

STEVE LEVINE

# PUTEREA



DESPRE INVENȚIA BATERIEI CARE VA SALVA LUMEA



Traducere din limba engleză  
de Alina Grozea

 ACT și Politon

2019

Lui Avery LeVine și Muratbek Nurlybayev

# Cuprins

## PARTEA I: MIZELE

1. Războiul lui Jeff Chamberlain	11
2. De ce Argonne i-a permis accesul lui Wan	15
3. Un loc bun pentru a face știință	19
4. „Descurajarea din ochii obosiți”	26
5. Profesorul Goodenough	34
6. Dublul maratonist	40
7. Lumea bateriilor este înșelătoare	50
8. Crearea compusului nichel-mangan-cobalt (NMC)	57
9. Omul din Casablanca	68
10. Furt în laborator	75
11. Noul șef	82
12. O mică discuție cu sud-coreenii	94
13. Ce a spus Andy Grove	100
14. Cum să îndrumi mințile luminate	102

## PARTEA A II-A: STRĂINI ÎN LABORATOR

15. Start-up-ul	109
16. Din India (și din China, și din Africa)	115
17. De ce am rămas în Chicago	126
18. Oferta publică inițială	137
19. Omul de la mașini	142
20. Oamenii de la Bell	154
21. Misterul politicii „fără start-up-uri”	163
22. Afurisitul de Centru!	179
23. Echipa Argonne	183
24. Foc	189
25. Șansă de a câștiga la loterie	194

26. „E o problemă cu materialul vostru”	198
27. O soluție tehnică	211
28. Aprofundarea problemei tensiunii	219

## PARTEA A III-A: RĂFUIALA

29. Orlando	229
30. Oamenii cu vechea tehnologie	235
31. Numai cei iraționali sau naivi vor ieși victorioși	246
32. Bateria de 480 de km	249
33. ARPA-E	259
34. Bătrânii și tinerii	270
35. Echipa roșie	281
36. Centrul de comandă	290
37. Ajungerea la o înțelegere	298
38. „Dar ce este în neregulă cu mine?”	304
39. „Scapă de vechea paradigmă”	313
40. Așteptarea	323
41. Afacerea	329
42. Veștile de la Envia	335
43. Marele om de la Argonne	346
44. Evaluarea după al doilea trimestru	351
45. Cutia neagră	355
46. Înapoi în cursă	366
Postfață	367
Mulțumiri	371
Anexa A	375
Anexa B	379
Note	380

PARTEA I



# MIZELE



## Războiul lui Jeff Chamberlain

**W**an Gang îl îngrijora pe Jeff Chamberlain. Înainte de a se întoarce acasă la Beijing, Wan, ministrul chinez al Științei, a cerut să viziteze două locuri – Laboratorul Național Argonne, un centru de cercetare federal protejat din afara orașului Chicago, și o uzină din apropierea orașului Detroit, unde General Motors testa modelul Volt, prima mașină electrică de acest gen din lume. Bătând fără încetare cu degetul într-o carte, Chamberlain a spus că Wan nu era un simplu vizitator. El avea o misiune, aceea de a urmări echipa de genii a lui Chamberlain, oamenii de știință pe care îi coordona în cadrul Departamentului de Baterii de la Argonne. Ei inventaseră tehnologia revoluționară a bateriei litiu-ion folosită la modelul Volt, iar Wan, Chamberlain era sigur de asta, spera să-și însușească munca de la Argonne. Dar Chamberlain nu avea să-l lase. Era un război, a spus el – un război al bateriilor. Și avea dreptate.

Wan a sosit la Argonne în vara anului 2010, plin de entuziasm și neîndoielnic politicos, cu ochii blânzi și arătându-și cei cincizeci și opt de ani ai săi. Un oficial superior al Departamentului de Energie s-a urcat în autobuz alături de el și de însoțitorii săi pentru un tur al laboratorului, iar Wan a pus o avalanșă de întrebări, în timp ce oferea propriile

observații. „Facem experimente pentru a crea combustibil pe bază de hidrogen din gazul emis de deșeuri”, a spus el. „Costul e la jumătate din cel al benzinei.”

Astfel de discuții îi fermecau pe băieții de la baterii. Wan era expert în știința materialelor și avea propriul palmares de progrese, așadar vorbea deschis ca de la egal la egal. A ajutat faptul că Wan nu a menționat explicit compusul nichel-mangan-cobalt (NMC), aflat la baza invenției Argonne pentru mașina Volt. În plus, avea o poveste personală considerabilă. Crescând în sărăcie în mediul rural de la periferia Shanghaiului, Wan a povestit cum suferea de foame și ara câmpurile cu tractorul, singurul autovehicul pe care îl condusesese vreodată. După aceea, a avut o serie de locuri de muncă în cercetare și a intrat în primul său program de doctorat la Universitatea de Tehnologie din Clausthal, în Germania. După ce a absolvit, Audi l-a angajat ca inginer și a avansat în funcția de manager de proiectare al filialei de mașini electrice din Stuttgart a producătorului de automobile, o poziție extrem de prestigioasă. În total, la Audi a lucrat timp de unsprezece ani, până când într-o zi fostul său mentor academic de la Universitatea Tongji din Shanghai a vizitat uzina. El i-a spus lui Wan să-și transforme propria țară într-o putere a producției de mașini electrice, și nu Germania. Wan s-a întors în China, unde i s-a mai întâmplat ceva fericit: președintele Hu Jintao l-a solicitat să formuleze o politică privind vehiculele electrice și să facă din China producătorul numărul unu din lume. El l-a ridicat la rangul de ministru, primul din anii '50 încoace care nu făcea parte din Partidul Comunist. Acum sarcina lui Wan era să ducă la îndeplinire dorința lui Hu. Părerea predominantă din străinătate era că, fiind vorba de China, Wan va reuși.

