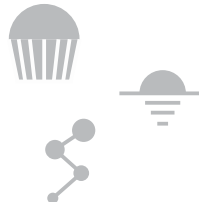


Este elementar



Chimia ascunsă din spatele tuturor lucrurilor



Traducere
din engleză de
Liviu Dascălu

Consultant de
specialitate:
dr. Marilena Cimpoeșu,
Universitatea din
București

**KATE
BIBERDORF**

COLECȚIA
DE ȘTIINȚĂ

PUBLICA

CUPRINS

Introducere	9
Partea întâi	
Chimia din liceu? Uită de ea!	
1. Chiar și lucrurile mici contează	17
2. Totul despre formă	41
3. Hai să discutăm despre lucruri concrete!	73
4. Legăturile sunt menite să fie rupte	95
Partea a doua	
Chimie aici, acolo și pretutindeni	
5. Lucrul pentru care merită să te trezești dimineața	123
6. Simți cum arde?	147
7. La oglindă	171
8. Vreau la soare!	197
9. O plăcintă e o treabă serioasă!	225
10. Cel mai bine e să lucrezi fluierând	249
11. <i>Happy hour</i> e o oră perfectă!	275
12. Seara, momentul relaxării	303
Glosar	333
Mulțumiri	339
Bibliografie	343

Introducere

„Tocilarilor” ca noi le este permis să se entuziasmeze până la cer în legătură cu diverse lucruri.

De la un tocilar te aștepti să fie pasionat de ceva până la dependență totală.

... Când cineva este numit „tocilar” de cei din jur, tocmai despre asta este vorba, că ești „pasionat de ceva”.

JOHN GREEN

Aș vrea să fac o mărturisire de la bun început.

Sunt o *tocilară* pasionată de chimie.

Sunt chimistă, soțul meu Josh este chimist și el, iar cei mai mulți dintre prietenii noștri sunt oameni de știință. (Nu toți, dar nimeni nu-i perfect.) Sunt cunoscută pentru capacitatea de a conversa cu „lejeritate” despre quarcuri, de exemplu. Prima dată când am ieșit la întâlnire cu Josh, am discutat despre un experiment care i-a adus autorului acestuia Premiul Nobel și ne-am certat pasional asupra chestiunii celui mai interesant element din tabelul periodic – paladiul, desigur.

Dar știu că nu toată lumea e așa.

De fapt, *cei mai mulți* oameni nu sunt.

Chimia poate fi greu de înțeles. Ce mai, *știința*, în general, e greu de priceput. Sunt atât de mulți termeni și atâtea reguli, iar totul pare atât de incredibil de complicat. Asta e valabil mai ales în cazul chimiei, pentru că nu putem *vedea* nimic din ea.

În biologie, poți să diseci o broască.

Un profesor ar putea să-ți arate anumite proprietăți fizice ale corpurilor, precum accelerația.

Dar nu aș putea să pun mâna pe un atom. Nici măcar prietenii sau familia mea nu înțeleg, uneori, cu ce mă ocup.

Cea mai bună prietenă a mea, Chelsea, e un exemplu perfect în acest sens. E o tipă extraordinar de deșteaptă, înțelege o mulțime de lucruri din știință, ba chiar lucrează într-un domeniu care are legătură cu chimia – este bijutier. Dar Chelsea nu a înțeles nimic din orele de chimie din liceu. În timp ce eu eram superîncântată, Chelsea se simțea, simultan, confuză și plictisită.

Pe atunci, printr-a zecea, pur și simplu nu înțelegeam cum se simțea. Dar astăzi o înțeleg complet. Văd studenți ca ea în fiecare zi.

Ca profesor la University of Texas din Austin, predau un curs care se numește „Bazele chimiei”. E un curs introductiv, destinat studenților care probabil că nu o să se mai înscrie la un alt curs de științe în toată facultatea. Imaginează-ți un student la Litere care se întreabă care e cel mai ușor curs de științe la care poate lua notă de trecere; exact, despre cursul meu este vorba.

Într-un an, chiar în prima zi de cursuri, un student mi-a pus o întrebare despre quarcuri, iar eu m-am întins la o digresiune interminabilă despre particulele subatomice, în timp ce mă urmăreau ochii a cinci sute de boboci. Unii dintre ei încercau cu disperare să-și ia notițe, în timp ce alții mă priveau într-o stare de șoc și groază. Câțiva s-au resemnat și au început să mă filmeze cu telefonul. Două fete terifiante se luaseră reciproc în brațe.

Incidentul ar fi putut fi considerat amuzant, dacă n-aș fi băgat groaza în câteva sute de studenți care îmi dăduseră,

mie și chimiei, o șansă. Cei mai mulți dintre ei nu aveau nici cea mai mică idee despre ce am vorbit. La fel de bine puteam să vorbesc în klingoniană. Sunt sigură că situația respectivă doar le-a întărit prejudecata că știința e plictisitoare și imposibil de înțeles.

