muutudes lõpptulemusena püsivaks pliiks aatomkaaluga 208. Tooriumituuma ebapüsivus leidis käesoleval ajal praktilist kasutamist aatomisisese energiaallikana.

Tooriumi kui «tuumakütuse» eelis uraani ees seisneb selles, et tooriumi kristallvõres hakkavad toimuma faasilised muundumised alles 1400° C — 1500° C. See võimaldab tooriumkütusega reaktoril töötada kõrgematel temperatuuridel.

Tooriumi on looduses tunduvalt rohkem kui uraani. Tooriumiühendeid on monatsiitliivas. Maakoores ei ole tooriumi eriti vähe ($6 \cdot 10^{-5}$%). Tühisel hulgal esineb teda isegi graniidis.

Väliselt ja sulamistemperatuurilt meenutab toorium plaatinat, erikaalu ja kõvaduse poolest aga pliid. Keemilisest seisukohast on tooriumil palju sarnasust tseeriumiga,

aatomi elektronpilve struktuurilt aga on toorium aktiniidide perekonna võrdõiguslik liige.

Keemiliselt puhas toorium on valge, hallika helgiga metall, mille erikaal on 11,5. Tooriumi sulamistemperatuur on 1700° C. Toorium keeb 4200° C juures. 750—950° C juures on toorium hästi sepistatav, valtsitav 0,025 mm paksusega lehtmetalliks ja traadiksvenitatav (kuni 0,08 mm). Tooriumi mehhaanilised omadused sõltuvad suurel määral isegi tühistest lisanditest. Praktiliselt koosneb toorium ühestainsast isotoobist, mille massiarv on 232 ja poolestusaeg $1{,}4 \cdot 10^{10}$ aastat.

Tooriumi hapnikuühend (tooriumdioksiid) paistab silma suure erikaalu (9,7) ja kõrge sulamistemperatuuri (3220° C) poolest.

Tooriumi kasutatakse mitmesuguste sulamite valmistamisel. Tooriumi lisamine suurendab sulamite kuumakindlust. Tooriumi lisamine volframile hõõgniitide tootmisel suurendab lampide tööiga, vähendab rekristalliseerumist. Segus nikli, koobalti, plaatina ja teiste metallidega on peenestatud toorium aktiivseks katalüsaatoriks ammoniaagi oksüdeerimisel lämmastikhappeks. Tooriumdioksiidi kõrge sulamistemperatuur muudab selle ühendi asendamatuks materjaliks tulekindlate materjalide, muhvlite ja kuumakindla keraamika tootmisel.

Tooriumi kasutamise perspektiivid on piiramatud. Aatomimootorid ja kes teab, võib-olla isegi aatomijaamad, kasutavad tulevikus vee soojendamiseks põhjapoolsetes jõgedes energeetilise toorainena tooriumi.

AKTIINIUMI «ESIVANEM»

91. PROTAKTIINIUM — *Protactinium* (Pa)

Protaktiiniumi olemasolu ennustas D. I. Mendelejev 1871. aastal.

See element, mille maksimaalne hulk uurijate käes ei ületanud paar sajandikku grammi, on aktiiniumi lähedane «sugulane» mitte ainult asukoha järgi perioodilisuse süsteemis, vaid ka omadustelt ja selle poolest, et neid leidub alati koos. Kui raske oli saada seda puhtal kujul, võib otsustada kas või selle järgi, et selle elemendi allikas — uraanis — on protaktiinium koos raadiumiga, seejuures ligikaudu võrdsetes hulkades. Metallilise uraani ühes tonnis on umbes kolm grammi raadiumi ja protaktiiniumi. Kuid ühte tonni metallilist uraani ei ole nii lihtne saada.

Radioaktiivne protaktiinium on uraani kaaslane ja esineb lisandina uraanimaagis. Kuid samal ajal on ta tekkimise poolest uraani «pojaks» ja aktiiniumi «isaks». Kiiratest alfakiiri muundub looduses esinev protaktiiniumi radioaktiivne isotoop aktiiniumiks. Sel juhul on ta «isa», kuid moodustudes uraanist on ta viimase «poeg». Elemendi nimetus sõnasõnalises tõlkes on esimene kiir (*protos* on kreeka keeles esimene, *actinos* — kiir), vabamas tõlkes — esimene reas, s. t. aktiiniumi esivanem.

Protaktiiniumi poolt kiiratavad alfaosakesed on väikese energiaga ja seoses sellega on nende tee pikkus lühike, mis võimaldab määrata protaktiiniumi sisaldust tooraines keemilisi meetodeid kasutamata. Üks protaktiiniumi eraldamise võtteid põhineb elemendi ühendi võimel adsorbeeruda lahustest laboratooriuminõu klaasile.

Saksa uurijad O. Hahn ja Lisa Meitner avastasid protaktiiniumi 1917. aastal. Alles kümne aasta pärast eraldas

teadlane Grosse mõne sajandiku grammi hõbevalget metalli — protaktiiniumi. Seda kangelaslikkust ei saa alahinnata, kui teame, et protaktiiniumi sisaldust maakoores märgitakse arvuga (protsentides aatomite üldarvust), milles arvuline number algab pärast ühtteist nulli: 0,000 000 000 008%. Viiest ja poolest tonnist böömi uraanpigimaagist võib saada pool grammi suhteliselt puhast protaktiiniumi.

Seistes aatomisajandi künnisel, tuleb protaktiiniumi kasutamise perspektiividest rääkida ettevaatlikult. Senini on need perspektiivid väga kitsad, kuid tulevik võib neid ootamatult laiendada.



RAHUTUSTE JA LOOTUSTE KEHASTUS

92. URAAN — *Uranium* (U)

Kreeka mütoloogias nimetati Uranoseks taevajumalat, kes oli Maa jumalanna Gaia poeg ja samal ajal abikaasa, titaanide ja kükloopide — ühe silmaga hiigelolendite isa. Uraani nimi omistati päikesesüsteemi seitsmendale planeedile, mida algul peeti komeediks. 1789. aastal avastas Klaproth pigimaagi uurimisel selles uue aine, mille ta nimetas planeet Uraani avastamise auks samuti uraaniks. 1842. aastal tõestas prantsuse teadlane Peligot, et uraanioksiidide põletamisel söega ei saada nendest vaba uraani, vaid jälle üks oksiididest. Väliselt meenutas see oksiid vaske ja Klaproth pidas seda metalliks. Tõsi küll, ettevaatlik Klaproth nimetas avastatud aine diplomaatiliselt «poolmetalliks». See ettevaatlikkus ei võtnud Klaprothilt ära autorlust. Metall, mille eraldas 1842. a. Peligot, oli juba tegelikult uraan.

Üle poolteise sajandi pikkune uraani ajalugu tähistas seda, et huvi selle elemendi vastu perioodiliselt langes ja tõusis. Ja alles paarkümmend aastat tagasi lahenes tagasi-

pöördumatult ja lõplikult ajaloo kõige uuema metalli — uraani saatus.

Praegu on uraan mitte ainult kõige uuema ajaloo, vaid ka tuleviku metall. Ta määras inimkonna arengus uue ajastu — aatomienergia ajastu alguse. Metall, mis alles hiljuti oli hästi tuntud ainult kitsale teadlaste ringkonnale, kes spetsiaalselt uurisid uraani ja selle ühendeid laboratooriumi vaikuses ning teaduslikes kabinettides, muutus nüüd rahvusvaheliste konverentside päevakorrapunktiks ja sai tuntuks üle kogu maakera. Kui alles hiljuti oli uraani tähelepanuväärsuseks see, et ta asus Mendelejevi perioodilisuse süsteemis viimasel kohal, siis praegu on uraan muutunud mitte ainult teadusliku ja tehnilise progressi, vaid ka riigi sõjalise võimsuse näitajaks. Liialdamata võib praegu öelda, et kogu inimkonna edasine tehniline progress on lahutamatult seotud uraani kui energiaallika kasutamise probleemiga.

Imperialistliku maailma ninameeste kätes on uraan tooraineks surmatoova aatomi- ja termotuumarelva valmistamisel. Seepärast on kaasaja inimühiskonna arengus peamiseks ülesandeks selle relva kui massilise hävitamise vahendi kõikide liikide, mis võivad tuua kohutavat õnnetust inimkonnale, tingimusteta keelustamine. Nõukogude riigi järjekindel ja järeleandmatu poliitika aatomirelva üleüldise keelustamise teostamises, selle poliitika palav toetus kogu progressiivse inimkonna poolt ja aktiivne võitlus selle elluviimise eest on kindlaks garantiiks, et aatomienergiat ei kasutata inimeste massiliseks hävitamiseks.

Võib-olla ei ole mitte ükski teine element köitnud mitte kunagi nii suurt tähelepanu kui uraan. See huvi on täiesti arusaadav, kui meenutada, et uraan on ammendamatu energiaallikas, mida inimene õpib valdama ja juhtima.

Praegu kõlavad võõralt sõnad, mis on kirjutatud raamatutes kakskümmend aastat tagasi. Ühes keemia õpikus, mis on välja antud 1935. aastal, kirjutatakse lõigus «Uraan ja selle ühendid» järgmist: «Uraanipreparaadid leiavad piiratud kasutamist.» Teises keemiaalases juhendis on kirjutatud: «Puhta metalli saamisel ei ole seniajani mitte mingisugust praktilist tähtsust.»

Milles seisnes uraani piiratud kasutamine?

Peaaegu XIX sajandi lõpuni esindas uraaniühendeid «uraankollane» (uraanoksiid), mis andis tavalisele klaasile lisamisel kollase või oranži värvuse, kui klaasi läbi

valgustada, ja roheka värvuse peegelduvas valguses. Sedasama uraaniühendit kasutati kõige hinnalisema Sèvres'i portselani (nii nimetati glasuurialust maalikunsti) kaunistamisel joonistustega. Mõned uraaniühendid võimaldasid saada kollasest kuni sametmusta värvusega, väga suure vastupidavuse ja püsivusega värvi. Sel ajal hinnati uraanimaaki ainult selle tõttu, et teda oli võimalik kasutada värvide saamisel portselani- ja fajansitehastele.

XIX sajandi vahetusel avastasid teadlased uraanimaagi jäätmetes raadiumi. Marie Sklodowska ja Pierre Curie edule raadiumi avastamisel aitas kaasa see, et uraanimaagi jäätmed olid sel ajal väga odavaks materjaliks. Abielupaar Curie sai neid, kuigi suurte sekeldustega, oma tööde jaoks peaaegu tasuta. Raadiumi avastamisega muutus uraanimaak selle «imepärase» elemendi allikaks. Pärast raadiumi eraldamist aga uraani ennast enam peaaegu ei kasutatud. Uraani turustamiseks püüti saada uraani sisaldusega kiirlõiketerast, kuid puhta uraani eraldamise raskus ei soodustanud selle levikut. Leidmata suuremat kasutamist (kasutati peamiselt fotograafias), olid uraaniühendid XX sajandi 30-ndatel aastatel palju odavamad raadiumist.

Ootamatult tekkis huvi uraani vastu ja ka tema hind tõusis. Raadium, millel oli teiste elementide hulgas niivõrd ainulaadne koht, kaotas täielikult esmajärgulise tähtsuse. Niisuguse ebatõenäolise raadiumi ja uraani osade vahetuse «süüdlasteks» on nõukogude teadlased G. H. Fljorov ja K. A. Petržak. 1939. aastal tegid nad kindlaks, et uraaniaatomid kalduvad tuuma spontaansele, iseeneseslikule lõhustumisele, mis toimub tohutu suure soojusenergia eraldumisega. Niisugune lõhustumine toimub ainult väga harva: sadu tuhandeid või miljoneid kordi harvem kui tavaline alfalagunemine. Kui niisugused lõhustumised toimuksid järjekindlalt üksteise järel, siis üks gramm uraanituuma eraldaks niisama suure hulga energiat kui 18 tonni tavalist lõhkeainet.