Ceea ce i-a făcut pe americani să revină la neliniștea lor inițială, după ce începuseră să-l placă.

În seara dinaintea vizitei sale la Argonne, Wan ronțăia creveți la o recepție pe terasa Centrului Kennedy din Washington, D.C., când un american l-a recunoscut și s-a apropiat. Wan părea să nu aștepte decât această conversație întâmplătoare. A luat o ultimă îmbucătură și a sărit să-l întâmpine. „De ce nu stăm acolo?”, a spus el, arătând spre cafenea.

Au discutat pe teme personale și, când s-a ajuns la mașini, Wan a fost de acord că avea loc o cursă între națiunile industrializate. Toți erau hotărâți să creeze o nouă baterie-minune care să ducă la fabricarea pe scară largă a vehiculelor electrice. Aveau doar metode diferite de a ajunge acolo. Wan era prea rafinat pentru a prevesti direct că țara lui va câștiga cursa, dar a numit indicatorii care semnalau progresul. „Cel mai important lucru este obținerea primului procent de piață”, a spus el, ceea ce însemna 150.000 de mașini electrice pe șoselele Chinei. „Acest lucru va valida tehnologia. De acolo, nu va fi atât de greu să ajungi la zece procente din piață, peste trei sau patru ani.” Scopul său pentru început era vânzarea a 500.000 de mașini, aproape același obiectiv stabilit de Barack Obama pentru Statele Unite, și un milion de mașini până în anul 2015. Era vorba despre o mulțime de automobile. Dar cifrele reflectau și o bravadă. Ambele țări le umflaseră pentru a-și impresiona și intimida rivalii.

A doua zi dimineată, la Argonne, Wan și gazdele sale au intrat în sala de conferințe. Un om de știință american cu state vechi, pe nume Al Sattelberger, a condus prezentarea. A expus planșele pe două ecrane mari. Wan l-a întrerupt:



„Ați înregistrat niște realizări remarcabile aici”, a spus el. „Prin urmare, astăzi am multe întrebări pentru dumneavoastră.”

„De aceea și transpir de emoție”, a spus Sattelberger.

Sala a izbucnit în râs. În special americanii, care chiar transpirau. Argonne posedă o forță intelectuală și invenții formidabile, cum ar fi brevetul american pentru marea sa descoperire, NMC. Atinsese trei obiective majore – făcând ca modelul Volt să străbată 65 de km cu o singură încărcare și să accelereze rapid, și toate acestea fără să ia foc. Dar, în ciuda realizărilor recente, Statele Unite rămăseseră cu mult în urma rivalilor săi. După mai bine de un deceniu de producție, Japonia și Coreea de Sud controlau două treimi din piața de baterii de consum, cum ar fi AA, AAA și tehnologia litiu-ion utilizată la telefoanele inteligente. Acest lucru le-a dat un avans pe terenul de probă unde noile tehnologii sunt validate sau distruse: podeaua fabricii. Majoritatea invențiilor de succes au devenit astfel când problemele au fost rezolvate prin testele de încercare și eroare cu consumatori reali – ceea ce japonezii și sud-coreenii făcuseră – și care altfel ar fi putut fi date uitării. Acum, chinezii adoptaseră principiul și emisese un acord oficial ce impunea unui număr de 24 de companii să scoată pe piață modelele în doi sau trei ani. Acest lucru i-a determinat pe producătorii chinezi precum BYD, Chery și Geely să introducă vehicule electrice experimentale. Niciunul dintre rivalii Chinei, inclusiv Statele Unite, n-a putut să comande pur și simplu fabricarea unui milion de mașini electrice, cu certitudinea că acestea se vor produce. Conducătorii Chinei făcuseră astfel de isprăvi de nenumărate ori. Îl îngrozeau pe Jeff Chamberlain.

## De ce Argonne i-a permis accesul lui Wan

**U**nii s-ar putea întreba pe bună dreptate de ce i s-a permis lui Wan să viziteze Argonne. Raționamentul a fost că Statele Unite erau foarte mult în urmă. Americanii semănau cu japonezii în anii '70 și cu chinezii în anii '90 – abia învățau ceea ce alții știau deja. Dată fiind această realitate, cea mai vicleană cale era ca ei să lucreze umili alături de cei mai buni din lume, să adune ce informații puteau de pe urma unor vizite precum cea a lui Wan și să dobândească forța intelectuală care să-i impulsioneze spre victorie.