Asta dovedește că e important cum ne alegem cuvintele într-o discuție – și cu atât mai mult când vorbim despre știință.

După ce mi-am luat doctoratul i-am trimis mamei teza prin e-mail. Câteva minute mai târziu m-a sunat. Nici n-am apucat să o salut – o auzeam râzând și nu știam de ce. Poate că i-am trimis din greșeală altceva? Sau s-a uitat la un filmuleț prostesc cu pisicuțe? S-o fi pus cu fundul pe telefon și m-a apelat din greșeală?

Într-un final, a reușit să-mi spună printre hohote: „Katie, nu înțeleg absolut nimic din ce scrie aici! Ce vrei să zici cu «ah ce futil»?»” Mama râdea atât de tare că n-a putut să mai pronunțe niciun cuvânt în plus. Eram total confuză. Doar îi spuseseam despre ce este vorba în cercetarea mea. Cum de nu înțelegea?

Apoi am deschis documentul și am citit primele rânduri:

Sunt prezentate sintezele și proprietățile catalitice a șase noi carbene N-heterociclice de paladiu derivate din 1,2 acenaftenil. Carbena de acenaftenil a fost preparată utilizând fie mesitul, fie substituenți 1,2-di-isopropil N-aril.

În acel moment am priceput ce a citit mama, ce auzeau studenții mei și cum se simțea Chelsea la orele de chimie. Mama

* Traducere adaptată a jocului de cuvinte din limba engleză bazat pe similitudinea fonetică între „acenaftenyl” (denumirea compusului) și „ass... naphyl” (forma în care înțelesese mama autoarei) (n.t.).

nu avea nici o idee ce voiam să spun prin „catalizatori din carbene N-heterociclice de paladiu derivate din 1,2 acenaftenil”.

Și, de fapt, nici nu era nevoie să înțeleagă. (În caz că te întrebi, este un tip de catalizator folosit în niște reacții din procesul de fabricare a unor medicamente.)

Chimia e așa de mișto, e atât de interesantă, însă deseori chimiștii (inclusiv eu) vorbesc despre știință într-un mod care-i buimăcește pe toți cei care n-au un doctorat în domeniu. În această carte voi încerca să fac exact pe dos. Misiunea mea este să-i explic mamei mele – și tuturor celor care mă citesc – *de ce* sunt atât de pasionată de chimie. De ce e atât de uimitoare și captivantă și de ce ar trebui să-ți placă și ție.

Promit că nu o să discut despre quarcuri sau despre filosofia metodei științifice. Însă, când vei termina de citit această carte, vei înțelege câteva noțiuni de bază din chimie și vei descoperi că se află peste tot în jurul tău, de la șamponul pe care îl folosești până la un minunat apus de soare. Se află în aerul pe care îl respiri și fără de care n-ai putea să trăiești. Se găsește în tot ce atingi și întâlnești în fiecare zi. Și, cu cât vei afla mai multe despre chimie, cu atât te vei bucura mai mult de lumea în care trăim.

Uită-te în jurul tău chiar acum: tot ce vezi este materie. Materia e compusă din molecule, iar moleculele sunt compuse din atomi.

Cerneala de pe această pagină este o moleculă care s-a absorbit în fibrele hârtiei, iar adezivul care leagă paginile și coperta laolaltă nu e nimic altceva decât o moleculă capabilă să lipească hârtia și coperta. Chimia este *peste tot și în toate*.

În primele patru capitole îți voi explica ce trebuie să știi ca să înțelegi esențialul despre atomi, molecule și reacții chimice. Gândește-te că e un fel de curs introductiv sau o recapitulare a lucrurilor pe care ți le explica profesoara de chimie

în timp ce tu îi scriai bilețele prietenei tale celei mai bune din clasa a zecea. (Apropo, promit că până la sfârșitul primei părți îți va fi clar ce este un atom.)

În a doua parte a cărții este vorba despre chimia din viața de zi cu zi, de la cafeaua pe care ți-o prepari dimineța până la paharul cu vin pe care-l bei seara. Printre altele, o să ne ocupăm cu tot felul de lucruri distractive: vom face prăjituri, curățenie, sport, ba chiar o să mergem și la plajă. De asemenea, vei afla cum este pusă la treabă chimia pentru crearea telefoanelor mobile, a cremei de plajă sau a diferitelor țesături, printre multe alte lucruri pe care le folosești în fiecare zi.

Am scris această carte sperând nu doar că vei începe să înțelegi chimia, dar și că o să-ți trezesc curiozitatea. Sper că vei descoperi ceva nou și neașteptat despre lumea înconjurătoare și că vei dori să împărtășești ceea ce vei afla cu partenerul, copiii, colegii de serviciu sau chiar și cu niște necunoscuți cu care bei ceva într-un bar.

