

LINGUURA
CARE
DISPARE

Titlul original al acestei cărți este *Disappearing Spoon And Other True Tales of Madness, Love, and the History of the World from The Periodic Table of Elements* de Sam Kean.

**Copyright © 2010 by Sam Kean
All rights reserved.**

© Publica, 2019, pentru ediția în limba română

Toate drepturile rezervate. Nicio parte din această carte nu poate fi reprodusă sau difuzată în orice formă sau prin orice mijloace, scris, foto sau video, exceptând cazul unor scurte citate sau recenzii, fără acordul scris din partea editorului.

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
KEAN, SAM**

Lingura care dispare : și alte povestiri adevărate de nebunie, dragoste și istorie a lumii din tabelul periodic al elementelor / Sam Kean ; trad. din engleză de Constantin Vlad. - București : Publica, 2019

Conține bibliografie
ISBN 978-606-722-343-9

I. Vlad, Constantin (trad.)

821.111

EDITORI: Cătălin Muraru, Silviu Dragomir

DESIGN: Alexe Popescu

REDACTOR: Laura Davidescu

CORECTORI: Paula Rotaru, Liliana Duță

DTP: Florin Teodoru

CUPRINS

Introducere	9
-------------------	---

Partea întâi

Orientare: coloană cu coloană, rând cu rând

1. Geografia e destin	19
2. Aproape gemeni și oi negre – genealogia elementelor	43
3. Galapagosul tabelului periodic	61

Partea a doua

Facerea atomilor, desfacerea atomilor

4. De unde vin atomii: „Suntem toți pulbere de stele”	83
5. Elemente în vremuri de război	103
6. Completăm tabelul cu un... bang	123
7. Mărirea tabelului, extinderea Războiului Rece	143

Partea a treia

Confuzii periodice: apariția complexității

8. De la fizică la biologie	165
9. Galeria otrăvitoare: „Au-au”	185
10. Ia două elemente și sună-mă dimineață	203
11. Cum ne păcălesc elementele	225

Partea a patra

Elementele de caracter uman

12. Elemente politice	243
13. Elemente monetare	265
14. Elemente artistice	285
15. Un element de nebunie	305

Partea a cincea

Știința elementelor: prezent și viitor

16. Chimie mult, mult sub zero	329
17. Sfere ale splendorii: știința bulelor	349
18. Instrumente ridicol de precise	371
19. Mai presus (și dincolo) de tabelul periodic	393
Aprecieri și mulțumiri	411
Note și erate	415
Bibliografie	461
Despre autor	465

O conversație cu Sam Kean	467
Întrebări și subiecte de discuție	473
Top 5 elemente favorite ale lui Sam Kean	477
Sugestiile lui Sam Kean pentru lecturi suplimentare	481



Introducere



În copilărie, pe la începutul anilor 1980, aveam tendința să vorbesc cu gura plină – cu mâncare, cu aspiratorul dentistului, cu baloane pe care le umflam și, deschizând gura, le pierdeam; cu de toate – iar dacă nu era nimeni prin preajmă, eu tot vorbeam. Acest obicei a dus la fascinația mea față de tabelul periodic, când am fost lăsat pentru prima oară singur cu un termometru sub limbă. În clasele a doua și a treia am făcut vreo douăsprezece infecții în gât, de fiecare dată cu dureri la înghițire pentru zile în șir. Nu mă deranja să lipsesc de la școală și să mă tratez singur cu înghețată de vanilie și cu sos de ciocolată. Totodată, boala mi-a dat mereu încă o ocazie de a sparge câte un termometru clasic, cu mercur.

Șezând pe marginea patului, cu bețișorul de sticlă sub limbă, răspundeam cu voce tare unei întrebări închipuite, iar termometrul îmi aluneca din gură și se spargea pe dușumea, mercurul lichid din el împrăștiindu-se ca niște biluțe de rulant. În nici un minut, mama îngenunchea pe podea, în pofida șoldului ei artritic, și începea să adune biluțele. Folosea o scobitoare ca pe o crosă de hochei cu care mâna micile sfere una către cealaltă până când aproape se atingeau. Deodată, la un impuls final, o sferă devora o alta. O singură sferă aproape

perfectă șede tremurândă pe locul în care fuseseră două. Mama repeta iar și iar acest truc magic, biluță cu biluță, până reconstitua întreaga bilă argintie.

Odată ce aduna tot mercurul, lua o sticlută de medicamente din plastic verde, pe care o păstra pe-un raft al dulapului cu mărunțișuri din bucătărie, între un ursuleț cu undiță și o cană ceramică albastră de la o reuniune de familie din 1985. Apoi rostogolea bila într-un plic și turna în sticlă, cu grijă, cea mai recentă recoltă de mercur, cam cât o alună. Uneori, înainte de a ascunde sticla, scotea în capac argintul-viu și ne lăsa pe mine și pe frații mei să privim cum se mișcă metalul futurist, despărțindu-se și reunindu-se mereu fără cusur. Îmi părea rău de copiii ai căror mame se temeau de mercur atât de tare încât nici nu-i lăsau să mănânce ton. Alchimiștii medievali, în pofida pasiunii lor pentru aur, priveau mercurul drept cea mai poetică și mai puternică substanță din univers. În copilărie aș fi fost de acord cu ei. Aș fi crezut chiar, aidoma lor, că transcende stările banale clasice – lichid sau solid, metal sau apă, rai sau iad; că e sălaș pentru spirite nelumești.

Aveam să aflu mai târziu că mercurul se comportă astfel deoarece este un singur element. Spre deosebire de apă (H_2O) sau de bioxidul de carbon (CO_2), ori de aproape orice altceva am întâlni în viața cotidiană, nu poți separa natural mercurul în unități mai mici. De fapt, mercurul este unul dintre cele mai sectare elemente: atomii săi vor să se întovărească numai cu alți atomi de mercur și caută să minimizeze contactul cu lumea exterioară ghemuindu-se într-o sferă. Majoritatea lichidelor pe care le-am vărsat când eram mic nu erau așa. Apa se împrăștia peste tot, la fel ca uleiul, oțetul sau pelteaua neînchegată. Mercurul nu lăsa niciodată vreo urmă. Părinții m-au avertizat mereu să mă încălț de câte ori sparg termometrul, pentru a nu-mi intra în picioare acele cioburi

de sticlă invizibile. Dar nu-mi amintesc vreun avertisment legat de mercurul slobod.