Criza globală a anilor 2008 și 2009 i-a pus în pericol pe americani, care erau hotărâți să construiască o nouă economie pe o fundație materială și nu pe bule speculative de natură financiară, imobiliară sau dot-com. Europeanii erau și ei temători și hotărâți să nu rămână în afara acestei noi frontiere. Economii asiatice propulsate prin export știau și ele că trebuie să găsească o altă cale. Wan Gang știa din istorie despre crizele financiare globale că dau naștere acelui tip de descoperiri tehnologice fundamentale care fac economiile să progreseze. El observase înainte ce înseamnă un astfel de progres în tehnologia energetică. La fel ca americanii și europenii, Wan a spus că bateriile puternice, accesibile și mașinile pe care le alimentează acestea

aveau să inițieze următorul mare boom economic. Bateriile erau o tehnologie subevaluată – ele aduseseră deja revoluția în privința dispozitivelor electronice, a spus el, și acum erau pe cale să facă și mai multe.

Alții se concentrau asupra modului în care o baterie transformată ar putea zguduï geopolitica. O eră electrică ar fi redus cererea de petrol, și astfel puterile petroliere în expansiune rapidă cum ar fi Rusia lui Vladimir Putin, familia conducătoare a Arabiei Saudite și Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol ar fi pierdut venituri de zeci de miliarde de dolari. China ar fi putut să-și transfere populația în mașini electrice, să scape de propulsia cu benzină și să-și purifice astfel aerul. În general, lumea ar fi consumat mai puțin petrol și și-ar fi făcut mai puține griji pentru schimbările climatice.

Cifrele din spatele acestei manevre erau mari. Prognozele anuale ale pieței pentru bateriile avansate erau de aproximativ 25 de miliarde de dolari în 2020, jumătate din venitul brut al Google<sup>1</sup> pe anul 2012. Această sumă s-ar dubla în eventualitatea probabilă în care prețurile petrolului s-ar stabili la un număr din trei cifre pe baril sau pe aproape și ar îndepărta șoferii de propulsia pe benzină. Vehiculele electrice și hibride care funcționează cu baterii ar ajunge la vânzări de 78 de miliarde de dolari până în 2020.<sup>2</sup> În cazul în care bateriile de mari dimensiuni ar putea stoca în mod economic energia electrică produsă de turbinele eoliene și panourile solare, aceasta ar însemna zeci de miliarde în plus în vânzări anuale.

Și totuși, cifrele respective erau valabile doar pentru deceniul curent. Părerea generală era că, după 2020, noile industrii vor lua proporții încă și mai mari, la nivelul de

astăzi al companiilor ExxonMobil, General Electric și Toyota, genul de companii rare, valoroase, capabile să alimenteze o întreagă economie viitoare. Până în 2030, companiile producătoare de baterii avansate se vor transforma într-o industrie de 100 de miliarde de dolari pe an, iar afacerile cu mașini electrice vor deveni corporații gigantice cu venituri de peste 100 de miliarde de dolari anual.<sup>3</sup>

Când căutai justificări pentru acest entuziasm, auzai principala ipoteză că vehiculele hibride și pur electrice ar reprezenta 13 până la 15% din totalul mașinilor produse în lume până în 2020; după un deceniu sau două, ar ajunge la aproximativ 50% din producție.<sup>4</sup> Aceste estimări nu par nerezonabile atunci când luăm în considerare traiectoriile de vânzări întinse pe douăzeci, treizeci de ani pentru obseșiile anterioare ale consumatorilor, cum ar fi laptopurile și telefoanele mobile.

Indiferent de grija cu care au fost calculate, sumele erau îndrăznețe – nimeni n-ar putea prezice cu acuratețe piața unor produse care nu există încă. Dar liderii majorității țărilor industrializate ale lumii – Japonia și Coreea de Sud, Brazilia, Finlanda, Franța, Germania, Israel, Malaysia, Rusia, Singapore, Africa de Sud și Marea Britanie, ca să nu mai vorbim de Statele Unite și China – au decis că e vorba de o competiție între ele, și chiar așa era. După cum spunea un ministru al guvernului francez, a fost o „bătălie a automobilului electric”.<sup>5</sup>

Datorită palmarelui său în îndeplinirea obiectivelor la scară mare, China domina cursa. Cu toate acestea, pe băieții de la Argonne îi alina gândul că totuși nu o câștigase încă. În primul rând, deocamdată producea o tehnologie de mâna a doua. Companiile japoneze, cu avansul lor de

două decenii în producție, dețineau un procent impresionant de 43% din piața globală a bateriilor de litiu-ion. Coreea de Sud deținea încă 23%. În ceea ce privește Statele Unite, unii oameni nu le luau în calcul, dar nu foarte mulți. Deoarece în cazul bateriei litiu-ion mai era loc teoretic pentru o performanță aproape dublă față de cea actuală, iar Statele Unite aveau și oameni de știință capabili, și o piață vastă, încă era loc de experimentare.