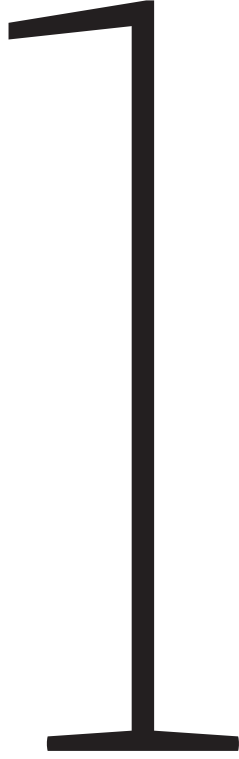
Sunt absolut convinsă că lumea ar fi mai bună dacă mai mulți oameni ar iubi știința.

Să începem.



Partea întâi

Chimia din liceu? Uită de ea!



Chiar și lucrurile mici contează

Atomul

Chimia este peste tot și în toate. E în telefonul tău mobil, în corpul tău, în haine sau în băutura ta preferată! E ceea ce explică de ce gheața se topește în apă și ne ajută să anticipăm ce se va întâmpla dacă vom combina două elemente precum clorul și sodiul (nu e niciun secret: se formează sarea).

Dar ce e chimia, la urma urmei?

Definiția tehnică a chimiei ne spune că este știința care studiază energia și materia și modul cum interacționează cele două. În acest context, *materia* se referă la tot ce există, în timp ce *energia* se referă la reactivitatea unei molecule. (O moleculă este unul din acele lucruri extraordinar de mici-țe din care e făcută materia. Dar mai multe despre asta, ceva mai încolo.)

Chimiștii ar vrea să poată anticipa reactivitatea dintre două molecule – cu alte cuvinte, să anticipeze ce se va întâmpla când două substanțe chimice se întâlnesc. Așa că formulăm tot felul de întrebări în acest scop și încercăm să răspundem la ele. Cele două substanțe vor intra în reacție la temperatura camerei? Dacă le amestecăm va avea loc

o explozie? Dacă le expunem unei surse de căldură, asta va încuraja formarea de noi legături?

Ca să putem răspunde la genul acesta de întrebări, e nevoie să înțelegem bazele chimiei. Asta înseamnă că trebuie să ne întoarcem mult în timp, întrucât chimia este o știință foarte veche – își are rădăcinile chiar în Antichitate.

În secolul al V-lea î.H., doi filosofi, Democrit și Leucip, au susținut că toate lucrurile sunt formate din niște părți micuțe, indivizibile, numite *atomos*. Într-o serie de eseuri, cei doi filosofi au descris cum milioane de *atomos* se combină pentru a forma tot ceea ce există în jur, tot așa cum poți să folosești niște piese Lego pentru a construi tot felul de obiecte, de la un vapor până la un *Millennium Falcon** superșmecher.

Cu toate că Democrit și Leucip aveau perfectă dreptate – și, în prezent, se recunoaște că au fost primii care au definit atomul –, pe vremea aceea teoria lor n-a fost acceptată. Asta din cauză că era în contradicție cu ideile altor doi filosofi din acea vreme, Platon și Aristotel („mai mari” în epocă).

Platon și Aristotel considerau că obiectele materiale (cu alte cuvinte, tot ce există) erau o combinație de pământ, aer, apă și foc. Conform acestei teorii, pământul e rece și uscat, apa e rece și umedă, aerul e fierbinte și umed, iar focul este fierbinte și uscat. Toate obiectele reprezintă, astfel, diferite combinații între cele patru elemente. Ei mai credeau că orice lucru se poate transforma din pământ în aer, apoi în foc, în apă și iarăși în pământ. De exemplu, teoria aceasta spune că, atunci când arzi un buștean, el se transformă din ceva rece și uscat (pământ) în ceva fierbinte și uscat (foc). Odată ce ai stins focul, lemnul ars redevine pământ, pentru că acum e rece și uscat.

* Referință la un model de navă interstelară din seria de filme SF *Războiul stelelor* (n.t.).

Pe de altă parte, când cineva stinge focul cu apă, lemnul ars devine o combinație a celor două elemente, pământ și apă. În acest exemplu, cenușa umedă va ocupa mai mult spațiu decât cea uscată. Pentru Platon și Aristotel, acest lucru constituia o dovadă că orice corp material poate deveni oricât de mare sau mic în funcție de cum se combină cele patru elemente.

Democrit nu agreea deloc acest punct de vedere, pentru că el credea că un lucru nu poate deveni oricât de mic, trebuie să existe o limită. De exemplu, să zicem că tai o felie de pâine în două. Apoi tai mai departe fiecare bucată în alte două bucăți și tot așa. Democrit considera că la un moment dat n-ai mai avea ce să tai în două. Când nu mai putem continua procesul de diviziune, ajungem la ultima cea mai mică parte, numită *atomos*. Și Democrit a avut dreptate!