Am urmărit multă vreme elementul 80, la școală și în cărți, cam cum urmăresc unii în ziare numele unui prieten din copilărie. Eu sunt din Great Plains și am învățat la orele de istorie că Lewis și Clark au străbătut Dakota de Sud și restul teritoriului Louisianei cu un microscop, busole, sextante, trei termometre cu mercur și alte instrumente. Ce n-am știut la început este că ei au avut asupra lor și 600 de laxative cu mercur, fiecare de patru ori mai mare decât o tabletă de aspirină obișnuită. Laxativele purtau numele „Dr. Rush’s Bilious Pills”, după Benjamin Rush, cosemnatar al Declarației de Independență și medic-erou pentru faptul de a fi rămas cu vitejie în Philadelphia pe vremea unei epidemii de febră galbenă, în 1793. Tratamentul său favorit, indiferent de boală, era clorura de mercur, o substanță măloasă, administrată oral. În ciuda progreselor făcute de medicină între anii 1400 și 1800, doctorii acelei vremi erau mai degrabă vraci decât medici. Printr-un soi de vrajă compătimitoare, ei au ajuns la concluzia că frumosul și ispititorul mercur poate vindeca bolnavii dacă-i trece printr-o criză urâtă – otrava combătută cu otravă. Doctorul Rush își obliga pacienții să înghită substanța până când băleau necontrolat, iar aceștia pierdeau frecvent dinți și păr după mai multe săptămâni sau luni de „tratament” neîntrerupt. Fără îndoială, „leacul” său a otrăvit sau a ucis de-a dreptul o mulțime de oameni pe care febra galbenă poate i-ar fi cruțat. Chiar și așa, după ce și-a perfecționat tratamentul în Philadelphia, zece ani mai târziu, Rush i-a trimis în lume pe Meriwether și pe William cu câteva mostre preambalate. Ca efect secundar pozitiv, pilulele doctorului Rush au permis arheologilor contemporani să identifice locurile în care au campat exploratorii. Date fiind hrana bizară și apa

dubioasă întâlnite de ei în sălbăticie, cineva era mereu lovit de pântecăraie și, chiar și azi se întâlnesc depozite de mercur în multe locuri în care gașca lor a săpat latrine, poate și după ce „căcăstoarele” doctorului Rush au funcționat un pic cam prea bine.

Mercurul a apărut și în cursul orelor de științe. Prima oară când am făcut cunoștință cu amalgamul tabelului periodic am căutat mercurul și nu l-am putut găsi. Dar era acolo – între aur, care, de asemenea este dens și moale, și taliu, care este toxic. Însă simbolul mercurului, Hg, este alcătuit din două litere care nici măcar nu apar în numele lui. Descifrarea misterului – vine din latinescul *hydrargyrum*, însemnând „argint apos” – m-a ajutat să înțeleg cât de puternic a fost influențat tabelul periodic de mitologii și limbi antice, ceva ce încă se poate observa la denumirile latinești ale elementelor supergrele, mai noi, de pe rândul de jos.

Mercurul a mai apărut și în orele de literatură. Pălărierii foloseau odinioară un soi de mercur de culoare portocaliu-aprins la separarea pieii de blană, iar pălărierii obișnuiți, care se învârteau prin preajma cazanelor lor aburinde, precum cel nebun din *Alice în Țara Minunilor*, își pierdeau treptat părul și mințile. Într-un târziu mi-am dat seama cât de toxic este mercurul. Ceea ce explica de ce hapurile doctorului Rush curățau mațele atât de bine: organismul caută să se lepede singur de orice otravă, inclusiv de mercur. Și oricât de toxic ar fi mercurul înghițit, vaporii inhalați sunt mai răi. Aceștia pârlesc „firele” care alcătuiesc sistemul nervos central și găuresc creierul, având un efect similar cu maladia Alzheimer.

Dar, pe măsură ce învățam mai multe despre nocivitatea mercurului, pe atât eram mai atras de frumusețea lui distructivă – ca în poezia „Tigrul” a lui William Blake. În

timp, părinții mei au reamenajat bucătăria și s-au debarasat de dulăpiorul cu cana și cu ursulețul, dar au păstrat toate mărunțișurile într-o cutie de carton. În cursul unei vizite recente am scos la iveală sticluța verde și am deschis-o. Agitând-o ușor, am simțit greutatea dinăuntru rostogolindu-se. Când am privit înăuntru, ochii mi s-au fixat pe micile părți desprinse din bila centrală. Ședeau acolo, strălucind, ca niște stropi de apă atât de perfecți cum nu pot exista decât într-o fantezie. În întreaga mea copilărie am asociat mercurul cu febra. De astă dată, cunoscând simetria înfricoșătoare a minusculelor sfere, m-a luat cu fiori.

* * *

De la acel singur element am învățat istorie, etimologie, alchimie, mitologie, literatură, criminologia otrăvurilor și psihologie.¹ Și n-au fost singurele istorisiri despre elemente pe care le-am cules, mai ales după ce m-am adâncit în studiul științelor pe timpul facultății, găsind câțiva profesori care abandonau bucuroși studiul sec în favoarea unei bârfe științifice savuroase.

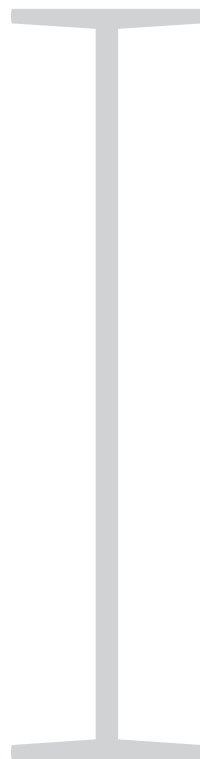
M-am specializat în fizică și speram să scap de laborator pentru a mă dedica scrisului, simțindu-mă jalnic printre tinerii savanți în devenire, serioși și înzestrați, cu care participam la cursuri și care adorau experimentele empirice într-un fel de care eu n-am fost niciodată în stare. Am îndurat cinci ani glaciali în Minnesota și am obținut masterul în fizică, dar, în pofida faptului că am petrecut sute de ore în laboratoare, că am memorat mii de ecuații și am desenat zeci de mii de diagrame cu scripeți și rampe fără frecare, adevărata mea educație a venit din snoavele profesorilor. Povești despre Gandhi și Godzilla și despre un eugenist care a folosit germaniu pentru

a fura un Premiu Nobel. Despre omorât pești prin aruncarea în apă a unor bucăți de sodiu exploziv. Despre oameni care se sufocau, destul de senini, respirând azot la bordul navelor spațiale. Despre un fost profesor din campusul meu care făcea experimente cu un stimulator cardiac alimentat cu plutoniu – *implantat în pieptul lui* –, accelerându-l și încetinindu-l prin acordarea unor bobine electromagnetice gigantice.