Un om de știință cu experiență de la Argonne a spus că, atunci când Wan a vizitat laboratorul, înțelesul subtil era: „Cum putem beneficia de pe urma acestei vizite?”. Faptul a creat un joc dublu de spionaj. Managerii laboratorului se concentrau în mod deliberat pe bucățile de conversație în care Wan și-ar fi putut dezvălui din greșeală secretele. Cu toate acestea, au cam forțat limitele bunei cuviințe. În timpul discursului său pe podium, de exemplu, Chamberlain a menționat un grup de companii germane, japoneze și sud-coreene – BASF, Panasonic, Samsung, LG Chemical – care își reconfigurau bateriile cu NMC. Ele căutau să obțină o energie dublă față de bateriile compuse din litiu-fier-fosfat, preferate de producătorii din China. Wan sigur știa deja asta, a remarcat Chamberlain, candid. Dacă Wan a perceput-o drept un afront la strategia chineză, nu a lăsat să se vadă. Dat fiind că obținuse acces privilegiat în laborator, părea extrem de atent să asculte istoria laboratorului Argonne și să examineze o parte dintre bijuteriile coroanei.

## Un loc bun pentru a face știință

**D**eși investitorii cu capital de risc și alți titani din Silicon Valley ar putea diminua importanța științei conduse de guvern, nu așa au vorbit despre cele șaptesprezece laboratoare naționale ale Departamentului de Energie. Argonne se bucura de un respect deosebit datorită trecutului său. Povestea sa începea în anul 1942, când laureatul premiului Nobel, Enrico Fermi, s-a dus la Chicago pe când se pregătea proiectul Manhattan. Fermi a înființat un laborator temporar dedesubtul stadionului de fotbal Stagg Field la Universitatea din Chicago și l-a numit „Met Lab”, de la Laboratorul metalurgic. Obsedat să țină totul secret, el și colaboratorii lui nu le-au spus nici măcar soțiilor despre marea descoperire – și anume că Fermi a creat prima reacție nucleară în lanț autoîntreținută din lume, care a dat startul epocii nucleare. Singura lor dezvăluire a fost codificată și înaintată șefului de proiect: „Navigatorul italian tocmai a debarcat în Lumea Nouă”.

„Băștinașii au fost prietenoși?”, a venit replica.

„Toată lumea a ajuns în siguranță și este fericită.”<sup>1</sup>

Fermi s-a mutat apoi la Los Alamos pentru a ajuta la construirea primei bombe atomice din lume, iar Laboratorul Met și-a continuat activitatea fără el.

Dieter Gruen, în vârstă de optzeci și nouă de ani, a lucrat la Argonne timp de șase decenii, aproape de la începuturile Stagg Field. „Acesta e Glenn Seaborg”, a spus el în biroul său, arătând spre o fotografie înrămată a celui care a luat parte la crearea plutoniului. Gruen era mic de statură și purta un sacou de mătase cu model brăduț. Când avea paisprezece ani, Gruen și fratele lui mai mare au fugit din Germania nazistă și au reușit să ajungă în Statele Unite. Gruen a urmat liceul din Little Rock, Arkansas, apoi Universitatea Northwestern, unde a studiat fizica. În 1944, s-a dus la Stagg Field cu diploma de licență. Avea douăzeci și unu de ani. Al Doilea Război Mondial era într-o etapă critică – tocmai avusese loc Operațiunea Neptun\* – și tinerii ca el erau foarte căutați de către managerii Proiectului Manhattan. A fost trimis imediat la Oak Ridge, Tennessee, pentru a ajuta la producerea de uraniu-235 care urma să fie trimis producătorilor de bombe din Los Alamos, o operațiune care suferea întârzieri.

La Oak Ridge, Gruen a dat peste treizeci de mii de oameni. Orașul fusese construit practic peste noapte, doar pentru ei. Era o mare de noroi. Se construia peste tot. Gruen a dormit într-o cazarmă cunoscută sub numele de West Village 54. Fuseseră construite mașinării enorme, numite calutroni, pentru a produce uraniu-235. Aleseseră Oak Ridge pentru că era aproape de puternicul Baraj Norris, primul mare proiect al autorității FDR (Franklin Delano Roosevelt) din Tennessee Valley, care putea oferi volumul imens de energie electrică pe care îl cereau calutronii.

Astfel au mers lucrurile timp de optsprezece luni, până când războiul s-a încheiat cu bombardamentele atomice de la Hiroshima și Nagasaki. Activitatea de la Oak Ridge a

---

\* Numită și „Debarcările din Normandia”. (n.tr.)

încetat. Gruen s-a întors la Stagg Field, începându-și în același timp studiile postuniversitare la Universitatea din Chicago – Met fusese numit primul laborator național al țării și el avea multe de făcut acolo. Era atât de mult de lucru, încât Met devenise prea mic. Șefii laboratorului au început să caute un nou sediu. Au pus ochii pe un loc numit Tulgey Wood (Pădurea Tulgey), un teren agricol de optzeci și unu de hectare la vreo 40 de kilometri sud-vest de oraș, de-a lungul șoselei Route 66.