Dar nici de această dată n-a contat ce a spus Democrit, pentru că Aristotel era filosoful cel mai faimos din acele timpuri. Când Aristotel a respins ideea de *atomos*, toți ceilalți i-au urmat exemplul. Din nefericire pentru noi, Aristotel s-a înșelat, iar omenirea a considerat timp de 2 000 de ani că toate lucrurile sunt o combinație de apă, aer, pământ și foc.

Gândește-te, numai – 2 000 de ani!

Până în anii 1600 nu a reușit nimeni să aducă dovezi suficient de solide pentru a respinge teoria lui Aristotel. Unui fizician excentric, pe nume Robert Boyle, îi plăcea să conceapă experimente ca să respingă teorii larg acceptate. Una dintre teoriile luate în vizor a fost cea a lui Aristotel, iar Boyle a scris o carte în care argumenta că lumea nu este făcută din pământ, apă, aer și foc, așa cum credeau grecii.

Robert Boyle considera că toate lucrurile sunt alcătuite din *elemente* – bucăți mici de materie care nu pot fi împărțite în bucăți mai mici. Sună familiar, nu-i așa?

Publicarea cărții lui Boyle – intitulată, corespunzător, *The Sceptical Chymist* (sau *The Skeptical Chemist*, în engleza modernă [Chimistul sceptic] – a dat startul unei curse pentru aflarea acestor mici părți indivizibile ale obiectelor, numite elemente. Pe atunci, Boyle credea că materiale obișnuite precum cuprul și aurul sunt o combinație de elemente. Dar, la scurt timp după publicarea cărții, aceste materiale (și alte unsprezece) au fost identificate și definite drept elemente.

De exemplu, cuprul a fost folosit prima dată în 9000 î.H. în Orientul Mijlociu, dar numai datorită cărții lui Boyle lumea a început să-l trateze cum se cuvine. Datorită noii concepții despre elemente, oamenii de știință nu mai considerau cuprul ca fiind o combinație de elemente, ci un element de sine stătător.

Același lucru s-a întâmplat cu plumbul, aurul, argintul... și astfel au fost identificate primele treisprezece elemente. Dar oamenii de știință nu s-au oprit aici – aceștia au căutat mereu indicii către noi elemente. Asta a dus la descoperirea fosforului în 1669, urmată de cea a cobaltului și a platinei în 1735.

Astăzi se știe că elementele sunt așa cum le-a descris Boyle – substanțe care nu pot fi divizate în substanțe mai mici sau mai simple în cursul unei reacții chimice. Știm, de asemenea, că elementele sunt alcătuite din milioane și miliarde de părți extrem de mici, numite atomi (termen care vine de la *atomos*, al lui Democrit). Dar această descoperire nu a fost făcută decât în 1803, de un om de știință englez pe nume John Dalton.

Marea realizare a lui Dalton poartă numele de *teoria atomică*. Ce a spus Dalton este că toți atomii dintr-un anumit element (să zicem, carbonul) sunt identici și că toți atomii din alt element (de exemplu, hidrogenul) sunt, de asemenea, identici.

Dar Dalton nu a putut să spună ce este diferit la atomii de carbon față de cei ai hidrogenului, și invers.

Chiar dacă nu știau totul – încă – oamenii de știință din vremea lui Dalton au acceptat teoria atomică, deși în același timp au încercat să dovedească falsitatea ei. (Bineînțeles, n-au reușit, pentru că Dalton avea, în esență, dreptate.) În secolul următor, aceștia au făcut o mulțime de experimente în încercarea de a submina teoria lui Dalton. Dar rezultatele obținute au fost tot atâtea dovezi că ipoteza lui este adevărată.

La un moment dat, un trio de oameni de știință format din Joseph Louis Gay-Lussac, Amedeo Avogadro și Jöns Jacob Berzelius s-au înhămat la o treabă asiduă și dificilă. Ei au încercat să stabilească masa atomică a fiecărui element, iar ce a urmat a fost un haos de neînchipuit. Întrucât fiecare dintre ei a folosit alte standarde și tehnici de măsurare, datele publicate au fost contradictorii. Situația a fost atât de încurcată, încât comunitatea științifică i-a cerut chimistului italian Stanislao Cannizzaro să stabilească un standard universal pentru calcularea masei, de care era atâtă nevoie.

Nu pot să am o poziție obiectivă în privința asta, dar, dacă aș fi fost un om de știință de la mijlocul anilor 1800, nu aș fi pierdut nici măcar un singur minut cu această problemă.