Inimvihkajate mõistuses, kes kasutasid G. N. Fljorovi ja K. A. Petržaki ideid, tekkisid kohe uue relva loomise plaanid, mille abil võiks kindlustada valitsemist maailma üle ja võimu rahvaste üle. Niisuguse aatomirelva loomise kallale asusid saksa fašistid ja ameerika miljardärid, kes pretendeerivad maailmavalitsemisele. Salajastes labora-

tooriumides, ülisalajastes tehastes hakati palavikuliselt sepistama aatomirelva.

Nagu teistel elementidel, on ka uraanil mitu isotoopi, mis on erineval määral võimelised jagunema neutronite toimel. Selgus, et uraani isotoop massiarvuga 235 on kõige enam võimeline neutroonsele tuumajagunemisele. Uraan-235 aatomituuma lagunemisel tekivad killud (uraanist väiksema massiarvuga elementide aatomid) ja 2—3 neutronit, mis, sattudes veel jagunemata uraani naaberaatomite tuuma, kutsuvad esile niisamasuguse jagunemise. Nende kiiresti kulgevate protsesside mitmekordse kordumise tõttu kasvab aatomite lagunemine laviinitaoliselt (ahelreaktsioon) ja eraldub tohutu hulk energiat, mida nimetatakse aatomienergiaks ja nähtust ennast aatomiplahvatuseks. Uraani või plutooniumi ahelreaktsiooni kasutamisel põhinebki aatomipommi töö printsiip. Üks esimesi pomme valmistati uraan-235-st. Isotoopide loodusliku segus on uraan-235 kõigest 0,715%, s. t. iga kilogrammi loodusliku uraani kohta tuleb 7,15 grammi uraani-235.

Seetõttu oli tuumaenergia kasutamisel vaja leida isotoopide saamise, eraldamise või nende segude rikastamismeetod uraan-235-ga.

Kasutades uraanheksafluoriidi, mille keemistemperatuur on 55,7° C, võis niisugust isotoopide eraldamist teostada gaasdifusioon meetodil. See meetod põhineb uraan(-235)-heksafluoriidi kiiremal võimel tungida läbi poorse filtri, võrreldes sama ühendiga, mis sisaldab uraan-238 (mitte «põlev», vaid tavaline uraan).

Uraani isotoopide jagunemine termodifusiooni meetodil on seotud tuhandete vaheseinte, pumpade ja jahutite ehitusega. Seepärast moodustab ainult selle «delikaatseima» tehnoloogilise protsessi käikulaskmise periood 80—100 päeva.

Uraan on pehme, hõbevalge metall, mis on kaks ja pool korda raskem rauast ja üle poolteise korra raskem pliist. See keemiliselt aktiivne element moodustab palju ühendeid, reageerib kergesti paljude mittemetallidega, annab sulameid elavhõbeda, tina, vase, plii, alumiiniumi, vismuti, raua ja teiste metallidega.

Võib öelda, et käesoleval ajal on uraan perioodilisuse süsteemi üks kõige põhjalikumalt uuritud elemente.

Metallilisel uraanil on mitu kristallilist modifikatsiooni,

mille üleminekuga kaasneb järsk ruumala muutus. Esimene niisugune üleminek toimub 660° C juures. Seetõttu ei tohi uraanikütusega aatomireaktorites lubada kõrgemat temperatuuri. Juba 100° C lagundab vesi uraani ning tekivad oksiidid ja hüdriidid. 700° C temperatuuril aga süttib kompaktne uraan põlema. Seepärast kaetakse uraanivardad alumiiniumiga. Suure keemilise aktiivsuse tõttu (võime reageerida lämmastiku, hapniku ja süsinikuga) on metallilise uraani saamine seotud raskustega, seda enam, et uraani ei saa elektrolüüsi teel ega ka puhastada sublimeerimisel.

Lugedes raamatuid, milles on peegeldunud uraani uurimise ajalugu, on kerge märgata, kui kiiresti «vähenes» uraani sulamistemperatuur. 1925. aastal kirjutati, et uraani sulamistemperatuur on üle 1850° C, 1932. aastal oli see «täpselt» 1850° C, 1935. aastal — 1400° C, 1956. aastal aga kinnitab enamik autoreid üksmeelselt, et uraani sulamistemperatuur on 1133° C. Uraani sulamistemperatuuri niisugune «langus» seletub «puhta» uraani saamise ja puhastamistehnika täiustumisega. Mida puhtamat uraani hakati saama, seda madalam oli tema sulamistemperatuur.

Omal ajal pööras sellele elemendile tähelepanu ka D. I. Mendelejev, kes tõestas, et uraani aatomkaal on 240, aga mitte 120, nagu kinnitasid D. I. Mendelejevi eelkäijad ja kaasaeglased.

Uraan kuulub looduses küllalt laialdaselt levinud elementide hulka. Oletatakse, et uraani põhimass sisaldub maakoore ülemistes (välimistes) kihtides, mis ei lähe sügavamale kui 16—20 km. Nagu kaasaja uurimised võimaldavad arvata, asub väiksem osa uraani 45—48 km sügavusel maakoores. Teades geokeemia andmetest, et 20 km paksune maakoore kaal on ligikaudu $3{,}25 \cdot 10^{19}$ tonni, uraani keskmine sisaldus aga on $3 \cdot 10^{-6}$ grammi iga grammi kivimi kohta, on kerge välja arvutada uraani hulk, mis sisaldub selles maakoore kihis. See on muinasjutuliselt suur ja moodustab sada tuhat miljardit ($1{,}0 \cdot 10^{14}$) tonni.

Arvestades uraani eraldamiseks ainult kergesti kättesaadavaid uraaniühendite leiukohti, on uraani maailmavarud tunduvalt tagasihoidlikumad, ja nimelt 23—25 miljonit tonni.[1]

[1] Teiste allikate järgi on need andmed peaaegu kaks korda suuremad.

On välja arvutatud, et uraanivarusid jätkub nende kasutamisel 25% kasuteguri ja $3 \cdot 10^{15}$ kW/t ehk $258 \cdot 10^{16}$ kcal energia maailmatarbimise korral 40 000 aastaks. Söevarud lõpevad olemasoleva intensiivse tarbimise korral 1760 aasta pärast, naftavarud aga 185 aasta pärast. Uraani avastati kivi- ja raudmeteoriitides. Kõige suurem tähtsus uraani saamisel on mineraalidel, mis sisaldavad uraanioksiide — uraanipigimaagil ja uraniniidil. Uraanipigimaak on must, tihe peeneteraline aine, mis keemiliselt koostiselt on lähedane triuraantetroksiidile. Uraniniit koosneb peamiselt uraandioksiidist segus teiste ühenditega. See maak on raudhall, mõnikord peaaegu must.

Tööstuslike uraanimineraalide hulka kuulub karnotiit — vanaadiumhappe ja uraani sool, kuid samuti ka sekundaarsed uraanimineraalid — uraanfosfaat (torbeniit ja otuniit), uraankarbonaadid ja -sulfaadid. Uraanimineraalide leiukohti on peaaegu kõikides maades. Kongo, Kanada ja Ameerika Ühendriigid on kõige rikkamad uraanimaakide poolest. Uraani leiukohti on samuti NSV Liidus ja rahvademokraatiamaades. Euroopas asub kõige enam tuntud uraanimaagi leiukoht Joachimstahli rajoonis (Tšehhoslovakkia). Lääne-Saksamaa ajalehe «Welt am Sontag» teadete järgi avastati Schwarzwaldi mägedes rikas uraanimaagi leiukoht, mis ületavat varude poolest maailma kõige suuremad uraanilademed Kanadas.

Uraanileiukohtadega on alati kaasas raadium. Tavaliselt tuleb 3 miljoni grammi puhta uraani kohta 1 gramm raadiumi.

Vähesel hulgal on uraani söes, naftas, merevees ja pinnavetes ning isegi graniidis.

On teada, et taimedel on võime pinnasest selektiivselt neelata mitmesuguseid elemente. Mõned taimed neelavad uraani. Ühest küljest on nad «akumulaatorid», kuid teisest küljest omapärased uraanimaakide lademete signalisaatorid.

Mineraalide loetelus, millega me kartsime väsitada lugejat, ei ole paljusid, kuid ühte neist meenutame veel kord — see on kleveiit. Seesama kuulus norra kleveiit, millest Ramsay ja tema assistent Matthews eraldasid heeliumi ja tegid sellega kindlaks tema olemasolu Maa peal.

Kõik uraani mineraalid sisaldavad eranditult heeliumi neeldunud või, nagu räägivad keemikud, adsorbeerunud olekus. See asjaolu ei jäänud uurijatel märkamata. Tund-

nud huvi heeliumi vastu, tegid nad peagi kindlaks plii olemasolu. Seejuures selgus, et uraaniga ei ole kaasas mitte lihtsalt plii, vaid plii isotoobid aatomkaaluga 206—207. Niisugune «kaasasolek» näitas, et uraani looduslik, aeglane radioaktiivne lagunemine kulgeb üle mitme staadiumi, üle mitmesuguste radioaktiivsete ainete «põlvkondade». Ainult plii isotoobid 206—207 on püsivad. Tähendab, uraan on plii «vanavanavanaisa». Teades plii-206-207 hulka ühtedes või teistes kivimites ja selle moodustumiskiirust uraanist, võib suure täpsusastmega määrata kindlaks nende kivimite «vanuse». Nii muutusid uraani sisaldavad mineraalid looduslikeks kronomeetriteks, mille järgi füüsikud, keemikud ja geoloogid ei loendanud sekundeid, minuteid ega tunde, vaid Maa ajaloo tuhandeid ja miljoneid aastaid.

Lõpetades jutustust uraanist, tahaksime veel kord alla kriipsutada teaduse saavutuste kasutamise põhilist erinevust kapitalismi- ja sotsialismimaades.

Esimene aatomipomm loodi Ameerika Ühendriikides. Ta maksis ametlike andmete järgi kaks miljardit dollarit, mis oli välja pigistatud töötajate taskutest. Kuivõrd suur on selle pommi hind, piisab öelda, et umbes ühe neljandiku perekondade aastane sissetulek Ameerika Ühendriikides on 2000 dollarit. Uraaniaatomipomm heideti esmakordselt sõjas Ameerika Ühendriikide vägede poolt 6. augustil 1945. aastal Hirošima linnale B-29 tüüpi lennukilt 9000 meetri kõrguselt. Lõhkedes 600 meetri kõrgusel maapinnast, põhjustas ta tohutu hulga ohvreid rahuliku elanikkonna hulgas. Nii kasutas kapitalistlik maa uraani.

Uraani kasutamine inimkonna heaks on aatomienergia rakendamise peamine eesmärk sotsialismimaades. Uraani kasutamise lai perspektiiv inimeste heaks sai täiesti ilmseks pärast seda, kui 27. juunil 1954. a. lasti käiku maailmas esimene uraanikütusel töötav elektrijaam, mille võimsus on 5000 kilovatti. Kütuseks on uraan, mis on rikastatud (kuni 5%) uraani isotoobiga, mille massiarv on 235.

Vastavalt NLKP XX kongressi otsusele ehitatakse meie maal aatomielektrijaamu üldvõimsusega umbes 2,5 miljonit kilovatti, Põhjamerede jääd purustab nõukogude aatomijäälõhkuja «Lenin».