Culegeam astfel de istorisiri și, recent, pe când mă gândeam la mercur în cursul unui mic dejun, mi-am dat seama că există o povestioară nostimă sau bizară, ori una terifiantă, asociată fiecărui element din tabelul periodic. Totodată, tabelul în sine este una dintre cele mai importante realizări intelectuale ale omenirii. Este atât o izbândă științifică, cât și o carte de povești, iar eu am scris această carte pentru a-i expune toate straturile, unul câte unul, la fel cum ilustratele în secțiune dintr-un manual de anatomie prezintă aceeași poveste la adâncimi diferite. Concret, tabelul periodic cataloghează toate tipurile de materie cunoscute în univers, cele circa 100 de personaje ale căror firi încăpățânate au dat naștere la tot ceea ce putem vedea și atinge. Forma tabelului ne oferă indicii științifice despre felul în care aceste firi se adună una cu alta în mulțimi. La o analiză ceva mai complicată, tabelul periodic codifică tot soiul de informații de bază despre originea oricărui fel de atom – și despre ce atomi se pot diviza sau transforma în atomi diferiți. Prezice chiar și ce grupe de elemente infame pot cotonogi sau distruge lucrurile vii.

În fine, tabelul periodic este o minune antropologică, un vestigiu uman care reflectă toate aspectele superbe, artistice și odioase ale fapturilor omenești și ale felurilor în care interacționăm cu lumea fizică – istoria speciei noastre, scrisă într-un document compact și elegant. Merită să fie studiat pe fiecare dintre aceste niveluri, începând cu cel de bază și

continuând treptat cu cele mai complexe. Și, dincolo de faptul că ne distrează, poveștile tabelului periodic constituie un mijloc de a-l înțelege pe care nu-l găsim în cărțile și în manualele de laborator. Mâncăm și respirăm tabelul periodic; oamenii pariază și pierd sume uriașe pe marginea lui; filosofi îl folosesc pentru a sonda însemnătatea științei; otrăvesc oameni; naște războaie. Între hidrogenul din stânga-sus și imposibilitățile create de om, ascunse jos de tot, putem găsi bule, bombe, bani, alchimie, politici meschine, istorie, otravă, crimă și dragoste. Chiar și ceva știință.



Partea întâi

**Orientare: coloană cu
coloană, rând cu rând**



Geografia e destin

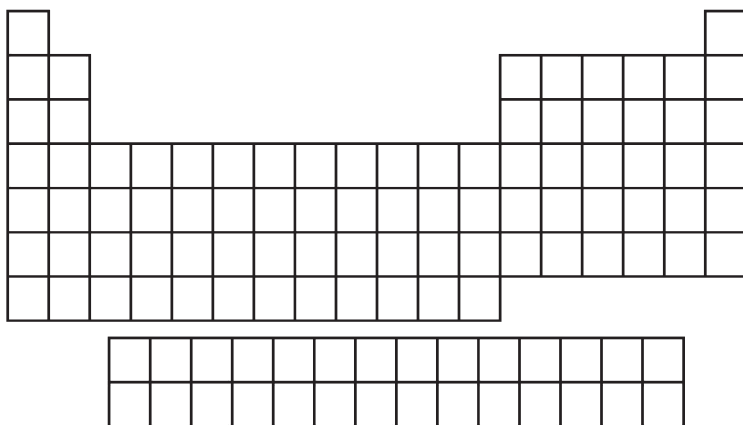
He ² 4.003	B ⁵ 10.812	Sb ⁵¹ 121.760	Tm ⁶⁹ 168.934	O ⁸ 15.999	Ho ⁶⁷ 164.930
--------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------

Când se gândesc la tabelul periodic, cei mai mulți oameni își amintesc o diagramă atârnată pe perețele din față al laboratorului de chimie, o expansiune asimetrică de coloane și rânduri îțindu-se pe după unul dintre umerii profesorului. De regulă era enormă, cam 1,8 pe 1,2 metri, dimensiuni intimidante și adecvate, dată fiind importanța tabelului în chimie. Era prezentat clasei la începutul lui septembrie și rămânea relevant și la sfârșitul lui mai, fiind unica bucată de informație științifică pe care, spre deosebire de notițe și manuale, erai încurajat să o consulți în timpul examenelor. Firește, o parte dintre frustrările pe care vi le-ați putea aminti, legate de tabelul periodic, s-ar putea să se tragă din faptul că, deși era disponibil la liber, ca o uriașă fițuică aprobată oficial, rămânea de-a dreptul inutil.

Pe de o parte, tabelul periodic părea organizat și rafinat, aproape fabricat de nemți întru utilitate științifică maximă. Pe de altă parte, era o asemenea amestecătură de nume lungi, abrevieri și ceea ce tuturor le păreau a fi erori de computer ($[\text{Xe}]6s^24f^15d^1$) încât era greu să nu te simți neliniștit. Și, cu toate că tabelul periodic era evident legat de alte științe, cum ar fi biologia și fizica, nu era limpede în ce mod. Probabil

cel mai frustrant pentru mulți elevi era că persoanele care *pricepeau* tabelul periodic, care înțelegeau cu adevărat cum funcționa, puteau extrage din el foarte multe informații, cu nonșalanța specifică tocilarilor. Este aceeași iritare pe care trebuie să o simtă daltoniștii când toți ceilalți găsesc cifrele ascunse în acele cartonașe cu diagrame punctiforme multicolore – informații cruciale, dar ascunse, care nu se încheagă niciodată în ceva coerent. Oamenii își amintesc de tabel cu un amestec de fascinație, afecțiune, stânjenală și aversiune.