Eu sunt genul de om căruia îi place să demonteze un lucru și să pună piesele la loc, ca să vadă din ce e făcut. Așa că aș fi atacat o problemă mult mai interesantă: dacă materia e compusă din niște părți numite atomi, din ce sunt făcuți atomii? E greu de spus dacă savanții din epoca victoriană n-au căutat să răspundă la această întrebare din cauza unor limitări tehnologice sau fiindcă nu-i interesa răspunsul. În orice caz, abia către sfârșitul secolului al XIX-lea, sir J.J. Thomson s-a decis să cerceteze din ce sunt făcuți atomii cu ajutorul unui experiment cu raze catodice.

Pentru asta, el a sigilat un tub care conținea doi electrozi de metal – acesta arăta ca o sticlă de bere conținând două tije lungi și subțiri de metal. În experimentele sale, Thomson a încercat să elimine cât mai mult posibil aerul din tub, apoi a aplicat o tensiune electrică celor doi electrozi. Când a făcut asta, a putut să vadă curentul electric care trecea de la o tijă la cealaltă, un fenomen căruia i-a dat numele de rază catodică.

Prin aceste teste, Thomson a reușit să stabilească faptul că raza catodică este atrasă de sarcinile pozitive și respinsă de cele negative. Și, mai important, schimbând tipul de metal folosit pentru electrozi, și-a dat seama că raza catodică este mereu aceeași, indiferent de element.

Aceste rezultate științifice l-au entuziasmat pe Thomson, pentru că indicau o descoperire epocală. Dacă raza catodică nu diferă în funcție de fiecare element sau atom, asta însemna că este constituită din „cărămizile” din care sunt alcătuiți toți atomii, indiferent de tipul de element. Totuși, știind că John Dalton tocmai convinsese pe toată lumea că atomii sunt unici, Thomson era îngrijorat – și pe bună dreptate – că n-o să creadă nimeni în teoria lui. Așa că a continuat să experimenteze.

Prin calcule consistente, Thomson a descoperit că raza catodică pe care o obținuse era semnificativ mai ușoară decât masa oricăruia dintre atomii cunoscuți la acea dată. E ca și cum ai măsura masa tuturor clanțelor din casă și ai afla că e mult, mult mai mică decât masa întregii case. Același lucru ar fi valabil pentru casa vecinului, casa părinților tăi etc. Thomson a descoperit că fiecare „casă” (adică fiecare atom) conține un anumit număr de clanțe care sunt identice și care sunt întotdeauna mai ușoare decât masa întregii locuințe.

Acest lucru avea legătură cu experimentul anterior – Thomson reușise să izoleze o foarte mică parte dintr-un

atom. De fapt, Thomson descoperise electronul! Aceste particule extrem, extrem de mici se află în interiorul atomului și au o sarcină negativă.

În acest moment n-o să mai urmez îndeaproape istoria descoperirilor științifice și voi spune că un atom este format din trei tipuri de particule: electroni, protoni și neutroni. Protonii (care au o sarcină electrică pozitivă) și neutronii (care sunt, așa cum ai ghicit, neutri) sunt localizați în interiorul nucleului (centrul atomului), în timp ce electronii se află în afara nucleului. Cu alte cuvinte, dacă organismul meu ar fi un atom, protonii și neutronii ar fi ficatul, respectiv rinichii. Electronii ar fi orice altceva din afara corpului, cum ar fi o geacă sau mănușile.

Tot așa cum mi-ar fi foarte ușor să-i dau cuiva geaca sau să-i împrumut mănușile, atomii pot foarte ușor să facă schimb de electroni. Pe de altă parte, nu i-ar fi prea ușor cuiva să-mi ia ficatul sau rinichii. Este posibil? Da. Aș mai fi aceeași persoană după operația chirurgicală? Nu. Tot astfel, este *extrem* de greu ca doi atomi să facă un transfer de protoni.

Numărul de protoni din nucleul unui atom definesc ce tip de element este. De exemplu, un atom de carbon va avea întotdeauna șase protoni în nucleu, iar un atom de azot va avea întotdeauna șapte protoni. Dacă atomul de azot ar pierde, cumva, un proton, ar înceta să mai fie același element. Acest proces – cunoscut și sub numele de chimie nucleară – poate avea loc doar în condiții foarte speciale. De fapt, în cele mai multe cazuri un neutron adițional trebuie să fie lansat cu viteză foarte mare înspre atom pentru a iniția un proces de descompunere nucleară. Această metodă este folosită, în prezent, pentru generarea de energie (adică de electricitate) în centralele nucleare.

Cu toate că rareori atomii pierd sau primesc protoni, le *place foarte mult* să facă schimb de electroni, iar acest proces are mare legătură cu structura unui atom.

Imaginează-ți cum te-ai îmbrăca pentru o zi friguroasă de iarnă, când afară tocmai a nins. Continuând analogia de mai sus, deja am stabilit că ficatul și rinichii tăi corespund nucleului unui atom, mai precis, protonilor și neutronilor. Să vedem, în continuare, ce ar reprezenta fiecare strat de îmbrăcăminte de pe tine. Hainele cele mai aproape de piele, sau lenjeria intimă, ar corespunde primului strat de electroni. Bluza și pantalonii ar fi următorul strat de electroni, urmat de geaca și pantalonii de fâș.