Võimsuselt ja energiahulgalt, mis tuleb 1 tonni veeväljasurve kohta, ei ole jäälõhkujal «Lenin» võrdset maa-

ilmas. Jäälõhkuja veeväljasurve on 16 000 tonni, tema pikkus 134 meetrit, laius — 27,6 m, mootorite võimsus 44 000 hobujõudu, tema energia 1 tonni veeväljasurve kohta on 2,75 hobujõudu. Samal ajal aga on maailma kõige võimsama diiselmootoriga jäälõhkuja (ameerika jäälõhkuja «Glatcher») energia 1 tonni veeväljasurve kohta 2,2 hobujõudu.

Uraanilaadung on 1600 kg, sealhulgas 80 kg uraan-235. «Lenini» kiirus sügavas ja jäävabas vees on 18 sõlme (ligikaudu 32,5 km tunnis); sõidukiirus kuni kolme meetri paksuses jääs 2 sõlme (3 km tunnis).

1958. aastal anti Ameerika Ühendriikides ekspluatatsiooni esimene aatomielektrijaam Shippingport'is. Samal aastal lasti Inglismaal käiku aatomielektrijaam Calder Hall I. Prantsusmaal, Saksa Föderatiivses Vabariigis, Rootsis, Jaapanis, Kanadas ja reas teistes enamarenenud maades on koostatud aatomielektrijaamade suured ehitusplaanid. Nende plaanide järgi peab aatomielektrijaamade osatähtsus tõusma energia tootmises 1967.—75. aastaks 12—35-protsendini.

Pärast Moskva lepingule allakirjutamist tuumarelvakatsetuste keelustamise kohta kosmoses, atmosfääris ja vee all hakkasid maailma ajakirjanduses ilmuma teated, mis tõestavad nõudmise vähendamisest uraani järele, mis läks sõjalisteks vajadusteks. Kanadas suleti mõned uraanikaevandused. Ameerika Ühendriigid ja Inglismaa tühistasid lepingu Austraalia, Kongo ja Lõuna-Aafrika Vabariigiga, mis omal ajal sõlmiti uraanimaagi ostmiseks. Uraani tootmine sõjaliseks otstarbeks peab vähenema.

VEEL ÜKS EKSKURSS ASTRONOOMIA AJALUKKU

93. NEPTUUNIUM — *Neptunium* (Np)

1934. aasta juunis ilmus ühes saksa keemiaajakirjas tšehhi inseneri Odolen Kobliki artikkel. Ta oli uurimislaboratooriumi juhataja Joachimstahli kaevandustes (Tšehhoslovakkia), kust XX sajandi algul sai abielupaar Curie maaki raadiumi saamiseks. Artiklis räägiti sellest, et O. Koblik avastas uraani ja raadiumi tehase pesuvetes uue elemendi. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis pidi see element asuma uraani järel.

Koblik nimetas uue elemendi oma kodumaa auks böömiumiks. Tšehhoslovakkia lääneosa — Tšehhiat nimetati varem Böömimaaks. Uurides hoolikamalt uut elementi avastas Koblik, et tema poolt eraldatud element on väga sarnane volframiga. Olles aus teadlane, pidas Koblik oma kohuseks teatada viivitamata ajakirja toimetusele oma eksitusest ning võttis ühtlasi ka oma artikli tagasi. Märkus oletatava eksituse kohta avaldati toimetuse nimel selsamal, 1934. aastal.

XX sajandi 30.—40.-ndatel aastatel viidi paljudes laboratooriumides maailmas läbi püsivate aatomituumade uurimisi pärast neutronitega pommitamist. Uraani pommitamisel saadi uus element, massiarvuga 239, mis võttis enda alla uraani järel 93. koha. Esmakordselt eraldasid 93. elemendi ameerika teadlased E. McMillan ja F. Abelson 1940. aastal. Sellele elemendile pandi nimeks neptuunium.

Et seletada selle nimetuse päritolu, on vaja teha kas või väga lühike kõrvalepõige astronoomia ajaloo valdkonda.

Kuni 1846. aastani oli astronoomidel päikesesüsteemis teada 7 planeeti. 1846. aasta tähistas astronoomias uue, kaheksanda planeedi avastamist, mis nimetati Neptuuniks. Päikeselt seitsmendat planeeti nimetati Uraaniks. Mendelejevi perioodilisuse süsteemis oli uraan 1940. aastal viimaseks elemendiks. Seepärast nimetatigi uus transuraan analoogia järgi neptuuniumiks. Muistsed roomlased nimetasid Neptunuseks salapärast merejumalat. Iidsest ajast peale on meremehed toonud ekvaatori ületamisel ohvreid Neptunusele selleks, et ta «kaitseks» neid tormide ja rajuilmade eest ning tooks õnne laevasõidus. Kaotanud religioosse sisu, on ekvaatorist ülemineku pidu muutunud käesoleval ajal lõbusaks instseneeringuks, kus toimub meeskonna nende liikmete «ristimine», kes ületavad esmakordselt laeval ekvaatori. Neptunuse peo kirjeldusi esineb paljudes ilukirjanduslikes teostes.

Pöördume tagasi planeet Neptuuni juurde. Nagu teada, märkasid prantsuse astronoom Leverrier ja temast sõltumata inglise astronoom Adams planeedi Uraani jälgimisel mõningaid kõrvalekaldumisi tema liikumises. Nad tegid matemaatiliste arvutuste abil mitte ainult kindlaks Uraanile järgneva tundmata planeedi olemasolu, mis oma külgetõmbejõuga põhjustab Uraani «mässu», vaid näitasid ka koha, kust teda tuleb otsida. Peagi avastati see planeet. Element heelium avastati algul Päikesel, seejärel alles Maa peal. Planeet Neptuun «leiti» Maa peal ja seejärel avastati taevas.

Hinnates D. I. Mendelejevi teeneid perioodilisuse süsteemi loomisel ja uute elementide ennustamisel, kirjutas F. Engels: «Mendelejev tõestas, et aatomkaalu järgi ritta seatud sugulaselementide vahel on mitmeid lünki, mis näitavad, et siin tuleb veel uusi elemente alles avastada. Ühe niisuguse tundmatu elemendi puhul, mille Mendelejev nimetas ekaalumiiniumiks, kuna ta alumiiniumiga algavas reas vahetult alumiiniumile järgneb, kirjeldas Mendelejev juba ette tema üldisi keemilisi omadusi ja määras ligikaudselt kindlaks tema eri- ja aatomkaalu ning aatommahu. Mõne aasta pärast avastas Lecoq de Boisbaudran tõepoolest selle elemendi, kusjuures ilmnes, et peale üsna väikeste kõrvalekaldumiste olid Mendelejevi ennustused õiged... Kasutades ebateadlikult Hegeli seadust kvantiteedi kvaliteediks ülemineku kohta, saatis Mendelejev korda teadusliku vägiteo, mida võib julgesti kõrvutada Leverrier'

omaga, kes arvutas välja alles tundmatu planeedi, Neptuuni orbiidi.»[1]

Viimastel aastatel on uraanimaakides avastatud tühisel hulgal neptuuni, mis määratakse ainult kvalitatiivselt. Tekib küsimus: võib-olla oli Koblikul, kes teatas böömiumi avastusest, õigus. Ei, vaevalt küll. Tee, mida mööda ta läks, ei võinud viia neptuuniumi avastuseni.

Neptuunium on plastiline, hõbedane metall, mille sulamistemperatuur on 640° C ja tihedus 19,5. Nende suuruste järgi on raske otsustada, kuivõrd raske oli teadlastel neid arvusid saada. Alustame sellest, et esmakordselt saadi neptuuniumi gammades (miljondik grammides). Niisuguste ainehulkade kaalumiseks oli vaja luua väga suure täpsusega kaalud, mille abil oleks saadud mõõta sadamiljondik grammi ainet. Neptuuniumi tihedus määrati 40 gamma (mitte grammi) metalliga, mis asetati 0,3 mm diameetriga torusse.

Neptuuniumi saamine on väga keerukas. Lähtematerjaliks on neptuuniumkloriid või -fluoriid. Puhas neptuunium saadakse nende soolade taandamisel berülliumoksiidist valmistatud tiiglis baariumisoolade aurudega 1300° C temperatuuril. Kuumutamist teostatakse tantaaltraadiga, millesse juhitakse elektrivool volframkontaktide kaudu.

Nagu nüüd on kindlaks tehtud, on neptuuniumil palju radioaktiivseid isotoope. Kõige pikema «elueaga» neist on 1942. aastal saadud isotoop massiarvuga 237. Selle isotoobi poolestusaeg on üle kahe miljoni aasta. Teised isotoobid «elavad» väheseid päevi, tunde ja minuteid.

Neptuunium moodustub aatomireaktorites uraanist ning ta on vaheproduktiks plutooniumi tekkimisprotsessis.

---

[1] F. Engels. Looduse dialektika. Tallinn, 1962, lk. 41.

TUUMAKÜTUS

94. PLUTOONIUM — *Plutonium* (Pu)

Ameerika astronoom Percival Lowell märkas ebakorrapärasust planeedi Uraani liikumises. Kuid see ebakorrapärasus polnud see, mida tunduvalt varem märkas Leverrier. Oma vaatluste alusel tuli Lowell järeldusele, et Neptuuni järel peab päikesesüsteemis olema veel üks, üheksas planeet, mis on Päikesest nelikümmend korda kaugemal kui Maa. See planeet tõepoolest leiti viisteist aastat pärast Lowell'i surma (1930. a.) ja nimetati Pluutoks. Selle planeedi nime järgi, mis asetses päikesesüsteemis Neptuuni järel, nimetati element 94 plutooniumiks. Ta saadi kunstlikult 1941. aastal uraani aatomituumadest rühma ameerika teadlaste poolt, eesotsas G. Seaborgiga. On märkimisväärne, et plutooniumi leiti looduses pärast seda, kui teda oli saadud kunstlikult.

Plutoonium on tavaliselt uraanimaakides uraani loodusliku lisandina kui uraani radioaktiivse muundumise produkt. Arvatakse, et plutoonium moodustub uraanimaakides neutronite haaramise tulemusena uraani tuumade poolt. Plutoonium moodustub aga niivõrd väikestes hulkades, et tema saamine maakidest ei tule kõne allagi.

Plutooniumi on uraanis kõigest üks miljardik kaaluprotsenti, s. o. 400 miljardi uraani aatomi kohta tuleb üks aatom plutooniumi. Kongo (Aafrika) uraanimaagis tuleb 4 miljoni tonni uraani kohta üks gramm plutooniumi.

Omadustelt ja väliskujult on plutoonium läikiv metall, mille sulamistemperatuur on 640° C ja erikaal 15,4—19,0. Erikaalu määramatus seletub sellega, et plutooniumil on mitu teisendit. Ühel neist on huvitav omadus. Ta ei paisu kuumutamisel, nagu metallid tavaliselt, vaid tõmbub

kokku. Elemendil plutooniumil on kolmkümmend isotoopi massiarvudega 232—244. Praktilist kasutamist leiab seni ainult plutoonium-239, mille poolestusaeg on 24 000 aastat.

Kõikidest transuraanidest kasutatakse ainult plutooniumi, sellepärast on ka tema keemilisi omadusi paremini uuritud kui paljudel «vanadel» elementidel. Plutooniumi tehnoloogias on üleminek laboratoorsetelt katsetelt tema tööstuslikule saamisele üllatav oma ulatuselt. Kui laboratooriumis saadakse plutooniumi mõni miljondik grammi, siis tööstuses ulatub see kilogrammideni.

Kui väike oli üks esimesi plutooniumi koguseid, võib otsustada episoodi järgi, mis leidis aset Ameerika kindrali Grovesiga. Kindral Groves juhtis niinimetatud «aatomiprojekti», mis nägi ette uue lõhustuva aine saamist. Kui esimene hulk plutooniumi oli eraldatud hüdroksiidina, asetati kogu olemasolev kogus mikroskoobi alla, selleks et näidata seda kindralile. Kindral vaatas tähtsalt, kuna tema juhtimisel ellurakendatud projekt saavutas järjekordse triumfi, mikroskoopi, algul vasema, seejärel parema silmaga ja ... lausus: «Ma ei näe absoluutselt mitte midagi!»