Înainte de a prezenta tabelul periodic, toți profesorii ar trebui să înlătore întreg conținutul și să-i facă pe elevi să contemple doar pătrățelele albe.



Cu ce seamănă? Aduce a un soi de castel, cu zidul frontal inegal, de parcă zidarii regali n-ar fi terminat încă partea stângă, și cu turnuri de apărare înalte la ambele capete. Are optsprezece coloane zigzagate și șapte rânduri orizontale, plus o „pistă de aterizare” cu încă două rânduri suplimentare,

la bază. Castelul e făcut din „cărămizi”, iar cel mai important aspect nonevident al acestora este că nu sunt interschimbabile. Fiecare cărămidă este un *element* sau tip de substanță (până la data scrierii acestei cărți, tabelul este alcătuit din 112 elemente, alte câteva fiind în curs de evaluare*), iar castelul s-ar prăbuși dacă oricare dintre cărămizi nu s-ar afla exact acolo unde este. Nu-i nicio exagerare: dacă oamenii de știință ar determina că un element s-ar potrivi cumva în alt loc sau că două elemente pot fi schimbate între ele, întregul edificiu s-ar dărâma.

O altă curiozitate arhitectonică este că zidurile castelului sunt făcute din materiale diferite în zone diferite. Altfel spus, nu toate cărămizile sunt făcute din aceeași substanță și nici nu au aceleași caracteristici. De fapt, 75% dintre cărămizi sunt metale, ceea ce înseamnă că majoritatea elementelor sunt solide reci și cenușii, cel puțin la temperaturile cu care sunt obișnuiți oamenii. Câteva coloane din aripa de est conțin gaze. Doar două elemente, mercurul și bromul, sunt lichide la temperatura camerei. Între metale și gaze, cam pe unde vine Kentucky pe o hartă a Statelor Unite, se află câteva elemente greu de definit, a căror natură amorfă le conferă proprietăți interesante, cum ar fi abilitatea de a forma acizi de miliarde de ori mai puternici decât orice ar fi de găsit într-un depozit de chimicale. În ansamblu, dacă fiecare cărămidă ar fi făcută din substanța pe care o reprezintă, castelul elementelor ar putea fi descris ca o himeră cu adăugiri și aripi din ere incongruente sau, mai blajin spus, ca o clădire Daniel Libeskind**, realizată din materiale aparent incompatibile, altoite într-un tot elegant.

* În prezent (2018), numărul elementelor confirmate este de 118 (n.t.).

** Daniel Libeskind - arhitect de origine poloneză, renumit pentru clădirile sale futuriste (n.r.).

Motivul pentru care zăbovesc asupra planurilor castelului este că indicatoarele unui element determină aproape tot ce este interesant din punct de vedere științific despre acesta. Geografia fiecărui element reprezintă destinul său. De fapt, acum, că știți cum arată în mare tabelul, pot folosi o metaforă mai utilă: tabelul periodic ca hartă. Și pentru a schița ceva mai multe detalii, voi desena această hartă de la est la vest, zăbovind atât asupra elementelor arhicunoscute, cât și asupra celor neobișnuite.

Mai întâi, în coloana a optsprezecea, pe marginea dreaptă, avem un set de elemente cunoscute drept gaze nobile. *Nobil* este un cuvânt arhaic și nostim, ținând mai mult de etică și de filosofie decât de chimie. Și, într-adevăr, noțiunea de „gaze nobile” își are originea în locul de naștere al filosofiei occidentale, Grecia antică. Acolo, după ce conaționalii săi, Leucip și Democrit, au născocit ideea de atomi, Platon a creat cuvântul „elemente” (*stoicheia*, în greacă) ca termen general pentru diferitele particule de materie. Platon – care, pentru propria siguranță, a părăsit Atena după moartea mentorului său, Socrate, în jurul anului 400 î.e.n., pribegind mulți ani în care a scris lucrări filosofice – bineînțeles că nu știa ce este de fapt un element din perspectiva chimiei. Dar, dacă ar fi știut, fără îndoială că le-ar fi ales ca favorite pe cele din partea estică a tabelului, în special heliul.

În dialogul său asupra dragostei și a erotismului, *Banchetul*, Platon afirma că toate făpturile caută să-și găsească jumăta-tea lipsă, complementul. Aplicat la oameni, acest principiu implică pasiune, sex și toate necazurile care vin la pachet cu acestea. În plus, Platon a subliniat în toate dialogurile sale că lucrurile abstracte și imuabile sunt intrinsec mai nobile decât cele ieșite din pământ și care interacționează cu materia imundă. Asta explică de ce adora geometria, cu ale ei cuburi

și cercuri idealizate, obiecte perceptibile doar pentru rațiunea noastră. Pentru obiectele nematematice, Platon a dezvoltat o teorie a „formelor”, potrivit căreia toate obiectele sunt umbre ale unui tip ideal. Toți pomii, de pildă, sunt copii imperfecte ale unui pom ideal, la a cărui „pomiciune” perfectă ar aspira. La fel cu peștii și „peșticiunea”, ba chiar cu cânilor și „câniciunea”. Platon era convins că astfel de forme nu sunt doar teoretice, ci și reale, chiar dacă ființează într-un tărâm celest, dincolo de percepția directă a oamenilor. Ar fi fost și el șocat, ca oricine, când știința a început să scoată la iveală forme ideale pe Pământ, odată cu heliul.

Pe când răcea mercur cu heliu lichid, în 1911, un cercetător olandezo-german a descoperit că sub valoarea de -269 de grade Celsius, sistemul a pierdut orice urmă de rezistență electrică și a devenit un conductor ideal. Ceea ce-i ca și cum am răci un iPod aproape de zero absolut și am constata că bateria rămâne încărcată la maximum, indiferent de cât de mult sau cât de tare am asculta muzică, la infinit, câtă vreme heliul păstrează temperatura scăzută în circuite. O echipă ruso-canadiană a realizat un truc și mai spectaculos cu heliu pur. Răcit la -271 de grade Celsius, heliul s-a transformat într-un superfluid, cu exact zero vâscozitate și zero rezistență la curgere – fluiditate perfectă. Heliul superfluid sfidează gravitația și curge în sus, chiar și pe pereți. La vremea respectivă, aceste descoperiri au fost uluitoare. Oamenii de știință se mint adesea și pretind că efecte precum frecarea ar fi zero, dar fac asta doar pentru simplificarea calculelor. Nici măcar Platon nu a putut prezice că într-o zi cineva va descoperi una dintre formele sale ideale.