Electronii din ultimul strat – cel corespunzător „gecii” – sunt extrem de importanți în chimie. Ei se numesc electroni de *valență*, fiind electronii care sunt schimbați cu ușurință cu alți atomi în timpul reacțiilor chimice. Și tot așa cum învelișul de haine ne protejează corpul de temperaturile reci din timpul iernii, straturile exterioare ale unui atom protejează ce se află în interiorul acestuia – sau straturile interne – de forțele din exterior.

Electronii din straturile interne *nu pot* intra în reacție cu alți atomi, pentru că sunt apărați de electronii de valență. E la fel ca în situația în care colegii tăi de la serviciu nu-ți pot vedea lenjeria intimă, pentru că e „blindată” de cămașa sau geaca de pe tine.

Acest aranjament funcționează foarte bine pentru atom, fiindcă fiecare strat de electroni este încărcat negativ și se resping reciproc. Astfel se creează mici spații libere între straturile de electroni – la fel cum există întotdeauna un spațiu liber între cămașa și geaca de pe tine.

Voi duce analogia mai departe, spunând că atomii sunt de diferite mărimi, iar asta depinde de câte straturi „îmbracă”

un atom. Cu toții știm pe cineva care trebuie să îmbrace un munte de haine ca să nu sufere iarna de frig, în timp ce alții se plimbă peste tot în sandale și pantaloni scurți cea mai mare parte a anului. Aceeași situație o regăsim la nivelul atomilor: atomii mai mici au foarte puține straturi de electroni, în timp ce atomii mari au straturi peste straturi de electroni.

Când mă refer la electronii *de valență*, amintește-ți că aceștia sunt ca o „geacă” care se află pe învelișul exterior al unui atom. Și tot așa cum îți dai jos geaca într-o zi însorită pentru a simți mai bine căldura soarelui, acești electroni sunt mereu gata să-și părăsească învelișul și să reacționeze, sub forțe externe.

S-ar putea să ți se pară extrem de surprinzător, dar oamenii de știință nu și-au dat seama de această caracteristică a electronilor decât în 1932. În mare parte, acest lucru a fost determinat de faptul că oamenii de știință au lucrat secole la rând izolați unii de alții și având puține informații la dispoziție (să nu uităm că este vorba de o perioadă de dinainte de internet). Până foarte de curând, înțelegerea profundă a chimiei a fost un proces încet și monoton. Din fericire, acum știm că atomii sunt formați din protoni, neutroni și electroni, și că electronii pot trece rapid de la un atom la altul. De asemenea, tot la acea vreme, oamenii de știință din toată lumea și-au dat seama că este nevoie de un mod uniform de a organiza ceea ce se știa deja despre fiecare tip de atom în parte.

Și astfel a fost creat tabelul periodic al elementelor.

Tabelul periodic este mai mult decât o sursă de referință la care ai apelat în timpul orelor de chimie. Pentru oamenii de știință ca mine este un instrument de lucru esențial, pentru că e de ajuns o singură privire ca să aflu tot ce trebuie să știu despre un element anume, caracteristicile sale și cum se vor comporta și vor interacționa atomii acestuia.

Dar să începem cu câteva chestiuni de bază. Când a fost conceput tabelul periodic, fiecărui element trebuia să i se desemneze un nume și un simbol chimic. Pare o treabă ușoară, dar n-a fost chiar așa. Deseori s-a întâmplat ca doi oameni de știință să descopere – sau să pretindă că au făcut-o – același element în aceeași perioadă și să-i dea nume diferite. Și atunci, întrebarea care s-a pus deseori a fost: care este numele oficial al elementului? Îți poți imagina ce dispută s-a creat când, de exemplu, panchromiumul a fost numit vanadiu sau wolframul a fost numit tungsten.

Până în 1997 – deci foarte recent –, Statele Unite, Rusia și Germania s-au certat la cuțite pe tema denumirilor elementelor de la poziția 104 până la 109 în tabelul periodic. În 2002, forul IUPAC (International Union for Pure and Applied Chemistry) a pus capăt certurilor, publicând o serie de recomandări în legătură cu modul în care elementele nou descoperite ar trebui să fie numite pe viitor. Aceste recomandări sunt respectate cu religiozitate acum, dar încă trece mult – chiar și zece ani –, până când lumea cade de acord asupra denumirii oficiale a unui nou element.

Stabilirea simbolului chimic al unui element e o treabă mult mai ușoară, pentru că acesta este prescurtarea numelui. Cele mai multe dintre ele sunt ușor de identificat – de exemplu, H de la hidrogen, C de la carbon –, dar altele sunt mai puțin previzibile, cum e cazul fierului*. Alte două simboluri chimice pe care le-ai putea întâlni într-un concurs de cultură generală este W de la wolfram (tungsten) sau Hg de la hidrargir (mercur).