Plutoonium moodustub aatomireaktorites uraani lõhustumisel. Plutooniumi eraldamise kõige keerukam protsess segust omandati Ameerika Ühendriikides enneolematult lühikese ajaga ainsal eesmärgil — valmistada aatomipomm. Esimene plutooniumipomm valmistati Ameerika Ühendriikides, 1945. aasta 9. augusti hommikul heideti see lennukilt Jaapani linna Nagasaki rahuliku elanikkonna peale. Tema plahvatus tõi kaasa kümneid tuhandeid ohvreid ja sadu tuhandeid raskeid vigastusi.

Nõukogude rahvas andis purustava löögi sõjaõhutajate aatomidiplomaatiale, tehes ettepaneku massilise hävitamise relva kõikide liikide tingimusteta keelustamise kohta.

Antiik-mütoloogias oli Pluton maa-aluse maailma jumal — varjuderiigi valitseja. Plutooniumi kaasaegne osa kapitalistlikes maades, kus võim kuulub «külma sõja» poliitika eest võitlejatele, langeb kurjakuulutavalt kokku osaga, mille muinaskreeklased omistasid süngele Plutonile oma poeetilistes müütides.

Aatomitööstuses rahulikel eesmärkidel on plutooniumil kui peamisel tuumakütusel juhtiv osa. Alljärgnevalt toome mõningaid näiteid plutooniumi kasutamise kohta rahulikel eesmärkidel.

Aatomienergia Kasutamise Riikliku Komitee ühes instituudis maailma esimese aatomielektrijaama naabrusse paigutatud hoones on reaktori БР-5 soojust eraldavad vardad plutooniumist. Reaktori initsiaalid vene keeles ja neile järgnev number dešifreeritakse nii: «kiire reaktor 5 megavatti». БР-5 erineb selle poolest, et ta töötab kiirete neutronitega.

Kiire reaktori abil võib teostada ühe kõige tähelepanuväärsema aatomitehnika ime — muuta aatomikütusest järelejäänud «tuhk» uue aatomikütuse varudeks. «Ime» olemus seisneb järgmises. Nagu teada, sisaldab iga kilogramm looduslikku uraani ainult veidi üle 7 grammi uraan-235 isotoopi, mis on sobiv tuumakütuseks. Kõik ülejäänu — uraan-238 — moodustab aatomikütuse «tuha». Esimeses nõukogude aatomielektrijaamas, mis töötab aeglaste neutronitega ja uraaniga, milles on kuni 5% uraan-235, jääb «tuhka» 95% kogu massist. Kui see «tuhk» asetada kiire reaktori töötsooni, siis muundub uraan-238 kiirete neutronite toimel kõige hinnalisemaks tuumakütuseks — plutooniumiks. Kiired neutronid on siin «filosoofilise kivi» osas, mida keskaja alkeemikud asjatult otsisid, selleks et muuta mitteväärismetallid kullaks. Tuuma «alkeemia» saavutab enamat — ta muudab tuumakütte surnud «tuha» võimsaks «elava» energia allikaks. Plutooniumikütusel töötav eksperimentaalne energeetiline reaktor, mis «toodab» rohkem kütust kui põletab, on käiku lastud ka Ameerika Ühendriikides Idaho Falls'i lähedal (Idaho osariigis). Kiirete neutronitega reaktorid on väga mugavad merevee magestamisel. On saavutatud kokkulepe selle ülesande ühiseks lahendamiseks NSV Liidu ja Ameerika Ühendriikide teadlaste poolt.

UUE MAAILMA AUKS

95. AMERIITSIUM — *Americium* (Am)

1944. aasta lõpp ja 1945. aasta algus tähistasid Chicago ülikooli metallurgia laboratooriumis (hiljem Aragoni rahvuslik laboratoorium) uue keemilise elemendi loomist. Seaborg, James, Morgan ja Chiorso sünteesisid selle plutooniumist-239 ja neutronitest.

«Vastsündinu» paigutati aktinoidsete «elanike» sellesse «korterisse», mis asus lantaanirea elemendi — euroopiumi «korteri» all. Soovides ühelt poolt alla kriipsutada avastatud elemendi keemiliste omaduste sarnasust euroopiumiga, teiselt poolt aga soovist elemendi olemasolu korral, mis kannab Vana maailma nimetust, omada elementi ka Uue maailma auks, «ristiti» «vastsündinu» ameriitsiumiks.

Käesoleval ajal on teada üle kümne ameriitsiumi isotoobi, mille poolestusajad kõiguvad kümnest minutist kuni mitmete tuhandete aastateni.

Westrum ja Eyring said 1951. aastal metallilist ameriitsiumi ameriitsiumtrifluoriidi taandamisel 1200° C lähedasel temperatuuril mikrotiiglis, mis oli valmistatud berülliumoksiidist.

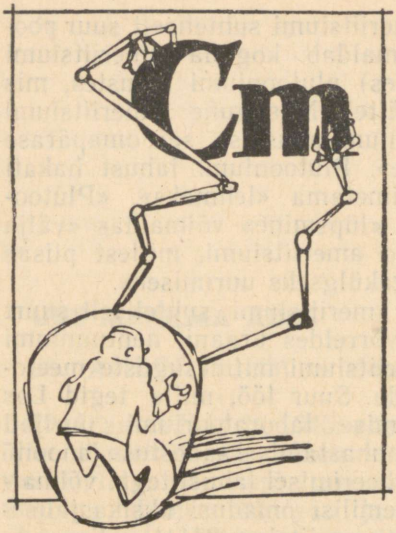
Ameriitsium on hõbedaselt läikiv, sepistatav ja venitatav metall, mille erikaal on 11,7 ja sulamistemperatuur umbes 1100° C.

Ameriitsiumi saamise tavaliseks allikaks on plutoonium-241, mis moodustub plutoonium-239 kiiritamisel tuumareaktoris. Plutoonium-241 poolestusaeg, mis on 13 aastat, tagab küllaldase aja varu selleks, et läbi viia vajalikku tööd selle puhastamiseks kaasasolevatest lisanditest, kaotamata temast moodustuvat ameriitsiumi. Plutoonium-241

lagunemisel moodustuva ameriitsiumi suhteliselt suur poolestusaeg (458 aastat) võimaldab koguda ameriitsiumi suurtes hulkades (grammides) plutooniumi lahustes, mis säilivad paljude aastate vältel. Niisugune ameriitsiumi eraldamise protsess plutooniumilahustest sai omapärase nimetuse — «väljalüpsmine». Plutooniumi lahust hakati analoogia täies mõistes nimetama «lehmaks». «Plutooniumilehma» süstemaatiline «lüpsmine» võimaldas «välja lüpsta» grammilisi koguseid ameriitsiumi, millest piisas ameriitsiumi hoolikaks ja igakülgseks uurimiseks.

Kasutades kolmevalentse ameriitsiumi suhteliselt suurt püsivust kõikides hapetes, võrreldes uraani, neptuuniumi ja plutooniumiga, võib ameriitsiumi mitmesuguste meetoditega neist kergelt eraldada. Suur töö, mille tegid Los Alamose teadusliku uurimise laboratooriumi uurijad ameriitsiumi eraldamisel ja puhastamisel sadestus- ja ioonvahetusmeetodil ning ekstraheerimisel lahustitega, võimaldas uurida ameriitsiumi keemilisi omadusi üksikasjalisemalt, vaatamata sellele, et ameriitsium-241 tavalise isotoobi, mis kiirgab ühe grammi kohta 7 tuhat miljardit alfaosa minutis, suur alfa-aktiivsus ei muutnud mitte ainult keerukaks ameriitsiumi uurimist, vaid asetas hädaohtu uurijate tervise ja elu.

Keemiliste omaduste poolest meenutab ameriitsium tüüpilisi haruldasi muldelemente. Ameriitsiumil on vahelduv valentsus. On teada kolme-, nelja-, viie- ja kuuevalentsed ameriitsiumi ühendid. Kõige püsivamad on kolmevalentse ameriitsiumi ühendid (eriti lahustena).



ABIELUPAAR CURIE' KANGELASTEO MÄLESTUSEKS

96. KUURIUM — *Curium* (Cm)

1944. aastal leidsid Seaborg, James ja Chiorso, kes pommitasid heeliumioonidega plutoonium-239, tuumareaktsiooniproduktide hulgas elemendi, mis pidi oma laengu suuruse poolest asuma perioodilisuse süsteemis 96. kohal. Seega eelnes ameriitsiumi avastamisele element nr. 96 avastamine.

Hiljem tehti kindlaks, et elementi nr. 96 võib saada tuumareaktorites ameriitsium-241 tuumadest ja neutronitest tuumareaktsioonide tulemusena.

Käesoleval ajal on teada suur arv (13) elemendi nr. 96 isotoope, mille poolestusaeg kestab ühest tunnist kuni neljakümne miljoni aastani. Elemendi nr. 96 isotoopide massiarvud kõiguvad 238-st kuni 250-ni. Muuseas, mõned 96. elemendi rasked isotoobid pakuvad erilist huvi kui omapäraste omadustega ained. Nii näiteks on isotoop massiarvuga 242 niivõrd intensiivne soojuskiirgaja, et selle isotoobi kompaktne tükk metallilises olekus kuumeneb heleda hõõgeni.

Olles väga intensiivne alfaosakeste kiirgaja, mis ületab ameriitsiumi kiirguse 1000 korda, on isotoop massiarvuga 242 väga ohtlik uurijate tervisele ja elule. On täiesti selge, et niisuguste isotoopide uurimist viiakse läbi mitmesuguste seadiste, televisioonisaatejaamade, «mehhaaniliste käte» ja teiste kaasaja aatomitehnika imeasjade abil. Hea kaitsesüsteem, eksperimentaaltööde läbiviimise kõrge tehnika ja eksperimentaatorite pedantlik täpsus aitasid vältida kuuriumi radioaktiivset toimet. Kuni 1961. aastani ei olnud teada mitte ühtegi haigestumisjuhtumit kuuriumiga töötavate uurijate hulgas.

1947. aastal eraldasid Werner ja Perlman esmakordselt mõned elemendi nr. 96 ühendid puhtal kujul. Wallmann, Crane ja Cunningham eraldasid kuuriumtrifluoriidi taandamisel baariumi aurudega 1275° C temperatuuril mikrogrammistes hulkades kuuriumi.

Metallilises olekus on element nr. 96 hõbedane, läikiv, sepistatav ja traadiks venitatav metall, mis oksüdeerub ja korrodeerub tunduvalt kergemini teistest «transuraniitidest». Elemendi 96 ebanormaalselt kõrge reaktsioonivõime, võrreldes neptuuniumi, plutooniumi ja ameriitsiumiga, on ilmselt seotud elemendi intensiivse kuumenemisega radioaktiivse lagunemise tulemusena. Elemendi kõige püsivamaks olekuks ühendites on kolmevalentne olek. Kolmevalentne element nr. 96 meenutab lantaniidide ja aktiniidide rea elementide kolmevalentseid ühendeid.

Mõni sõna elemendi nr. 96 nimetuse kohta. Element nr. 96 võttis endale koha lantaniidide rühma elemendi gadoliiniumi all. Säilitades analoogiat eelmise elementide paari euroopium-ameriitsiumi nimetustega, nimetati element nr. 96, analoogiliselt «haruldaste muldade» kuulsa uurija, keemik Gadolini auks nimetatud gadoliiniumiga, radioaktiivsete elementide geniaalsete uurijate — Marie ja Pierre Curie auks kuuriumiks.