Heliul este și cel mai bun exemplu de „elementiciune” – o substanță care nu poate fi descompusă sau alterată prin mijloace normale, chimice. Savanții au avut nevoie de 2 200 de ani, de la Grecia anilor 400 î.e.n. la Europa anilor 1800, pentru

a înțelege ce sunt de fapt elementele, dat fiind că majoritatea lor sunt foarte schimbătoare. A fost greu de stabilit ce face carbonul *carbon*, când acesta apărea în mii de compuși, toți cu proprietăți diferite. Astăzi am spune că bioxidul de carbon, spre exemplu, nu este un element, întrucât o moleculă a sa se divide în carbon și oxigen. Dar carbonul și oxigenul *sunt* elemente deoarece nu mai pot fi divizate fără a le distruge. Revenind la tema *Banchetului* și la teoria lui Platon despre tânjirea erotică după jumătatea lipsă, aflăm că practic toate elementele caută alți atomi cu care să formeze legături care le maschează natura. Chiar și elementele „pure”, cum ar fi moleculele de oxigen din aer (O_2), apar în natură întotdeauna în formă compozită. Și totuși oamenii de știință ar fi putut realiza mult mai devreme ce sunt elementele dacă ar fi cunoscut heliul, care nu a reacționat niciodată cu o altă substanță și care nu a fost nicicând altceva decât un element pur.¹

Heliul are un motiv să se comporte astfel. Toți atomii conțin particule negative, numite electroni, care se află pe paliere – sau niveluri energetice – diferite, în interiorul atomului. Nivelurile sunt dispuse concentric unul în interiorul celuilalt, iar fiecare nivel are nevoie de un anumit număr de electroni pentru a se umple și a se simți satisfăcut. Pe nivelul cel mai apropiat de centru, numărul este doi. Pe alte niveluri – de obicei opt. În mod normal, elementele conțin numere egale de electroni și particule pozitive (protoni), fiind neutre din punct de vedere electric. Cu toate acestea, electronii pot fi tranzacționați liber între atomi, iar când atomii pierd sau câștigă electroni, capătă o sarcină electrică (pozitivă sau negativă) și se numesc ioni.

Important de reținut este că atomii caută să-și umple nivelurile joase, de energie scăzută, la maximumul posibil cu electroni proprii, după care fie abandonează, împărtășesc sau fură

electroni pentru a-și asigura un număr potrivit pe nivelul cel mai înalt. Unele elemente împărtășesc sau tranzacționează electroni cu diplomație, în timp ce altele se comportă foarte, foarte obraznic. Asta-i jumătate din chimie într-o singură propoziție: atomii care nu au destui electroni pe nivelul exterior se vor bate, vor negocia, vor cerși, vor face și desface alianțe – vor „face totul” pentru a-și asigura numărul potrivit.

Heliul, elementul numărul doi, are exact numărul de electroni care să-i umple unicul nivel. O astfel de configurație „închisă” îi dă o independență extraordinară, întrucât nu este nevoit să interacționeze cu alți atomi, să împărtășească sau să fure electroni pentru a se simți satisfăcut. Heliul și-a găsit complementul erotic în sine însuși. Mai mult, fix aceeași configurație se întinde în jos pe întreaga coloană a optsprezecea, sub heliu: gazele neon, argon, kripton, xenon și radon. Toate aceste elemente au „carapace” închise, cu efective complete de electroni, deci niciunul dintre ele nu reacționează cu altceva în condiții normale. Din acest motiv, în ciuda eforturilor febrile de a identifica și a eticheta elemente în anii 1800 – inclusiv dezvoltarea tabelului periodic însuși –, nimeni nu a izolat nici măcar un gaz din coloana a optsprezecea înainte de 1895. Acea detașare de experiența de zi cu zi, atât de asemănătoare cu sferile și triumphiurile sale ideale, l-ar fi încântat pe Platon. Și exact acest sentiment au încercat să-l evoce oamenii de știință care au descoperit heliul și pe frații pământeni ai acestuia prin numele „gaze nobile”. Sau, reformulat în stil platonice, „cel care adoră perfectul și imuabilul și disprețuiește coruptibilul și ignobilul va prefera gazele nobile, de departe, tuturor celorlalte elemente. Pentru că ele nu variază niciodată, nu șovăie, nu se lasă influențate de alte elemente, precum plebeii care oferă prețuri avantajoase prin piețe. Ele sunt incorruptibile și ideale”.

Pacea gazelor nobile este totuși rară. În coloana de imediat mai spre vest stau cele mai energetice și mai reactive gaze din tabelul periodic – halogenii. Iar dacă ar fi să privim tabelul răsucit într-un cilindru, ca o hartă Mercator, astfel încât estul să întâlnească vestul și coloana a optsprezecea să o întâlnească pe prima, pe latura vestică vor apărea elemente încă și mai violente – metalele alcaline. Pacifistele gaze nobile sunt ca o zonă demilitarizată, înconjurată de vecini instabili. În ciuda faptului că în anumite feluri sunt metale normale, cele alcaline, în loc să ruginească sau să se corodeze, se pot aprinde spontan în apă sau în aer. Totodată, ele formează o alianță de interese cu gazele halogene. Halogenele au șapte electroni pe stratul exterior, cu unul mai puțin decât octetul de care au nevoie, în timp ce alcalinele au un electron pe nivelul superior și un octet complet pe nivelul imediat următor. Deci e natural pentru cele din urmă să cedeze un electron celor dintâi și pentru ionii pozitivi și negativi rezultați să formeze legături puternice.