După ce fiecărui element i se distribuie un nume și un simbol, va primi și un număr atomic. Numărul atomic corespunde

* În engleză, termenul care desemnează fierul este *iron*, simbolul fiind Fe, de la latinescul *ferrum*. Legătura dintre simbol și element chimic este transparentă în limba română (n.t.).

numărului de protoni din nucleu. Hidrogenul are numărul atomic unu, ceea ce înseamnă că are un singur proton în nucleu. Cel mai mare număr atomic cunoscut până în prezent este 118 și aparține unui element numit oganesson (Og), care are 118 protoni în nucleu.

Dar asta înseamnă că în afara nucleului oganessonul trebuie să aibă, de asemenea, 118 electroni. Asta din cauză că numărul atomic al unui element indică, de asemenea, câți electroni posedă acesta.

Este important de reținut că se consideră că toate elementele sunt neutre. Asta înseamnă că numărul de protoni din interiorul nucleului este egal cu numărul electronilor din afara sa. Astfel, dacă luăm numărul atomic al hidrogenului - 1 - știm că are un proton înăuntru și un electron în afară. Ca să mă exprim într-un limbaj mai tehnic, acel unic proton din interior are o sarcină pozitivă (+1), care anulează sarcina negativă (-1) a electronului, făcând ca atomul să aibă sarcină neutră (0). Am putea face un calcul asemănător pentru oganesson: $118 + (-118) = 0$.

Din păcate, în cazul neutronilor, treaba e mai complicată. Numărul neutronilor variază de la un atom la altul, chiar și în cazul atomilor aceluiasi element. Din această cauză, chimiștii au decis să introducă încă un număr în tabelul periodic. Ceea ce se numește masă atomică reprezintă numărul de protoni și de neutroni din interiorul nucleului unui element oarecare. Spre deosebire de numărul atomic, masa atomică este rareori un număr întreg. Asta e din cauză că oamenii de știință utilizează *media ponderată* a numărului neutronilor dintr-un atom, pe care o adună cu numărul protonilor, obținând astfel masa atomică.

În general, între protonii și neutronii unui atom există un raport aproximativ egal, foarte aproape de 1:1. Asta înseamnă

că putem estima care e masa atomică dublând numărul atomic. De exemplu, magneziul are numărul atomic 12, iar masa atomică 24,31 (având 12 protoni și o medie ponderată de 12,31 neutroni), în timp ce calciul are numărul atomic 20, iar masa atomică 40,08 (având 20 protoni și o medie ponderată de 20,08 neutroni).

Dar, la fel ca întotdeauna, în știință, există excepții pentru fiecare regulă. De exemplu, uraniul are numărul atomic 92, așa că te-ai putea aștepta să aibă masa atomică în jur de 184. În schimb, are masa atomică 238,03, din cauza câtorva izotopi de uraniu care au un număr variabil de neutroni. Cei mai mulți atomi – printre ei, uraniul – au mai mulți *izotopi*, iar izotopii apar când doi sau mai mulți atomi ai aceluiași element au un număr diferit de neutroni. Întrucât niciunul dintre izotopi nu este „mai bun” decât ceilalți, atomii sunt grupați cu toții laolaltă și se calculează, pur și simplu, numărul mediu de neutroni.

Acest număr mediu este inclus în notația standard cu ajutorul căreia ne referim la un tip de atom.

În cazul uraniului ne referim la acest număr prin expresia uraniu-238. Magneziul și calciul sunt magneziu-24 și calciu-40.

Odată ce oamenii de știință au stabilit numele, simbolul chimic, numărul atomic și masa atomică pentru toate elementele chimice, au dorit să le organizeze într-un mod care să-i ajute să facă predicții în legătură cu reactivitatea chimică. Ei aveau nevoie să știe în ce mod va reacționa fiecare element, pentru ca astfel să evite reacțiile periculoase – mai precis, să evite crearea unor gaze toxice sau să se arunce singuri în aer. Cel mai bun mod de a face acest lucru este să identifice ce au în comun atomii elementelor, grupându-i în funcție de proprietățile lor fizice și chimice.

IZOTOPII

Îmi place să spun despre izotopi că sunt atomi cu personalitate. Un izotop apare când doi sau mai mulți atomi din același element au un număr diferit de neutroni. Izotopii sunt larg răspândiți în natură, dar nu prea ocupă prim-planul în lecțiile de chimie, întrucât neutronii sunt neutri. Astfel, aceștia nu afectează modul în care atomii se comportă în reacțiile chimice obișnuite. (În schimb, se vorbește des despre ceea ce le afectează: protonii și electronii.)