Nagu teada, moodustatakse elementide keemilised sümbolid kas esimesest või esimesest ja veel ühest tähest, mis on võetud elemendi ladinapärasest nimetusest. Enamikes sümbolites on teiseks täheks keemilise elemendi nimetuse teine täht, tunduvalt harvem kolmas täht, harva ja väga harva neljas või viies täht. Radooni sümboli teiseks täheks on aga tema nimetuse viimane täht. Üheksakümne kolmest keemilisest elemendist, mille nimetused lõpevad

tähega «m», on ainult ühel elemendil see täht ka keemilise elemendi sümbolis. Selleks elemendiks on kuurium.

See on samuti sügavalt sümboolne. Täht «m» on Marie — naisteadlase nime esimene täht. Ta õigustas D. I. Mendelejevi prohvetlikke sõnu, kes ütles Marie Sklodowskale, et kui viimane pühendab end keemiale, siis kuulub talle suur tulevik. Marie Sklodowska-Curie saavutas visa tööga selle tuleviku ja täht «m» keemilise elemendi nimetuses on suure naisteadlase nime sümboliks ning sügavaima austuse märgiks.

AKTINIIDIDE KODUMAA AUKS

97. BERKEELIUM — *Berkelium* (Bk)

1949. aastal avastasid Chiorso, Thompson ja Seaborg element 97 esimese isotoobi. Analoogiliselt lantaniidirea elemendi terbiumiga, mis nimetati terbiumiks rootsi küla Ytterby auks, mille ümbrusest leiti mõned haruldaste muldade elemendid, nimetati element nr. 97 berkeeliumiks. See nimetus anti elemendile Ameerika Ühendriikides, Kalifornia osariigis asuva väikese linna Berkeley järgi, kus avastati mõned aktiniidide rea elemendid.

97. elemendi avastamisele, õigemini küll sünteesile, eelnes rea uurijate pingeline töö ioonivahetusmetoodika väljatöötamisel, milleta oli võimatu saada vaieldamatuid andmeid aktiniidsete elementide suhtumisest üksteisesse ning lahendada arvukaid küsimusi, alates üliradioaktiivsete materjalide käsitsemisreeglitest ja lõpetades üliraskete elementide tuumasüstemaatikaga, mis avas võimalused ennustada veel avastamata isotoopide omadusi.

Esimene berkeeliumi isotoop saadi ameriitsium-241 pommitamisel heeliumioonidega, mis olid kiirendatud tsüklotronis. Viies ameriitsiumi tuuma alfaosakese ja «välja lüües» tuumast kaks neutronit, saadi isotoobi berkeelium-243 tuum.

Hiljem loodi mitu berkeeliumi isotoopi, mille poolestusajad kõikusid kolme tunni ja mitme päeva vahel. Mõnedel isotoopidel on poolestusajad tunduvalt suuremad. Nii laguneb isotoop berkeelium-249 290 päeva jooksul poole võrra, berkeeliumil-247 on poolestusaeg 7000 aastat. Selle isotoobi saamine avab tee elemendi 97 ja selle ühendite igakülgseks ja hoolikaks uurimiseks. Kuid selle saamiseks on vaja kiirendajaid, mis annaksid tunduvalt suurema kiiru-

sega osakeste voo kui olemasolevad kiirendajad. Seoses sellega toome katkendi Ameerika Ühendriikide aatomiteadlaste delegatsiooni juhi Glenn Seaborgi sõnavõtust, millega ta esines Aatomireaktorite Teadusliku Uurimise Instituudis Uljanovskis reaktori vaatlemisel, mis andis neutronitekimbu 10^{15} neutronit sekundis ühe ruutsentimeetri kohta: «Me vaatame kadedusega teie reaktorit... Mitte ükski tegevreaktoritest maailmas ei anna nii intensiivset neutronite voogu.»

Teadaolevatelt omadustelt on berkeelium sarnane lantaanirea elemendi terbiumiga.

ÜLIKOOLI JA OSARIIGI AUKS

98. KALIFORNIUM — *Californium* (Cf)

Kohe pärast berkeeliumi sünteesi avastasid needsamad uurijad koostöös Streetiga elemendi nr. 98.

Arvati, et uue elemendi esimene isotoop saadakse tuumareaktsiooni tulemusena, mille skeem oli analoogiline berkeeliumi saamisega. Kuurium-242 tuuma otsustati «sisse viia» heeliumi tuum, mis «lööb» sealt välja kaks neutronit, mille tulemusena moodustub elemendi nr. 98 tuum. Kuid vastu ootust saadi isotoop massiarvuga 245, s. t. alfaosakese «sisseviimisel» «löödi välja» ainult üks neutron. Saadud isotoop oli lühikese elueaga. Tema poolestusaeg oli ainult 44 minutit.

Käesoleval ajal on teada 98. elemendi üle kümne isotoobi. Enamikul neist on poolestusajad väga lühikesed ja kestavad kümnest minutist kümnete päevadeni, mõnedel isotoopidel aga sadu päevi kuni kümnete aastateni ja lõpuks on kahel isotoobil poolestusaeg 470 ja 660 aastat.

Element 98 keemiliseks homoloogiks on lantaanirea düsproosium, mis on ühendites tuntud kolmevalentses olekus. See olek on tüüpiline ka 98. elemendile.

Esimesed avastajad omistasid elemendile nr. 98 nimetuse kalifornium. See nimetus anti elemendile ülikooli ja osariigi auks, kus uus element avastati.

TERMOTUUMAPLAHVATUSE ESIKLAPS

99. EINSTEINIUM — *Einsteinium* (Es)
100. FERMIUM — *Fermium* (Fm)

Esimesed teated elementide nr. 99 ja nr. 100 avastamise kohta ilmusid 1950.—1951. aastal populaarteaduslikes ajakirjades. Üks elementidest, nimelt nr. 99, nimetati afiiniumiks. See nimetus omistati elemendile Euroopa vanima linna, praeguse Kreeka pealinna Ateena auks, kus üle kahe aastatuhande, minevikust kuni tänapäevani, avaldati esmakordselt filosoofilised kujutlused aatomist kui Maa ja teda ümbritseva maailma alusest.

Teine element number 100 nimetati tsentuuriumiks. See nimetus, mille aluseks on ladinakeelne sõna *centuria*, mis tähendab sada, kriipsutas alla inimesele tuntud keemiliste elementide «ümmargust» arvu. Teadaannetes elementide nr. 99 ja nr. 100 avastamise kohta mainiti ka nende sünteesi meetodeid. Mõlemad elemendid saadi neptuuniumi ja plutooniumi pommitamisel süsinikioonidega. Peagi tehti kindlaks, et elementide nr. 99 ja nr. 100 «avastamine» oli kahtlane. Kahtlused kujunesid eituseks.

Elementide nr. 99 ja nr. 100 esimesed isotoobid avastati raskete radioaktiivsete elementide hulgas, mis saadi Vaiksel ookeanil 1952. aasta novembris «Operatsioon Mike» nime all toimepandud termotuumaplahvatuse produktina. See plahvatus, mille põhjustas neutronite silmapilkse intensiivse voo toime uraanile, andis rea uraani raskeid isotoope. Olles radioaktiivsed, lagunesid need isotoobid kiirates beetaosakesi ja moodustades omakorda neptuuniumi, plutooniumi, ameriitsiumi ja teiste transuraanide raskeid isotoope.

Kasutades kõige uuemaid uurimismeetodeid ja analüüsides kümneid kilogramme korallsetteid, mis koguti ühe

atolli kohalt, mis asetses kõige lähemal plahvatuskohast «Operatsiooni Mike» ajal, leidsid Albert Chiorso ja Glenn Seaborg ka elemendid nr. 99 ja nr. 100. Termotuumaplahvatuse produkte uurisid ka Aragoni Rahvuslikus Laboratooriumis Diamond, Manning, Mech, Pyle, Studier, Fields, Fried, Hirsch ja Huizenga. Los Alamose laboratooriumis uurisid plahvatusprodukte Browne, Smith ja Spence.

Geniaalse uue aja füüsiku, suure humanisti, kindla rahu eest võitleja ja inimese auks, kes ennastsalgavalt teenis teadust inimeste heaolu nimel, Albert Einsteini auks omistati elemendile nr. 99 nimetus «einsteinium». Element nr. 100 nimetati väljapaistva itaalia füüsiku, tuumaenergeetika isa Enrico Fermi auks «fermiumiks».

Termotuumaplahvatusel «Mike» toimunud tuumareaktsioonide ja reaktsiooniproduktide üksikasjaline uurimine, mis moodustusid reaktoris materjalide katsetustel Idahos, võimaldasid ameerika füüsikutel täpselt välja selgitada einsteiniumi ja fermiumi isotoopide moodustumistee.

Rida einsteiniumi isotoope saadi uraanimärklaudade pommitamisel lämmastikioonidega ja berkeeliumi märklaudade pommitamisel heeliumioonidega.

Käesoleval ajal on tuntud üle kümne einsteiniumi isotoobi, mille massiarvud on 246—256 ja poolestusajad seitsmest minutist kuni poolteise päevani. Ainult isotoopidel 253, 255, 252 ja 254 on poolestusajad vastavalt 20, 40, 140 ja 280 päeva.

Veelgi lühema elueaga on fermiumi isotoobid. Kõige pikema elueaga isotoobi, fermium-253 poolestusaeg ei ületa viit ööpäeva, enamikul ülejäänutel aga kestab ta kolmest kümnendikust minutist kuni kahekümne kahe tunnini.

Mõned fermiumi isotoobid saadi uraani pommitamisel hapnik-16-ioonidega, mis olid kiirendatud tsüklotronil. Fermiumi teised isotoobid saadi kaliforniumi pommitamisel heeliumioonidega.

Vesilahustes käituvad einsteinium ja fermium nagu kolmevalentsed positiivsed ioonid. Üldiselt on einsteinium ja fermium keemilistelt omadustelt sarnased neile eelnevate aktiniidide rea elementidega.



VENE GEENIUSE AUKS

101. MENDELEEVIUM — *Mendelevium* (Md)

Tuumatermodünaamika uurimise ja kõige raskemate aktiniidide süstematiseerimise alusel ennustasid Glass, Thompson ja Seaborg 101. elemendi olemasolu, mille isotoopidel massiarvudega 251—261 peavad olema poolestusajad, mis kestavad mõnest minutist mitme päevani.

Peagi said Chiorso, Seaborg, Thompson, Harvey ja Choppin einsteiniummärklaua pommitamisel tsüklotronil kiirendatud heeliumioonidega elemendi 101 isotoobi massiarvuga 256.

Elemendi 101 isotoop loodi tuumareaktsiooni tulemusena, milles heeliumituum «viidi» einsteinium-253 tuuma. Kaotades ühe neutroni, muutus ta uue elemendi aatomi tuumaks. Nii saadi uue elemendi esimesed seitseteist aatomit. 17 aatomit!

Mis tähendab aga 17 aatomit? Võimatu on valida isegi sobivat võrdlust, et vastata sellele küsimusele selgelt, mis võimaldaks aru saada, kui kaduvalt vähe on ainet, mis

sisaldab eneses niipalju aatomeid. Proovigem siiski vastata.

Kui raua-aatomid, mis sisalduvad nööpnõelapeas, ühtlaselt puistata laiali maakerale, siis langeks maakera iga ruutsentimeetri pinna kohta ... kaks aatomit. Seega langeks 17 aatomit 8,5 või ümardatult 10 cm^2 pinnale, mis ligikaudu võrdub sõrmküünte pindalaga sõrmedel.