Astfel de legături se formează tot timpul, motiv pentru care electronii sunt partea cea mai importantă a unui atom. Ei ocupă practic tot spațiul atomului, ca niște nori care se învârt în jurul miezului compact al acestuia, nucleul. Afirmăția rămâne valabilă chiar dacă părțile componente ale nucleului, protonii și neutronii, sunt mult mai mari decât electronii individuali. Dacă am mări un atom la dimensiunea unui stadion de fotbal, nucleul bogat în protoni ar fi cât o minge de tenis pe punctul de centru al terenului. Electronii ar fi cât gămăliile de ac, învârtindu-se în jurul mingii – dar ar zbura atât de repede și s-ar lovi de tine de atât de multe ori pe secundă încât n-ai putea intra pe stadion: s-ar simți ca un zid compact. Prin urmare, când se „ating” atomii, nucleul lor îngropat este mut; doar electronii contează.²

Un singur avertisment rapid: nu vă atașați prea tare de imaginea electronilor ca gămălii de ace care se învârt în jurul unui nucleu solid. Sau, cum pune problema o metaforă mai populară, nu vă gândiți la electroni ca la planete care orbitează un soare nucleic. Analogia cu planetele este utilă, dar, ca în orice analogie, riscăm să exagerăm cu ușurință, cum au pățit mulți oameni de știință, spre dezamăgirea lor.

Formarea de legături între ioni explică de ce combinațiile între halogeni și alcaline sunt atât de întâlnite, cum ar fi clorura de sodiu (sarea de masă). Similar, elemente din coloane cu doi electroni în plus, precum calciul, și elemente din coloane care au nevoie de doi electroni, precum oxigenul, se aliniază adesea. Este cea mai facilă cale de a satisface nevoile tuturor. Elemente din coloane nonreciproce se combină și ele în virtutea aceleiași legi. Doi ioni de sodiu (Na^+) primesc unul de oxigen (O^{2-}) și formează oxidul de sodiu, Na_2O . Clorura de calciu se combină în CaCl_2 din aceleași motive. Per ansamblu, de obicei poți spune dintr-o privire cum se vor combina elementele dacă ții seama de numărul coloanei din care fac parte și de sarcina lor. Tiparul reiese din mulțumitoarea simetrie stânga-dreapta a tabelului.

Din păcate, nu toate zonele tabelului periodic sunt atât de clare și de simple. Dar tocmai neregularitatea unor elemente le face pe acestea să fie mai interesant de explorat.

O glumă veche spune că un asistent laborant năvălește în biroul cercetătorului principal, bucuros până aproape de isterie, deși lucrase toată noaptea. Asistentul ținea în mână o sticlă cu dop, în care spumega și șuiera un lichid verde – „Solventul universal!”, a exclamat el. Șeful lui, optimist, îl întreabă:

- Ce este acela un solvent universal?
- Un acid care dizolvă orice substanță!

Șeful cumpănește noutatea – n-ar fi doar un miracol științific, ci i-ar face pe amândoi multimiliardari. Și pune o ultimă întrebare:

— Dar atunci cum îl poți ține într-o sticlă?

* * *

Este o glumă bună și mi-l pot imagina lesne pe Gilbert Lewis zâmbind, probabil sarcastic. Electronii conduc tabelul periodic și nimeni nu a făcut mai mult decât Lewis pentru a elucida cum se comportă electronii și cum formează legături în atomi. Cercetările sale au vizat îndeosebi acizii și bazele, deci s-ar fi amuzat de afirmația absurdă a asistentului din banc. Mai personal, poanta i-ar fi reamintit cât de efemeră poate fi gloria științifică.

Drumeț de felul lui, Lewis a crescut în Nebraska, a făcut facultatea și masterul în Massachusetts, în jurul anilor 1900, apoi a continuat să studieze în Germania, sub aripa chimistului Walther Nernst. Traiul sub Nernst s-a dovedit a fi atât de mizerabil, din motive legitime și greu de înțeles, încât Lewis s-a întors în Massachusetts după numai câteva luni, pe un post academic. Și această carieră îl făcea nefericit, așa că a fugit să lucreze pentru guvernul SUA în Filipine, teritoriu proaspăt cucerit de americani. A luat cu sine o singură carte, *Chimia teoretică* a lui Nernst, pe care a disecat-o ani de-a rândul, publicând obsesiv studii pe tema până și a celor mai banale erori descoperite în ea.³

În cele din urmă, pe Lewis l-a copleșit dorul de casă și s-a stabilit la Universitatea California, Berkeley, unde, în decursul a 40 de ani, a ridicat departamentul de chimie al universității până la statutul de cel mai bun din lume. Chiar dacă situația sună ca un final fericit, n-a fost. Ca fapt divers, Lewis

a fost probabil cel mai valoros om de știință care nu a câștigat niciodată vreun premiu Nobel, iar el știa asta. Niciun altul nu a fost nominalizat de mai multe ori, însă ambiția lui ostentativă și mulțimea de dispute internaționale în care a fost implicat i-au subminat șansele de a căpăta suficient de multe voturi. În scurtă vreme și-a dat demisia (sau a fost forțat să o facă) în semn de protest, devenind izolat și plin de obidă.

Excluzând motivele personale, Lewis nu a fost laureat Nobel și pentru că lucrările sale erau mai degrabă de anvergură, decât profunde. Nu a descoperit niciodată vreun lucru uluitor, ceva spre care să arăți și să exclami: uau! În loc să facă asta, el și-a petrecut viața deslușind felurile în care se comportă electronii unui atom în diferite contexte, mai ales din clasa de molecule cunoscute drept acizi și baze. În general, de câte ori atomii schimbă electroni și rup sau formează legături, chimiștii spun că aceștia „reacționează”. Reacțiile acide și bazice oferă cele mai clare și adesea cele mai violente exemple de „trocuri”, iar Lewis nu a reușit să lămurească mai mult decât alții ce înseamnă schimbul de electroni la nivel submicroscopic.

Cu puțin înainte de 1890, savanții deosebeau acizii de baze după gust sau prin încercarea cu degetul – nici cele mai sigure, nici cele mai de încredere metode. În câteva decenii, cercetătorii și-au dat seama că acizii sunt în esență donatori de protoni. Mulți acizi conțineau hidrogen, un element simplu, alcătuit dintr-un electron care orbitează în jurul unui proton (asta-i tot ce are hidrogenul drept nucleu). Când un acid, precum cel clorhidric (HCl), este diluat cu apă, el se descompune în H^+ și Cl^- . Acizii slabi, cum este cel acetic, lasă în soluție doar câțiva protoni, în timp ce acizii tari, ca acidul sulfuric, inundă soluția cu ei.