În 1936, Erwin O. Freund, un titan al cârnaților care a inventat hotdogii fără piele, și-a numit noua proprietate, Tulgey Wood, după pădurea din Alice în Țara Minunilor. Freund era extravagant și excentric. Pusese mici sculpturi pictate ale lui Tweedledee, Tweedledum și alte personaje ale lui Lewis Carroll de-a lungul aleilor de pe proprietate. Avea doi cimpanzei ca animale de companie, plus oi și păuni, creștea boxeri pentru concursuri într-un adăpost cu aer condiționat și amenajase lacuri mărginite de piatră calcaroasă pentru a se plimba cu barca pe timpul verii și pentru a patina pe gheață, iarna. Atunci când un prieten fabricant de stofe i-a dat lui Freund șapte căprioare – din specia numită Dama dama, care la naștere sunt de culoare cafenie, dar la maturitate devin complet albe –, el le-a îngrijit și pe acestea.

Freund s-a împotrivit când a aflat că șefii Met au stabilit ca Tulgey Wood să fie noul sediu al laboratorului. El a decis să recurgă „la orice mijloc care îmi stă la dispoziție, atât timp cât e nevoie, pentru ca proprietatea să nu-mi fie luată”.<sup>2</sup> Intenția guvernului era să cumpere proprietatea, nu să o confişte, și totuși Freund s-a luptat să-și păstreze pământurile. Litigiul a continuat timp de un an, până când, în



1947, Freund a murit brusc în urma unui atac de cord, ceea ce a făcut ca achiziția federală să meargă înainte.

Câinii au fost ușor de mutat, dar căprioarele trebuiau duse în rezervații naturale. Totuși, unele pur și simplu nu au putut fi prinse și au fost lăsate în libertate. De-a lungul timpului, oamenii de știință au observat că turma a crescut, „au fost zărite căprioare la marginea pădurii, în ceața dimineții, pe un mic dâmb, în timpul unei ploii de seară sau apărând în lumina farurilor, pe timp de noapte”<sup>3</sup>. Ele au devenit vestigiile marelui proiect al lui Erwin Freund.

Dar cum să se numească oficial Met acum că a ocupat un nou loc? Cineva a sugerat Laboratorul Fermi, dar cum asemenea dedicări omagiau în mod normal o persoană decedată, iar omul de știință încă mai trăia, a fost ales numele unui oraș local – Argonne.

Guvernul a achiziționat și alte terenuri agricole înconjurătoare, astfel că Argonne se întindea acum pe 1.660 de hectare. Pentru a-l umple, muncitorii au plantat aproximativ un milion de puieți de pin, care au crescut și au devenit o casă uriașă pentru turma tot mai mare de căprioare. Argonne arăta în continuare ca o bază militară, cu cabane Quonset\* răspândite ici-colo, ridicate pe post de birouri. În anii 1950, au fost adăugate structuri din cărămidă roșie. Au primit numere, în loc de nume. Clădirea 205 a fost terminată în 1951. Structura cu două etaje avea să devină astfel sediul Departamentului de Baterii de la Argonne.

---

\* Structuri prefabricate semicirculare simple, din oțel ondulat. Acestea au fost numite cabane Quonset după primul lor loc de asamblare, Quonset Point, în orașul Davisville, Rhode Island. (n.ed.)

Mulți dintre primii oameni de știință de la Argonne făceau naveta de la Chicago cu un autobuz la prețul de 35 de cenți cursa. Laboratorul a asigurat acest serviciu deoarece aproape întregul personal locuia în oraș. Unii i-au spus Hyde Park „Micul Argonne”, datorită numărului de locuitori angajați de laborator. Călătoria dura nouăzeci de minute și se străbăteau drumuri pline de fabrici, depozite și zone de cale ferată, înainte de a se ajunge la terenurile agricole. Ar putea părea un drum lung, dar șoferul, un ventriloc amator, îi distra pe călători în timp ce conducea. Știa un truc care făcea pasagerii să tresară speriați căci auzeau o voce din spatele lor care le striga să urce mai repede. Dar, până la urmă, autobuzul a fost desființat, pe măsură ce oamenii de știință au renunțat la oraș și au căutat case în suburbiile învecinate ce începeau să apară, cum ar fi Aurora, Naperville și Downers Grove. Aceste comunități, cu rădăcini care ajung până în anii 1830, se opuneau adesea celor nou-veniți, iar Argonne a trebuit să garanteze pentru reputația lor înainte ca ei să se mute acolo. Cu toate acestea, într-un final majoritatea au fost acceptați, unii chiar întâmpinați cu brațele deschise. Printre aceștia din urmă se număra și Stephen Lawroski, șeful Diviziei de Tehnologie Chimică, pe care Tony Naperville l-a numit „Profesorul” și l-a onorat cu o invitație permanentă la micul dejun într-un club de demnitari locali, găzduit de un magazin general din centru.