Acestea fiind spuse, oamenii de știință au caracterizat detaliat fiecare izotop descoperit, ceea ce mi se pare foarte fain. La fel ca Lady Gaga, izotopii sunt „born that way” și există în mod natural pe Pământ cu câțiva neutroni în plus.

Un excelent exemplu în acest sens este carbonul. Majoritatea atomilor de carbon au șase protoni și șase neutroni. Totuși *unii* atomi de carbon conțin șapte sau chiar opt neutroni. Acești neutroni suplimentari nu fac ca atomii de carbon respectivi să fie mai reactivi sau mai stabili chimic, dar datorită lor ei poartă denumirea de izotopi.

E ca și cum ai avea doi câini dalmațieni care arată exact la fel, doar că unul dintre ei are mai multe pete decât celălalt. Cei doi câini sunt aproape identici, iar cele câteva pete în plus nu schimbă nimic important din felul cum arată sau se comportă câinii respectivi. Exact la fel se întâmplă cu izotopii – neutronii în plus nu schimbă, de obicei, nimic din ceea ce face atomul sau elementul chimic respectiv, nici măcar reactivitatea sa față de celelalte elemente. Este doar un detaliu în plus.

S-au făcut mai multe încercări de a aranja elementele chimice într-o ordine logică. Un chimist german, pe nume Johann Döbereiner, a încercat să le ordoneze în grupuri de câte trei și curând a observat că atomii mai mari erau deseori explozivi. Curând după încercarea sa, alt chimist german, Peter Kremers, a încercat să unească două triade, formându-se astfel scheme în formă de T. Problema cu metoda triadei era că existau mai multe moduri de a grupa triade în forma literei T și nu exista nicio modalitate ușoară de a compara un grup cu alt grup.

Însă doi oameni de știință care au lucrat independent – Dmitri Mendeleev și Lothar Meyer – și-au dat seama că pot organiza *toate* elementele chimice într-un *singur* tabel ordonându-le crescător în funcție de masa atomică. Cu ajutorul acestei metode ei au pus laolaltă toate triadele aranjate în forma literei T, ca într-un joc de puzzle, obținând astfel primul tabel periodic al elementelor.

Unicitatea primului tabel periodic al lui Mendeleev este că includea două „noi” elemente chimice. În timp ce aranja elementele în tabel, Mendeleev a sesizat niște regularități comparând masele atomice ale elementelor cunoscute și și-a dat seama că trebuie să lase loc liber în tabel pentru alte două elemente încă nedescoperite. Să ne gândim la următorul exemplu – profesorul de matematică îți cere să identifici numărul care lipsește în următorul șir: 2, 4, 8, 10. Sper că ți-ai dat seama că numărul care lipsește este 6, iar șirul ar trebui să fie 2, 4, 6, 8, 10.

Mendeleev a făcut ceva foarte asemănător. Studiind grupuri de atomi care aveau același număr de electroni de valență, a observat că tiparul format de masele lor atomice nu e chiar în regulă. Astfel, Mendeleev a susținut nu doar că urmează să mai fie descoperite anumite elemente chimice,

dar a putut să prevadă și care va fi masa lor atomică relativă. La fel ca în cazul mai multor oameni de știință despre care am vorbit până acum, intuiția lui Mendeleev a funcționat corect. Odată ce galiul (Ga) și germaniul (Ge) au fost izolate și identificate, în 1875, respectiv, în 1886, Mendeleev a primit, în sfârșit, recunoașterea meritată pentru crearea primului tabel periodic.

Tabelul periodic folosit în prezent este bazat pe cel creat de Mendeleev. Conține șapte rânduri și optsprezece coloane formate din mici căsuțe. Căsuțele corespund câte unui element și fiecare dintre ele conține cele patru tipuri de informație standard pe care oamenii de știință le folosesc încă de pe vremea lui Mendeleev pentru a caracteriza elementele: simbolul chimic, numele elementului, numărul atomic și masa atomică. Pentru că aceste informații sunt atât accesibile, chimiștii ca mine și ca tine pot să determine în câteva secunde numărul protonilor, al electronilor și al electronilor de valență ai fiecărui atom.

Tabelul este esențial pentru oamenii de știință pentru că oferă o cantitate incredibil de mare de informație despre elementele chimice din care este compusă toată materia. (Este atât de important încât universitatea de care aparțin a organizat o petrecere anul trecut pentru a marca 150 de ani de la inventarea sa.) Am avut un tabel periodic făcut din brioșe, eu am făcut câteva demonstrații, iar decanul facultății noastre a ținut un discurs excelent. A fost una dintre cele mai faine petreceri la care am participat și a fost 100% pentru „tocilari”.

La sfârșitul cărții găsești un tabel periodic, dar, dacă vrei varianta electronică, ți-o recomand pe cea de la adresa ptable.com. Voi face referire de mai multe ori la tabelul periodic, de-a lungul acestei cărți, așa că aș vrea să mă asigur că știți