Lewis a hotărât că o astfel de definiție îi limitează prea mult pe oamenii de știință, dat fiind că unele substanțe acționează ca acizi fără a se baza pe hidrogen. Deci Lewis a schimbat paradigma. În loc să spună că H^+ se desprinde, el a insistat că Cl^- se „ascunde” cu electronul lui. Prin urmare, un acid este un hoț de electroni, nu un donator de protoni. Prin contrast, baze precum înălbitorii sau leșia pot fi numite donatoare de electroni. Pe lângă faptul că sunt mai generale, aceste definiții evidențiază comportamentul electronilor și se potrivesc mai bine cu chimia dependentă de electroni a tabelului periodic.

Cu toate că Lewis și-a expus teoria încă din anii 1920 și 1930, ideile lui sunt utilizate și astăzi de specialiștii interesați de crearea unor acizi cât mai puternici. Puterea unui acid se măsoară pe scala pH, în care valorile cele mai mici indică puterea cea mai mare. În 2005, un chimist din Noua Zeelandă a creat un acid pe bază de bor, botezat carboran, cu un pH de -18. Ca să vă faceți o imagine, apa are un pH de 7, iar acidul clorhidric concentrat din stomacul uman are un pH de 1. Dar, în virtutea felului neobișnuit de etalonare a scării pH, scăderea cu o unitate (de la 4 la 3, de pildă) sporește de zece ori tăria unui acid. Așa că trecerea de la valoarea acidului gastric, de 1, la cea a acidului pe bază de bor, de -18, înseamnă că cel din urmă este de zece miliarde de ori mai puternic. Adică aproximativ numărul de atomi care, înșirați, ar acoperi distanța de la Pământ la Lună.

Există acizi și mai puternici, pe bază de antimoniu, un element care are probabil cea mai pestriță istorie din întregul tabel periodic.⁴ Nabucodonosor al II-lea, regele care a construit Grădinile Suspendate ale Babilonului în secolul VI î.e.n., a folosit un amestec toxic de antimoniu și plumb pentru a vopsi în galben pereții palatului. Poate că nu întâmplător a înnebunit la scurtă vreme după terminarea lucrărilor, dormind

pe câmp și păscând iarbă ca un bou. În cam aceeași perioadă, egiptencele foloseau o formă diferită de antimoniu pe post de rimel, atât pentru decorarea feței, cât și pentru a căpăta puteri magice, cu care să arunce ghinionul asupra dușmanilor. Ceva mai târziu, călugării medievali – pentru a nu-l mai pomeni și pe Isaac Newton – au devenit obsedați de proprietățile sexuale ale acestui material, considerat pe jumătate metal, pe jumătate izolator, dar care nu era nici una, nici alta, decizând că ar fi „hermafrodit”. Sub formă de pilule, antimoniul a cucerit faimă și ca laxativ. Spre deosebire de laxativele moderne, hapurile de antimoniu nu se dizolvau în intestine și erau considerate atât de valoroase încât mulți oameni scurtau prin fecale pentru a le recupera și a le refolosi. Familiile mai norocoase transmiteau pastilele de antimoniu ca moștenire, din tată-n fiu. Poate din acest motiv a fost antimoniul considerat medicament, deși de fapt este toxic. E posibil ca Mozart să fi murit deoarece a luat prea mult pentru a combate o febră severă.

În cele din urmă, oamenii de știință au înțeles mai bine acest element. Prin 1970 au realizat că abilitatea lui de a atrage elemente înfometate de electroni îl face potrivit pentru crearea de acizi la comandă. Rezultatele au fost la fel de spectaculoase ca superfluidele cu heliu. Combinând pentafluorură de antimoniu, SbF_5 , cu acid fluorhidric, HF, obținem o substanță cu un pH de -31. Acest superacid este de 100 000 de miliarde, de miliarde, de miliarde de ori mai puternic decât acidul gastric, putând înmuia sticla la fel de nemilos cum înmoaie apa hârtia. Nu ați putea ține o sticlă plină cu el, că v-ar dizolva și mâna. Pentru a răspunde profesorului din banc, este păstrat într-un container special, cu pereți teflonați.

Deși, să fiu sincer, să spun că acest amestec de antimoniu este cel mai puternic acid din lume s-ar chema cumva

că trișez. SbF_5 (un hoț de electroni) și HF (un donator de protoni) sunt suficient de neplăcute în sine. Dar trebuie să le multiplici oarecum puterile complementare, amestecându-le înainte de a căpăta statutul de superacid. Sunt cele mai puternice numai în condiții artificiale. În realitate, cel mai puternic acid de sine stătător este tot carboranul ($\text{HCB}_{11}\text{Cl}_{11}$) bazat pe bor. Iar acest acid boric are și cea mai bună descriere de până acum: este cel mai puternic și *cel mai blând* acid din lume. Pentru a înțelege asta mai bine, amintiți-vă că acizii se descompun în părți pozitive și negative. În cazul carboranului rezultă H^+ și o structură elaborată, în formă de cușcă, alcătuită din tot restul ($\text{CB}_{11}\text{Cl}_{11}^-$). La majoritatea acizilor, acea parte negativă este corozivă și caustică, atacând pielea. Însă cușca de bor formează una dintre cele mai stabile molecule inventate vreodată. Atomii ei de bor împart electroni atât de generos încât practic devine heliu, deci nu va jefui electronii celorlalți atomi – cauza obișnuită a carnajului acid.