Lui Dieter Gruen i s-a acordat doctoratul în 1951. Absolvenții cu performanțele lui aveau multe opțiuni. În întreaga industrie americană erau în curs de desfășurare cercetări fundamentale. A dat interviu la Laboratoarele Bell de la AT&T și a auzit de posturile de la General Electric, Ford și General Motors. Și universitățile recrutau profesori și

cercetători. Dar Gruen a rămas atras de Argonne, unde era deja cunoscut și încă mândru să muncească. Argonne ajunsese de acum una dintre cele mai importante unități de cercetare din lume. Experimentalistii s-au bucurat de finanțări curente de la Washington și de o libertate extraordinară pentru a cerceta ceea ce-i interesa. Gruen a acceptat insigna cu numărul 1989 și un birou în Clădirea 205.

La început, a fost repartizat într-o echipă care construia un submarin nuclear sub conducerea căpitanului Hyman Rickover. Sarcina lui era să-și dea seama cum să extragă hafniul din zirconiu, necesar în combinație cu uraniul pentru alimentarea submarinelor. Regimul era strict. Practic, totul era top secret, dat fiind faptul că rolul principal al Argonne era acela de a crea tehnologii nucleare. Gruen a simțit pericolul. Oamenii de știință purtau pantofi galbeni speciali și li se prelevau regulat eșantioane de urină, ambele fiind măsuri de precauție împotriva contaminării radioactive. Clădirea era înconjurată de un gard de 2,5 m, accesibilă numai printr-un post de gardă. Fiecare birou conținea un coș de gunoi roșu, pe care scria cu litere groase: de ars. Erau pentru documentele strict secrete de care nu mai era nevoie. Nu trebuia să incinerezi tu astfel de documente – eticheta era destinată personalului care se ocupa de curățenie. Dar cel puțin o dată, un om de știință a luat îndemnul ca atare, dând foc coșului de gunoi și umplând holul de fum.

În jur de două sute de oameni lucrau deja în Clădirea 205. Cei mai mulți dintre ei aveau între douăzeci și ceva și treizeci și ceva de ani, un amestec de bărbați și femei, ultimele în mare parte secretare, și mulți erau necăsătoriți. La prânz, bărbații jucau pinacle la subsol, iar în timpul zilei se recreau la o cafea în spațiile amenajate special pe fiecare

coridor. În weekend, oamenii de știință își făceau vizite unii altora, și numeroase cupluri chiar s-au căsătorit în final. Dar, în general, Argonne părea organizat pentru munca desfășurată acolo fără însă a ține seama de condițiile în care era efectuată. Doar camerele în care era absolută nevoie de aer condiționat erau echipate în acest sens, ceea ce însemna că, în verile umede, se forma condens pe conductele de apă aflate deasupra, picurându-i pe oamenii de știință. Unii își acopereau echipamentul cu plastic de protecție, dar și ei se udau adesea. La întâlnirile departamentale, cercetătorii supraîncălziți adormeau în mod regulat.

Lui Gruen nu i-a mai plăcut la Oak Ridge – lipsea intensitatea. La urma urmei, războiul se încheiase. Dacă ignori proiectele periculoase și strict secrete în curs de desfășurare, laboratorul părea unul obișnuit. Oamenii de știință lucrau de la nouă la cinci. În 1956, Gruen și soția sa s-au mutat la Downers Grove, care devenise un alt Mic Argonne. „Nu credem că mai locuia cineva în Downers Grove, cu excepția oamenilor care lucrau la Argonne”, a remarcat unul dintre copiii lor.

Cu toate acestea, Gruen a observat invidia prietenilor universitari. El avusese acces la niște echipamente rare și avansate. Dacă erai o „persoană importantă”, iar el fusese – a fost cel mai tânăr om de știință coordonator al echipei sale și a avut propriul grup de cercetare –, erai suficient de deștept ca să fii la Argonne.

## „Descurajarea din ochii oboșiți”

**U**neori, frenezia din anii '60 părea să vizeze Argonne. Văzându-și stigmatizate cercetările nucleare și bugetele reduse, unii oameni au crezut că existența laboratorului Argonne era amenințată. După un timp, directorul laboratorului a observat o „descurajare în ochii oboșiți” ai oamenilor de știință. Reamintindu-și de timpul pe care l-a petrecut el în laboratorul de cercetare al Exxon cu câțiva ani în urmă, directorul a presupus că mare parte din atmosfera sumbră nu se datora politicii naționale, ci ambianței de la Argonne – oamenii de știință ar fi muncit la capacitate maximă dacă ar fi avut spații de primă mână. El și-a rugat soția să-l ajute. În scurt timp, ea a chemat muncitori să schimbe pardoseala și să zugrăvească în Clădirea 205. S-au adăugat lumini în zonele publice, iar birourile, până atunci verde-pal, au fost zugrăvite în roz, auriu și albastru. Efectul general a fost o ambianță mai plăcută, „o clădire cu totul nouă”, mai ales datorită notei finale: o serie de concerte de jazz și blues.