Milline on ruumala? Kui palju ainet moodustub 17 aatomist? Et vastata sellele küsimusele, tuleks nööpnõelapea ruumala, s. o. ligikaudu üks kuupmillimeeter, jaotada $5{,}1 \cdot 10^7$ ossa, s. o. 10 ruutsentimeetri suuruste pindalade arvuks, mis mahutatakse maakera pinnale. Ruumala muutuks (matemaatikud võivad selles kergesti veenduda) lõpmata väikeseks.

Selle «mitte millegi», kuid elemendi nr. 101 isotoobi täpselt 17 aatomiga määrati kindlaks uue elemendi olemasolu ja uuriti tema omadusi, eriti poolestusaega, mis oli 3,5 tundi. Niisugune on eksperimentaalse meisterlikkuse fantastiline filigraansus, mida valdavad XX sajandi «aatomialkeemikud».

Võimsad tsüklotronid, vedel heelium, kõige täpsemad kromatograafilise analüüsi meetodid, kõige kaasaegsem ja täiuslikum mikroaparatuur, mille kõige tähtsamad osad võivad kergesti mahtuda vestitaskusse, — kõike seda kasutati 17 aatomi saamisel.

Elemendi nr. 101 ennustamine, seejärel avastamine, õigemini loomine, on inimese võimsuse tõeliseks võiduks loodusjõudude üle, teadusliku ettenägelikkuse ja eksperimentaalse meisterlikkuse täiuslikkuse tõeliseks triumfiks.

Suurima vene keemiku, keemiliste elementide perioodilisuse seaduse geniaalse looja D. I. Mendelejevi auks omistas rühm Ameerika Ühendriikide teadlasi, kes avastasid elemendi nr. 101, üksmeelselt sellele elemendile nimetuse mendeleevium. Nad mitte ainult ei austanud selle nimetusega vene geeniust, vaid rõhutasid Mendelejevi süsteemi väljapaistvat osa, mis on selleks muinasjutuliseks võtmeks, mille abil teadus avastas looduse salaruumid, kus hoiti alal tema aatomiaardeid.



HAJUTATUD KAHTLUSTE ELEMENT

102. MOSKOOVIUM? — *Moskovium* (Ms)?

1957. aasta kevadel teatas rahvusvaheline teadlaste rühm, mille koostisse kuulusid Atterling, Forsling, Holm ja Åström Nobeli Füüsika Instituudist (Rootsi), Milsted ja Bild teadusliku uurimise keskusest aatomienergia alal Harwellis (Inglismaa), Fields ja Friedman Aragoni Rahvuslikust Laboratooriumist (Ameerika Ühendriigid), elemendi 102 isotoobi avastusest.

Element saadi kuurium-244 tuumade pommitamisel süsinik-13-ioonidega, mis olid kiirendatud 225-sentimeetrisel tsüklotronil. Saadi ainult mõni aatom uut elementi. On selge, et elemendi identifitseerimine oli väga raske ja isegi massiarv määrati umbes kas 251 või 253. Element 102 oli muidugi radioaktiivne ja tema poolestusaeg oli umbes 10 minutit.

Nobeli Füüsikainstituudi auks, kus rahvusvaheline teadlaste grupp töötas, «ristiti» «vastsündinu» nobeeliumiks.

Sama aasta sügisel lasti Berkeleys (Ameerika Ühendriigid) käiku raskete osade lineaarne kiirendaja ja rühm teadlasi, koosseisus Chiorso, Seaborg, Sikkeland ja Walton, hakkas kontrollima Stokholmis töötavate teadlaste avastust. Vaatamata elemendi nr. 102 hoolikalt läbiviidud otsingutele niisugustes tingimustes, mis vastasid täpselt rootslaste tingimustele, ei suutnud ameerika teadlased leida elementi nr. 102. Sel viisil panid ameerika teadlaste uurimistulemused rootsi uurijate avastuse kahtluse alla.

1957. aasta sügisel sai Moskvas nõukogude füüsikute kollektiiv G. N. Fljorovi juhendamisel plutoonium-241 tuumade pommitamisel tsüklotronil hapnik-16 kiirendatud ioonidega elemendi nr. 102, mille massiarv oli 253. Saadud element oli alfaaktiivne. Tema poolestusaega mõõdeti sekunditega, igal juhul ei ületanud see ühte minutit. Seega ei kinnitanud Stokholmis saadud tulemusi ka need tööd, mida teostas rühm uurijaid G. N. Fljorovi juhendamisel.

Elemendi olemasolu, mis avastati ühendatud teadlaste rühma poolt Nobeli instituudis, muutus pärast seda rohkem kui kahtlaseks.

1958. aasta aprillis asus juba mainitud ameerika teadlaste rühm uuesti saja teise elemendi loomisele. Raskete osakeste lineaarse kiirendaja abil pommitasid nad küürium-246 tuumi süsinik-12-ioonidega. «Suurtükiväe» rünnaku tulemusena õnnestus neil luua elemendi nr. 102 isotoop massiarvuga 254, mille poolestusaeg oli 3 sekundit. Korrates 1959. aasta algul rootsi teadlaste rühma katseid, said Chiorso, Seaborg, Sikkeland ja Walton elemendi nr. 102 isotoobi massiarvuga 253 ja mille poolestusaega mõõdeti sekunditega ning mis ei ületanud ühte minutit. Need andmed langesid suurepäraselt kokku tulemustega, mida said nõukogude teadlased G. N. Fljorovi juhendamisel.

1959. aastal olid ka «rootslased» ise sunnitud tunnistama, et nende poolt 1957. aastal saadud tulemusi tuleb muuta.

Saadud andmete kirevus, peamiselt aga kümneminutilise poolestusajaga elemendi nr. 102 isotoobi puudumine, millele «rootslased», õieti öelda, omistasidki «nime» nobeelium, muutsid küsimuse selle eksisteerimise kohta ebamääraseks. Situatsiooni ebamäärasus leidis oma peegelduse küsimärgis, mis on paigutatud massiarvu kohale kõrvuti

nobeeliumi sümboliga pärast 1957. a. välja antud elementide perioodilisuse süsteemis.

Küsimuse lahendamine nõudis uusi eksperimente, mis on varustatud uute uurimismeetoditega ja uue tuumarelvaga.

Selleks et luua uus element, on vaja saada aatomituum ühe ühiku võrra suurema laenguga kui kõige viimasel perioodilisuse süsteemi elemendil. Selleks on vaja tuuma, mis on võetud lähteelemendi ehitamisel aluseks, «sisse viia» laeng, mis vastab oletatavale tuumareaktsioonile. Mida suurem on elemendi aatominumber, seda raskem on seda teha. Transuraanid on tavaliselt lühikese elueaga, lagunevad silmapilkselt ning aega, mis on vajalik kulutada selleks, et kindlaks teha perioodilisuse süsteemi uue liikme «isiksus», lihtsalt ei jätku. Ülesanne näib olevat mitte ainult raske, vaid ka lahendamatu. Seda tähelepanuväärsem on edu ja seda suurem panus teadusesse, kui ta siiski lahendatakse.

Niisuguse panuse tuumafüüsikasse tõi 1963. aasta mais rühm Tuumauurimiste Ühendatud Instituudi noori töötajaid — E. A. Donets, V. A. Jermakov ja V. A. Štšegoljov G. N. Fljorovi juhendamisel.

Kiiritades uraani-238 märklauda tugeva osakeste vooga, mis koosnesid neoon-22 ioonidest, mis olid kiirendatud maailma kõige võimsamal Dubna tsüklotronil, МЗИ (mitmelaenguliste ioonide kiirendaja), õnnestus neil luua elemendi 102 kõige raskem isotoop massiarvuga 256. Saadud isotoop on alfaaktiivne. Kiirates alfaosakesi, muundub ta hästituntud elemendiks fermiumiks, mille olemasolu on kõige paremaks tõendiks uue elemendi loomise kohta. Uue elemendi registreeritud lagunemiste arv ületas tunduvalt (üle 700) kõik selle, mis oli saadud varem mitmesuguste uurijate poolt kõikides elemendi 102 isotoopide sünteesikatsetes, kogu aeg, maailma kõikides laboratooriumides.

Uue elemendi poolestusaeg oli kaheksa sekundit. Sel viisil oli veel kord näidatud, et elemendil nr. 102 ei ole pika elueaga isotoope ja olid lõplikult kadunud kahtlused, mille tekitasid «rootslaste» avaldused selle kohta, et elemendi nr. 102 isotoop poolestusajaga 10 minutit eksisteerib.

Küsimus elemendi nimetamise kohta ei ole päris selge. Kui isotoopi, millele anti nimetus nobeelium, ei ole seni-

ajani avastatud, kas elemendi nr. 102 isotoopidel, mis on loodud teistes instituutides ja laboratooriumides, on siis õigust kanda seda nimetust.

Võib-olla ei ole see küsimus oluline. Kas ei ole sisuliselt ükskõik, milline on elemendi nimetus, kas nobeelium, moskoovium või dubnium, või traditsioonide rikkumisel — patsifikus — rahupüüdlik? Asi ei ole muidugi elemendi nimetuses, vaid eesmärgi taotlemises. Tõelistel teadlastel on see aga alati üks — avastuste jätkamine, edasine tungimine mikromaailma saladustesse, mis viib inimese lõpliku võiduni looduse üle.

OTSINGUD JÄTKUVAD!

Artikkel, mis ilmus ajalehtedes ja populaarsetes ajakirjades samaaegselt sensatsioonilise teatega ameerika kosmonaudi Grissomi järjekordsest ebaõnnestunud väljasaatmisest, kes peaaegu oleks uppunud ookeani koos oma kabiiniga, algas sõnadega: «Tähelepanu! Avastati 103. element». Selles teatati, et Kalifornia ülikooli Lawrence'i-nimelises laboratooriumis saadi uus element kalifornium-98 pommitamisel 70 miljoni elektronvoldise energiaga boor-10 ja boor-11 aatomituumadega. Märgiti, et uus element on väga ebapüsiv, tema poolestusaeg on umbes 8 sekundit ja oletatav aatomkaal ei ole üle 257. Teatati ka sellest, et uuele elemendile omistatakse nimi «lavrentsium».

Elemendi «sünnist» on möödunud juba palju aega. Maailmas on toimunud palju silmapaistvaid sündmusi: nõukogude kosmonautide grupilend läbistas kosmost oma laevade trassidega, meeskosmonautide järel tõusis maalähedasse ruumi maailmas esimene naiskosmonaut Nikolajeva-Tereškova, maa kaardile ilmusid uued vabariigid, kes heitsid endalt kolonialismi ahelad.

Arvestame nende teadlaste argumente, kes märgivad, et saja kolmas element, lõpetades aktiivsete elementide rea, on omadustelt analoogiline luteetsiumiga, millega lõpevad lantaanirea elemendid. Kuid pärast luteetsiumi on veel perioodi lõpuni 15 elementi.

Kas pärast saja kolmandat elementi avastatakse veel elemente? Niisugune küsimus esitati selle jutustuse lõpul viimase väljaande ettevalmistamisel. Vastati põiklevalt: otsingud jätkuvad.

Otsinguid kroonis edu. Avastati element nr. 104.

Seekord oli jällegi «relvaks» aatomisuurtükivägi, kuid veelgi raskemate «mürskudega» — neoon-22 tuumadega.

«Aatomiarhitekt» Georg Nikolajevitš Fljorovi poolt läbiviidud arvestus näitas, et plutoonium-242 tuum peab üle minema ergastatud olekusse ning pärast nelja prootoni aurustumist muunduma element nr. 104 raskeks isotoobiks. Teooria ennustas, et tulevase «vastsündinu» eluiga on ainult sekundi murdosa. Sellele lisaks võisid «vastsündinud» tekkida 5—6 tunni möödumisel üksteise järel.