Atunci la ce folosește carboranul, dacă nu la topirea sticlei sau a ușilor de seifuri? Pe de o parte poate mări cifra octanică a benzinei, iar pe de alta face vitaminele digerabile. Mai importantă este însă utilizarea sa în „adăpostirea” chimică. Multe reacții chimice care implică protoni nu sunt schimburi directe, rapide. Ele necesită etape multiple, iar protonii sunt transferați în milionimi de miliardimi de secundă – atât de rapid încât oamenii de știință n-au nicio idee despre ce s-a întâmplat de fapt. Dar carboranul, pentru că este așa de stabil și de nereactiv, va inunda soluția cu protoni, apoi va „îngheța” moleculele în etape intermediare cruciale. Carboranul ține speciile intermediare la adăpost, ca pe o pernă moale. Prin contrast, superacizii antimoniului ar fi adăposturi groaznice, întrucât ferfenișesc tocmai moleculele pe care cercetătorii râvnesc cel mai mult să le vadă. Lewis s-ar fi bucurat să

vadă această aplicație a cercetărilor sale despre electroni și acizi, și altele, ceea ce poate că i-ar fi luminat un pic ultimii ani de viață. Deși a lucrat pentru guvern în cursul Primului Război Mondial și a adus contribuții valoroase pentru chimie până la aproape 70 de ani, Lewis nu a fost inclus în Proiectul Manhattan, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial. Asta l-a măcinat, mai ales că mulți dintre chimiștii pe care el îi recrutase la Berkeley au jucat roluri importante în construirea primei bombe atomice și au devenit eroi naționali. Spre deosebire de ei, Lewis a stat pe bară în perioada războiului, trăind din amintiri și de pe urma unui roman melancolic despre un soldat. A murit singur în laboratorul său, în 1946.

Există un consens general potrivit căruia Lewis ar fi murit de infarct, după ce vreme de peste 40 de ani a fumat mai bine de 20 de trabucuri pe zi. Dar era greu să nu se observe că în laboratorul lui mirosea a migdale amare – indiciu de cianuri gazoase – în după-amiaza în care a murit. Savantul folosea cianură în cercetările sale, fiind posibil să scape o fiolă din mână în urma unui stop cardiac. Pe de altă parte, ceva mai devreme luase prânzul – pe care inițial îl refuzase – în compania unui chimist mai tânăr și mai charismatic, care câștigase Premiul Nobel și servise drept consultant special în Proiectul Manhattan. Unii apropiați s-au gândit mereu la posibilitatea ca acest onorabil coleg să-l fi scos pe Lewis din fire. Dacă e adevărat, familiaritatea acestuia cu chimia s-a dovedit a fi atât convenabilă, cât și nefericită.

Pe lângă metalele reactive de pe coasta de vest și halogenii și gazele nobile de pe coasta de est, tabelul periodic conține și o „mare câmpie” care se întinde pe mijloc – de la coloana a treia până la a douăsprezecea, metalele de tranziție. Să fiu sincer, metalele de tranziție au o chimie exasperantă, deci mi-e greu

să vă spun despre ele ceva în general – doar să aveți grijă. Vedeți voi, atomii grei, cum sunt cei ai metalelor de tranziție, au o flexibilitate mai mare decât ceilalți atomi în privința felului în care își stochează electronii. La fel ca alți atomi, au niveluri energetice diferite (numite unu, doi, trei etc.), cele inferioare fiind îngropate sub cele superioare. Și ei se luptă cu alți atomi pentru a-și completa nivelurile superioare cu opt electroni. Problema se complică în momentul în care încercăm să determinăm care este nivelul superior.

Dacă parcurgem tabelul periodic pe orizontală, vedem că fiecare element ales are un electron în plus față de vecinul lui din stânga. Sodiul, elementul nr. 11, are în mod normal unsprezece electroni; magneziul, elementul nr. 12, are doisprezece electroni; ș.a.m.d. Pe măsură ce elementele cresc în dimensiuni, pe lângă faptul că sortează electronii pe niveluri energetice, ele îi și stochează în cușete cu forme diferite, numite substraturi. Numai că atomii, fiind conformiști și lipsiți de imaginație, umplu substraturile și straturile energetice în aceeași ordine în care ne mișcăm prin tabelul periodic. Elementele de pe latura stângă își pun primul electron într-un substrat *s*, care este sferic. E mic și poate cuprinde doar doi electroni – ceea ce explică cele două coloane înalte din stânga. După aceste prime două coloane, atomii caută ceva mai spațios. Sărind peste intervalul liber, elementele din coloanele de pe partea dreaptă încep să adune electronii, unul câte unul, într-un substrat *p*, care arată ca un plămân deformat. Substraturile *p* pot cuprinde șase electroni, de unde cele șase coloane mai înalte de pe dreapta. Observați că, de-a lungul fiecărui rând din partea de mai sus, cei doi electroni din substratul *s* plus cei șase din substratul *p* dau un total de opt electroni, număr pe care îl vor majoritatea atomilor pe stratul energetic exterior. Și, cu excepția autosuficientelor gaze

nobile, toți electronii de pe straturile exterioare ale acestor elemente sunt liberi să plece către alți atomi sau să reacționeze cu aceștia. Elementele de aici se comportă într-o manieră logică: adaugă un electron nou, iar comportamentul atomului ar trebui să se schimbe, dat fiind că are mai mulți electroni la dispoziție pentru a se implica în reacții.

Și acum vine partea frustrantă. Metalele de tranziție apar în coloanele trei până la doisprezece, pe rândurile trei până la șapte, iar atomii lor încep să stocheze electroni în așa-numitele substraturi *d*, care pot ține până la zece electroni. (Substraturile *d* nu au o formă anume, aducând mai degrabă cu diverse animale făcute din baloane.) Bazându-ne pe ce făcuseră toate celelalte elemente anterioare cu substraturile lor, ne-am aștepta ca și metalele de tranziție să pună la bătaie pentru reacții electronii excedentari din substraturile *d*. Dar nu, ele dosesc electronii suplimentari și preferă să-i ascundă sub alte straturi. Hotărârea metalelor de tranziție de a încălca convenția și de a îngropa electronii din substraturile *d* pare dizgrațioasă și contraintuitivă – lui Platon nu i-ar fi plăcut. Dar la fel funcționează și natura, iar noi nu prea avem ce face.

Înțelegerea procesului are un beneficiu. În mod normal, parcurgând orizontal tabelul, adăugarea unui electron la fiecare metal de tranziție ar trebui să schimbe comportamentul acestuia, cum se întâmplă cu elemente din alte părți ale tabelului. Dar, întrucât metalele în cauză își ascund electronii din substraturile *d* în echivalentul unor sertare cu fund dublu, acei electroni devin ecranati. Alți atomi care încearcă să reacționeze cu metalele nu pot ajunge la respectivii electroni, așa că multe metale de pe un rând lasă expus același număr de electroni. Prin urmare, din punct de vedere chimic, ele acționează la fel. Acesta este motivul pentru care, din perspectivă științifică, multe metale arată și se comportă identic. Toate