Un cercetător venea cu o armă încărcată în laborator, explicând că a făcut școala într-un cartier rău famat și avea nevoie de protecție. A fost concediat când pistolul s-a descărcat în timp ce se schimba de haine și s-a rănit. „De acum înainte, nicio armă în vestiar”, a spus directorul diviziei. La

tombola anuală Turkey Raffle din amfiteatrul de la subsol, Sandy Preto, o cercetătoare din cadrul laboratorului care lucra și ca dansatoare din buric la un club din apropiere, și-a surprins colegii cu o reprezentație<sup>1</sup>.

De la început până la sfârșit, pericolele laboratorului nu au putut fi ignorate. Într-o zi, un nou om de știință pe nume Paul Nelson asista un cercetător cu experiență care încălzea și îngheța zincul topit amestecat cu câteva zecimi de gram de plutoniu. Purtau măști de gaz pentru protecție, dar amestecul s-a vărsat din greșeală și a trecut prin oțelul inoxidabil încălzit. Nelson a spus: „M-am gândit la copiii mei și am hotărât că este timpul să plec”. Colegii au făcut glume pe seama lui pentru că s-a speriat de puțin foc. Nu au mai fost atât de dezinvolți câțiva ani mai târziu, când un experiment cu uraniu și oxid de plutoniu a făcut să explodeze panourile de sticlă ale unui laborator de lucru, deformând zidurile de beton și dând naștere unui nor radioactiv.<sup>2</sup> Din greșeală, cercetătorii instalaseră invers aparatul de detecție a gazelor, ceea ce a dus la acumularea de hidrogen și oxigen. Echipajele de curățare au eliminat contaminarea, în timp ce oamenii de știință s-au aflat sub supraveghere medicală.

Unele lucruri au rămas neschimbate – privind într-o zi pe fereastră, Nelson a numărat optzeci și trei de căprioare albe –, dar Argonne îmbătrânea. În anii '70, un fost manager cu state vechi a comentat că în laborator „nu era chiar genul de atmosferă de vacanță care te-ai aștepta să ducă la relații romantice”.<sup>3</sup> Când apăreau sentimente intense, cercetătorii își îndreptau diferitele arme ale științei unul împotriva altuia. Inginerii îi numeau pe chimiști „farmaciști”, iar aceștia, la rândul lor, îi atacau spunându-le „instalatori”. Fizicienii aveau o părere la fel de proastă despre cei care se

ocupau cu știința materialelor, dar ei se autointitulaseră ca fiind „o parte a marii lumi științifice care gândește măreț”. Spre deosebire de oamenii de știință specializați în metode de stocare a energiei, care se încăpățâneau să plece acasă pentru cină la ora șase, fizicienii făceau frecvent ore suplimentare, munceau în weekenduri și în zilele de sărbătoare dacă era necesar, pentru a repara, să zicem, un accelerator de particule defect.<sup>4</sup>

Era un sâmbure de adevăr în ceea ce spuneau fizicienii – pe băieții de la Argonne care se ocupau de baterii nu te puteai baza.

Asta era ceva nou, pentru că în cea mai mare parte a secolului al XVIII-lea și al XIX-lea, bateriile și energia electrică pe care o conțineau erau tratate ca o forță aproape de neînțeles de către poeți, filosofi și oameni de știință. Celor care au dat startul erei electrice li s-a acordat un deosebit respect. Alessandro Volta a inventat prima baterie și astfel a început era electrică în 1799. A fost un triumf care a luat naștere dintr-o controversă cu colegul italian Luigi Galvani, care susținea că broaștele au un depozit intern de electricitate. Volta credea că electricitatea observată de Galvani provenea din metalele utilizate în experiment, nu de la broaște. Volta a creat o baterie în timp ce efectua experimente pentru a-l contrazice pe Galvani. Benjamin Franklin, un contemporan, inventase deja cuvântul pentru a descrie un dispozitiv electric rudimentar pe care îl construise din panouri de sticlă, plăci de plumb și fire electrice. Dar cea a lui Franklin a fost o baterie numai cu numele, în timp ce a lui Volta era o adevărată unitate de stocare electrică. După invenția lui Volta, oamenii de știință au continuat să

conecteze bateriile la cadavre, pentru a vedea dacă ar putea fi readuse la viață. Mulți se întrebau dacă electricitatea ar putea să vindece cancerul sau dacă ar fi chiar sursa vieții. Dacă sufletele erau impulsuri electrice?

Pentru a face o baterie, se începe cu două componente numite electrozi. Unul este încărcat negativ și se numește anod. Celălalt electrod, încărcat pozitiv, se numește catod. Când bateria produce electricitate – când se descarcă – atomii de litiu încărcăți pozitiv, cunoscuți drept ioni, se transferă de la electrodul negativ la cel pozitiv (acest proces îi dă bateriei numele: litiu-ion). Dar pentru a ajunge acolo, ionii au nevoie de un mediator – ceva prin care să circule –, iar acesta este o substanță numită electrolit. Dacă poți inversa procesul – dacă poți forța ionii să se întoarcă la electrodul negativ –, reîncarci bateria. Când poți face asta în repetate rânduri, transferând ionii de la un electrod la altul, ai ceea ce se numește o baterie reîncărcabilă. Dar aceasta este o calitate pe care numai anumite baterii o posedă.