Kasutades maailmas kõige suuremat nõukogude teadlaste ja inseneride poolt loodud paljulaenguliste ioonide kiirendajat, kus on ellu rakendatud originaalne idee otseste mõõtmiste läbiviimiseks vahetult tsüklotroni kambris, milles on tuhandetesse voltidesse ulatuv pinge, tuhandikvoldise tundlikkusega aparatuur ja kus kasutatakse kõige uuemaid meetodeid tuumamuundumiste produktide fikseerimiseks, õnnestus saada esimesed aatomid saja neljandat elementi. Seejärel aga saadi tervelt sada viiskümmend aatomit.

Tuumauurimiste Ühendatud Instituudi tuumareaktsioonide laboratooriumis (Dubna linn) ilmale tulnud «vastsündinu» «passiandmed» on järgmised: 104. elemendi isotoop, aatomkaal 260, eluiga 0,3 sekundit, tekib kiirusega üks aatom 5 tunni jooksul plutoonium-242 pommitamisel neoon-22 kiirendatud tuumadega. Sünniaasta — 1964, sünnikoht — Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liit. Mis on uue elemendi nimi? Kõik ettepanekud märgib G. N. Fljorov oma märkmikku. Neid uuritakse hoolikalt.

Me ei hakka tegema oletusi selle suure avastuse võimalikest tulemustest. Aeg toob meile uusi andmeid ja uusi õnnestumisi. Otsingud jätkuvad.

Võib veendunult öelda, et perioodilisuse süsteemis on veel üks element rohkem ning vana kujutus selle kohta, et maksimaalselt võib olla ainult sada kolm elementi, ei pidanud katsumustele vastu.

* *
*

«Kas Maal või universumis avastatakse veel uusi keemilisi elemente?» küsib lugeja. Niisuguseid prognoose püstitada või arutada olemasolevaid arvamusi ei kuulu autorite ülesande juurde, kuigi võib märkida, et vastavalt teostatud arvestustele väheneb raskete aatomituumade püsivus suhte $\frac{Z}{A}$ kasvamise järgi, kus Z on aatomi järje-

korranumber ja A on selle massiarv. Selle suhte piirväärtus (kriitiline väärtus), millal tuum muutub ebapüsivaks, on lähedane 40, mis vastab elemendile aatominumbriga 100. On ilmne, et suuremate numbritega aatomid on veelgi ebapüsivamad. Nagu lugeja märkas, ühtivad teoreetilised arvutused hästi eksperimentaalsete andmetega.

Jutustades (kuivõrd õnnestunult — seda otsustagu lugeja) käesoleval ajal tuntud elementidest, tahaksime vastata eespool püstitatud küsimusele perioodilisuse süsteemi looja sõnadega, mis ta ütles 1905. aastal oma lapse aadressil: «... perioodilisuse süsteemi ei ähvarda tulevikus purustused, vaid ainult juurdeehitused ja arenemine.»

ISIKUNIMEDE REGISTER

A

Abelson 257, 406
Adams 407
Agricola 368
Albertus Magnus 180
Aleksander Severus 109
Allison 373, 374, 381
Anaksimandros 76
Anaksimenes 10
Andrejev 80, 340
Anossov 212
Aragan 41
Ardenne 179
Arfvedson 51
Aristoteles 11, 357
Arrhenius, Karl 202, 304, 313
Artakserkses 98
Astapovitš 157
Aston 259
Ångström 424
Atterling 424
Auer von Welsbach 278, 284, 290, 314, 316
Ava 335
Avdejev 55

B

Bacon 346
Baker 94
Balard 188
Barriére 216
Barringer 157
Bartlett 259
Basilius Valentinus 128, 248, 268
Bayen 83
Becquerel 384, 385, 386, 387
Bedisuiolli 41
Beketov 24, 113
Berens 354
Bernert 374
Berzelius 95, 113, 185, 207, 222, 223, 272, 277, 304, 393
Berthelot 46
Bessel 119
Bethe 39, 292
Bild 424
Biringucci 151
Birkeland 79
Bisi 41
Bohr 217

Borovikovski 69
Bosch 80
Boyle 15, 16, 37, 116
Brand 116
Brauner 284, 289
Brinton 290
Brodovski 160
Browne 421
Bunsen 30, 31, 51, 191, 260, 283
Butlerov 24
Bussy 55

C

Caboto 238
Cascarollo 384
Cavendish 37, 38, 131
Chadwick 56
Chansel 118
Chaptal 77
Charles 41
Cherer 304
Chiorso 412, 414, 417, 421, 422, 425
Choppin 422
Claus 222
Clemenceau 348
Cleve 284, 308, 310, 312
Clodt 243
Cork 290
Corson 374
Cortes 337, 345
Coryell 293
Coster 318
Courtois 256
Crane 415
Cranston 381
Grawford 193
Cronstedt 163, 277
Crookes 46, 360
Cunningham 415
Curie, M. 370, 371, 387, 389, 415
Curie, P. 370, 371, 386, 387, 400, 415

D

Dalton 287, 288
Davy 94, 95, 99, 136, 139, 168, 194, 216, 264, 328
Debierne 390
Defoe 170
Delafontaine 297
De la Rue 45
Dellinger 290
Demarcay 214, 301
Deville 102
Diamond 421
Dioskorides 121, 180, 357
Dobroserdov 381
Dolejšek 327
Donets 426
Dorn 376
Druce 327
Dzabir ibn Haian 122

E

Eder 290
Ehrlich 183
Einstein 421
Ekeberg 202, 320
d'Elhujar 324
Empedokles 11
Engels 177, 345, 360, 407
Erdmann 272
Eyde 79
Eyring 412

F

Falconet 243
Fedotjev 103
Fermi 421
Fernandes 290
Ferrero 41
Fersman 21, 89, 107, 117, 124, 194, 255, 284, 393
Fields 421, 424
Flint 313
Fljorov 400, 424, 429
Forsling 424
Fosh 348
Freit 308
Fried 391, 421
Friedman 424
Friend 380
Furier 369

G

Gadolin 202, 302, 415
Gauss 226, 276
Gay-Lussac 59, 87, 113

Gehlen 183
Gerling 158
Giese 136, 338
Gilbert 95
Glass 422
Glauber 125, 128
Glendenin 293
Gluhhov 354
Goldschmith 217
Goronovski 203
Gregor 143
Gribojedov 70
Grissom 428
Grosse 397
Groves 410

H

Haber 80, 348, 349
Haddin 290
Hadrianus 109
Hagemann 391
Hahn 219, 374, 396
Hall 102
Hankwitz 116, 117
Harris 290
Harvey 422
Hata 183
Hatchett 209, 320
Hatšepsut 109
Hegel 407
Heirovsky 327, 328
Henckel 173
Herakleitos 10
Hermann 216, 328
Hermogen 170
Heroult 102
Hess, G. 136
Hess 381
Hevesy 291, 292, 318
Hildebrand 46, 278
Hirsch 421
Hisinger 272, 277
Hjelm 211
Holm 424
Homeros 121, 123
Hope 193
Hopkins 290
Hruštšov 71
Huizenga 421
Hulubei 380, 381
Humboldt 337
Hunter 144

I

Inostrantsev 337
Ivanenko 25
Ivanov 246

J

James 290, 412, 414
Janssen 45, 46
Jermakov 426
Jones 118
Joliot-Curie, I. 28
Joliot-Curie, F. 28, 371

K

Kablukov 246
Kankrin 222
Karamõšev 67
Karlik 374
Katariina II 353
Katsuragi 204
Katz 290
Kaye 203
Kayser 47
Kern 216, 328
Kirchhoff 31, 32, 191, 260, 283
Kirchmeyer 116
Kirov 117
Kiwss 290
Klaproth 143, 193, 252, 277, 398
Knorre 119
Knox, G. 87
Knox, T. 87
Koblik 406, 408
Komar 246
Kossobrjuhhov 240
Kossuhhin 343
Kraft 116
Kroisos 139
Ksenofanes 10
Kulepetov 81
Kulik 157
Kunckel 116
Kurbatov 292
Kröösus 139

L

Labuntsov 117
Laby 203
La Fontaine 348

Lavoisier 16, 38, 77, 83, 268
Lawrence 219
Laxmann 125
Leblanc 125
Lecoq de Boisbaudran 175, 176, 297
Lehmann 149
Leibnitz 116
Lenin 24, 125, 296, 342, 343
Leverrier 407, 409
Lewis 184
Libby 74, 292
Liebig 188
Lille 387
Livingood 257
Lockyer 45, 46
Lodõgin 394
Lomonossov 16, 54, 110, 149, 173, 268, 356
London 352
Loring 327, 381
Louvet 87
Lovits 72, 193
Low 292
Lowell 409

M

MacKenzie 374
Makedoonia Aleksander 229, 230
Manking 214
Manning 421
Marggraff 117
Marignac 283, 302, 312, 313
Marinsky 293
Markovnikov 246
Marsh 182, 290
Mattauch 218
Matthews 403
Matthiessen 51
Maurer 219
McMillan 406
Mech 421
Meitner 396
Mendelejev 17, 20, 102, 141, 142, 175, 176, 177, 189, 197, 216, 242, 284, 328, 334, 370, 373, 379, 389, 396, 402, 416, 423
Mero 153
Meyer 381
Miers 46
Milsted 424
Miuake 204
Moissan 70, 71, 91
Molestrud 346
Monomahh 353
Moor 220
Morgan 412
Mosander 272, 283, 304, 305, 309
Možžuhhin 169
Motorin 243
Mussin-Puškin 338
Muthman 297
Müller von Reichenstein 252

N

Napoleon I 181
Napoleon III 102
Nazarenko 203
Nebukadnetsar 362
Nekrjatš 203
Nernst 80
Newton 30
Nickles 87
Nilson 141, 142
Noakes 179
Noddack, I. 217, 291, 327
Noddack, W. 217, 218, 290, 327
Nordenskiöld 46
Norton 278

O

Oersted 101, 369
Ogawa 217
Olbers 226, 277
Orfila 183
Orlov 233
Osann 222
Oštšepkov 261

P

Pallas 157
Paracelsus 37, 128
Paneth 381
Papish 380
Parker 219
Peary 157
Péligot 398
Perey 382
Perlman 415
Perrier 219
Peterson 391
Petrov 41
Petržak 400

Piazolli 41
Piazzi 276
Pirogino 41
Plantin 169
Plinius Vanem 108, 109, 123, 151
Polkanov 158
Ponizovski 382
Pool 292
Popov 113
Pott 368
Prandtly 218, 290
Prelatti 346
Preobraženski 135
Presnjakov 353, 371
Priestly 37, 76, 82, 83, 123, 128
Puškin 67
Pyle 421

Q

Quill 292

R

Raffi 249
Ramm 219
Rang 216
Ramsay 46, 47, 92, 130, 189, 258, 376, 403
Rayleigh 130
Reich 242
Retz 346
Richter 242
Riesenfeld 85
Rolla 290
Roscoe 147
Rose 210
Rutherford, D. 76
Rutherford, E. 28, 219, 376
Röntgen 310, 385

S

Salomatov 235
Salutsky 391
Samarski 296
Saruhashi 204
Sauria 118
Scheele 77, 83, 128, 211
Schmidt 44
Schönbein 85
Schwab 85
Scott 246
Seaborg 257, 298, 409, 412, 414, 417, 418, 421, 422, 425
Secchi 45
Sefström 147
Segre 219, 292, 374
Selkirk 170
Semiramis 362
Sesostris III 75
Severgin 54
Sikkeland 425
Sklodowska-Curie 370, 386, 389, 394, 400, 416
Smith 182, 394, 421
Snefru 75
Solis 238
Soret 308
Spence 421
Starik 158
Stepanov 307
Stites 391
Stromeyer 240
Stone 391
Stišov 113
Strassmann 219
Street 419
Studier 421
Svertškov 170

Š

Štšegoljov 426
Štšukarev 218
Šuvalov 110

Z

Zachariasen 391
Zelinski 73
Zeppelin 41
Zubova 119
Zvjagintsev 340

Ž

Žerebtsov 124

T

Tacke, I. 217, 327
Takvorian 290, 295
Tales Mileetosest 10

Tassaert 149
Temistokles 98
Tennant 67, 331, 332
Terner 374
Thenard 59, 87, 113
Thompson 417, 422
Threlfall 48
Timirjazev 99
Titius 276
Tsiolkovski 85, 144
Tsvet 273
Tšernjajev 340
Tšernõševski 106
Tširvinski 71
Tšohhov 243
Tšugajev 340
Tutmosis II 344

U

Urbain 314, 315, 316, 318

V

Van Marum 85
Vauquelin 54, 55, 149, 278
Venshon 346
Vereštšagin 113, 118
Vernadski 62
Vinogradov 158
Vinogradski 78
Vitali 174
Vitruvius 363

W

Wainer 380
Walker 118
Wallmann 415
Walton 425
Watson 337
Werner 415
Westrum 412
Winkler 177
Wollaston 224, 226
Wood 33
Wu 219, 292
Wöhler 55, 101, 203

Y

Yntema 290

SISUKORD

Eessõna eestikeelsele väljaandele 3
Lugejale 5
Vene keemiku suur seadus 7
Aatomi ehitus 23
Meist, teadlastest 30
Maailmahoone alusmüürid 35
Tulest sündiv ... vesi. 1. Vesinik — *Hydrogenium* (H) . . . 37
Ta leiti päikesel. 2. Heelium — *Helium* (He) 44
Kõige kergem metall. 3. Liitium — *Lithium* (Li) 51
Magusa «mulla» metall. 4. Berüllium — *Beryllium* (Be) . . 54
Taimed ei õitse temata. 5. Boor — *Borum* (B) 56
Miljonär. 6. Süsinik — *Carboneum* (C) 61
Temata ei ole elu. 7. Lämmastik — *Nitrogenium* (N) . . . 76
Kõige enam levinud element. 8. Hapnik — *Oxygenium* (O) . . 82
Purustava toimega element. 9. Fluor — *Fluorum* (F) . . . 87
Uus element vanade hulgas. 10. Neoon — *Neon* (Ne) . . . 92
Vees ujuv metall. 11. Naatrium — *Natrium* (Na) 94
Tuletikuleegis põlev element. 12. Magneesium — *Magnesium* (Mg) 98
Sotsialismi metall. 13. Alumiinium — *Aluminium* (Al) . . . 101
Eluta looduse alus. 14. Räni — *Silicium* (Si) 107
Valguskandja. 15. Fosfor — *Phosphorus* (P) 114
Vulkaanijumala sapp. 16. Väävel — *Sulfur* (S) 121
Soolatoosi peitupugenud mõrvar. 17. Kloor — *Chlorum* (Cl) . . 127
Täpsuse triumf. 18. Argoon — *Argon* (Ar) 130
Viljakuse element. 19. Kaalium — *Kalium* (K) 134
Ta on hoonetes ja ... luudes. 20. Kaltsium — *Calcium* (Ca) 137
Mendelejevi geeniuse teine tunnistaja. 21. Skandium — *Scandium* (Sc) 141
Tulevane titaan. 22. Titaan — *Titanum* (Ti) 143
Autometall. 23. Vanaadium — *Vanadium* (V) 146
Kõige kõvem metall. 24. Kroom — *Chromum* (Cr) 149
Terase ja malmi ustav kaaslane. 25. Mangaan — *Manganum* (Mn) 151
Kus veri, seal ka raud. 26. Raud — *Ferrum* (Fe) 155
Imepäraste sulamite metall. 27. Koobalt — *Cobaltum* (Co) . . 160
Vale vask. 28. Nikkel — *Niccolum* (Ni) 163
Kõige vanemaid ja kasulikumaid metalle. 29. Vask — *Cuprum* (Cu) 166
Kaotatud ja uuesti leitud metall. 30. Tsink — *Zincum* (Zn) . . 172

Mendelejevi geeniuse esimene tunnistaja. 31. Gallium — *Gallium* (Ga) 175
Perioodilisuse süsteemi triumf. 32. Germaanium — *Germanium* (Ge) 177
«Hiiremürk». 33. Arseen — *Arsenicum* (As) 180
«Kuuelement». 34. Seleen — *Selenium* (Se) 185
Fotokunsti element. 35. Broom — *Bromum* (Br) 187
Varjatud gaas. 36. Krüptoon — *Krypton* (Kr) 189
Tumepunane hellik. 37. Rubiidium — *Rubidium* (Rb) . . . 191
Metall, milles peitub oht inimkonna saatusele. 38. Strontsium — *Strontium* (Sr) 193
Metall, mis ähvardab ookeanide rahvastikku. 39. Ütrium — *Yttrium* (Y) 202
Kõrgete temperatuuride tehnika metall. 40. Tsirkoonium — *Zirconium* (Zr) 206
Kas Niobe või Kolumbus? 41. Nioobium — *Niobium* (Nb) . . 209
Samuraide mõõkade saladus. 42. Molübdeen — *Molybdaenum* (Mo) 211
«Väljasurnud» ja inimese poolt uuesti loodud metall. 43. Tehneetsium — *Technetium* (Tc) 216
Plaatina kaaslane. 44. Ruteenium — *Ruthenium* (Ru) . . . 222
Veel üks plaatina kaaslane. 45. Roodium — *Rhodium* (Rh) . . 224
Vingugaasi olemasolu hoiataja. 46. Pallaadium — *Palladium* (Pd) 226
Makedoonia Aleksandri sõjameeste haiguse saladus. 47. Hõbe — *Argentum* (Ag) 229
Neutronite «õgija». 48. Kaadmium — *Cadmium* (Ca) . . . 239
Missugune peegel on parem? 49. Indium — *Indium* (In) . . 241
Metall, mis põeb ... katku. 50. Tina — *Stannum* (Sn) . . . 243
Stahlhauseni kloostri kloostriülema eksitus. 51. Antimon — *Stibium* (Sb) 248
Paradoksaalne kuld. 52. Telluur — *Tellurium* (Te) 252
Haiguste vältija. 53. Jood — *Jodum* (I) 255
Endine inertne gaas. 54. Ksenoon — *Xenon* (Xe) 258
Metall, mida võib sulatada peopesal. 59. Tseesium — *Cesium* (Cs) 260
Arstide abiline. 56. Baarium — *Barium* (Ba) 264
Lantaani perekonna «esivanem». 57. Lantaan — *Lanthanum* (La) 267
Astronoomi edusammude mälestuseks. 58. Tseerium — *Cerium* (Ce) 276
Lantaanirea roheline element. 59. Praseodüüm — *Praseodymium* (Pr) 283
Uus element. 60. Neodüüm — *Neodymium* (Nd) 286
Rahu nimel. 61. Promeetium — *Promethium* (Pm) 289
Tuttava kõlaga sõna. 62. Samaarium — *Samarium* (Sm) . . 296
Lantaniidide kõige kergem element. 63. Euroopium — *Europium* (Eu) 300
Soome keemiku auks. 64. Gadoliinium — *Gadolinium* (Gd) . . 302
Ytterby küla auks. 65. Terbium — *Terbium* (Tb) 304
Ligipääsmatu element. 66. Düsproosium — *Dysprosium* (Dy) 306
Kasutamata element. 67. Holmium — *Holmium* (Ho) . . . 308
Veel kord Ytterby küla auks. 68. Erbium — *Erbium* (Er) . . 309
Skandinaavia poolsaare auks. 69. Tuulium — *Thulium* (Tu) . . 310

Jälle ajaloolise Ytterby küla auks. 70. Üterbium — *Ytterbium* (Yb) 313
Viimane lantaniidide perekonnas. 71. Luteetsium — *Lutetium* (Lu) 315
Tsirkooniumi kaaslane. 72. Hafnium — *Hafnium* (Hf) . . . 318
Kirurgide metall. 73. Tantaal — *Tantalum* (Ta) 320
Kõige raskemini sulav metall. 74. Volfram — *Wolfram* (W) 323
Leid aheraines. 75. Reenium — *Rhenium* (Re) 327
Raskekaaluline metall. 76. Osmium — *Osmium* (Os) . . . 330
Pariisi meridiaadi hoidja. 77. Iriidium — *Iridium* (Ir) . . . 332
Keemialaboratooriumide metall. 78. Plaatina — *Platinum* (Pt) 336
Inimeste higi, pisarate ja vere metall. 79. Kuld — *Aurum* (Au) 341
Hõbedane vesi. 80. Elavhõbe — *Hydrargyrum* (Hg) 356
«Roheline oks». 81. Tallium — *Thallium* (Tl) 360
Veel üks muistse aja metall. 82. Plii — *Plumbum* (Pb) . . . 362
Kergesti sulava sulami metall. 83. Vismut — *Bismuthum* (Bi) 367
Poola auks. 84. Poloonium — *Polonium* (Po) 370
Ebapüsiv element. 85. Astaat — *Astatine* (At) 373
Raskekaaluline gaas. 86. Radoon — *Radon* (Rn) 376
Üks lühikese elueaga elementidest. 87. Frantsium — *Francium* (Fr) 379
Abielupaar Curie geniaalne avastus. 88. Raadium — *Radium* (Ra) 384
Perspektiivitu element. 89. Aktiinium — *Actinium* (Ac) . . . 390
Teise nooruse üleelanud element. 90. Toorium — *Thorium* (Th) 393
Aktiiniumi «esivanem». 91. Protaktiinium — *Protactinium* (Pa) 396
Rahutuste ja lootuste kehastus. 92. Uraan — *Uranum* (U) . . 398
Veel üks ekskurss astronoomia ajalukku. 93. Neptuunium — *Neptunium* (Np) 406
Tuumakütus. 94. Plutoonium — *Plutonium* (Pu) 409
Uue maailma auks. 95. Ameriitsium — *Ameritium* (Am) . . 412
Abielupaar Curie' kangelasteo mälestuseks. 96. Kuurium — *Curium* (Cu) 414
Aktiniidide kodumaa auks. 97. Berkeelium — *Berkelium* (Bk) 417
Ülikooli ja osariigi auks. 98. Kalifornia — *Californium* (Cf) 419
Termotuumaplahvatuse esiklaps. 99. Einsteinium — *Einsteinium* (Es) 420
100. Fermium — *Fermium* (Fm) 420
Vene geeniuse auks. 101. Mendelevium — *Mendelevium* (Md) 422
Hajutatud kahtluste element. 102. Moskoovium? — *Moskovium* (Ms)? 424
Otsingud jätkuvad! 428
Isikunimede register 430

Таубе Петр Рейнгольдович

Руденко Евгений Иванович

ОТ ВОДОРОДА
ДО . . ?

На эстонском языке

Оформление Э. Тали

Издательство «Валгус»

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja J. Metsar. Kunstiline toimetaja H. Keigo. Tehniline toimetaja E. Toivere. Korrektorid V. Kask ja H. Kull.

Ladumisele antud 31. III 1966. Trükkimisele antud 27. V 1966. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 27,5. Tingtrükipoognaid 23,1. Arvestuspoognaid 22,06. Trükiarv 10 000. Tellimise nr. 2296. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk. t. 2.

Trükipaber nr. 2 — Kohila Paberivabrik.

Hind 76 kop.

2—5—1

Pra

Ing Brigit Lorez
Karin Barber
Fod Glaudio Leistopba
Veronika Perina
Akbarov
Debora Cottin Ing
Ei Denis Bilma (prof)

76 kop.