Simplitatea bateriei – numărul extraordinar de mic al componentelor sale – a ajutat și în același timp a îngreunat eforturile oamenilor de știință de a îmbunătăți creația lui Volta. Nu aveau la dispoziție decât catodul, anodul și electrolitul, și o mulțime de elemente din întregul tabel periodic posibil adecvate pentru a le prelucra. Totuși, era cu dus și întors – nu aveai cum să eviți cele trei părți și, așa cum a devenit evident în curând, numai câteva elemente erau potrivite într-o baterie. În 1859, un fizician francez pe nume Gaston Planté a inventat bateria reîncărcabilă plumb-acid. Bateria lui Planté era formată dintr-un catod din oxid de plumb și un anod electron-greu din plumb metalic. Atunci când bateria descărca electricitate, electrozii reacționau



cu un electrolit de acid sulfuric, creând sulfat de plumb și producând curent electric. Structura lui Planté s-a întors însă foarte mult la începuturi – era ca bateria lui Volta numai așezată pe o parte, cu plăcile puse una lângă alta, nu una peste alta. Bateria Energizer, comercializată în 1980, a fost un urmaș foarte apropiat al invenției lui Planté. În mai mult de un secol, știința nu s-a schimbat.

În prima parte a secolului XX, mașinile electrice alimentate cu baterii plumb-acid păreau superioare rivalelor lor cu alimentare pe benzină, cu motor cu combustie internă. Dar o serie de invenții, printre care starterul electric (care a eclipsat incomoda manivelă rotativă de pornire a motorului), au dat în cele din urmă avantajul motorului cu combustie internă propulsat de benzină în care se produceau explozii în loc de curent electric. Timp de patru decenii, puțini păreau să creadă că lucrurile ar trebui să stea altfel.

În 1966, Ford Motor a încercat să aducă înapoi mașina electrică. A anunțat o baterie care folosea electrozi lichizi și un electrolit solid, opusul configurației lui Planté. Era un nou mod de a gândi, cu electrozi ușori – unul de sulf și celălalt de sodiu – care puteau stoca de cincisprezece ori mai multă energie decât bateria plumb-acid, în același spațiu.

Desigur, existau și dezavantaje. Bateria Ford nu funcționa la temperatura camerei, ci doar la aproximativ 300° Celsius. Motorul cu combustie internă funcționează la o temperatură optimă de circa 90° Celsius. Era riscant să conduci având sub capotă metale topite explozive mult mai fierbinți. Realist vorbind, asta ar limita utilizarea practică a bateriei la dispozitivele staționare, cum ar fi cele din centralele electrice. Totuși, la început, atât Ford, cât și publicul nu au ținut seama de prudență. Promițând mașini electrice care

nu poluează, Ford a captat imaginația populației anilor '60, brusc conștientă de smogul care îngheța orașele.

Publicația *Popular Science* a descris o etapă inițială în care mașinile electrice Ford cu baterii plumb-acid ar putea merge 65 km la o viteză maximă de 65 km/h. Pe măsură ce noile baterii sulf-sodiu ar începe să fie tot mai folosite, mașinile vor putea parcurge 320 km la viteze de autostradă, susținea Ford. Le-ai reîncărca după o oră și apoi ai merge alți 320 de kilometri. Doi reporteri rivali care au fost informați în același timp cu cei de la *Popular Science* au fost mai puțin impresionați – în ciuda declarațiilor lui Ford, unul dintre ei i-a șoptit omului de la *Popular Science* că mașinile electrice nu vor fi „niciodată” gata de utilizare.

Jurnalistul de la *Popular Science* a scris:

„S-au dus la mașinile lor, le-au pornit și au plecat, lăsând două urme de hidrocarburi neare, monoxid de carbon și alte substanțe poluante care să contribuie la întunecimea crescândă a atmosferei din Detroit. [Remarca celuilalt reporter] a fost bună. Dar nu are dreptate. Când dezvoltarea este cu adevărat necesară, ea se produce. Fără o schimbare drastică, orașele americane vor deveni în cele din urmă de nelocuit. Automobilul electric poate opri tendința de otrăvire a aerului. Detaliile încă trebuie stabilite. Dar se va întâmpla. Și nu peste mult timp.”<sup>5</sup>

Timp de câțiva ani, entuziasmul din jurul invenției Ford a fost din nou asemenea celui de inovator comercial al secolului al XIX-lea. În întreaga lume, cercetătorii au încercat să imite compania Ford și, dacă se putea, să facă un

motor electric mai bun decât al său. La fel ca în cazul energiei nucleare, Argonne a căutat să fie arbitrul noii ere. La sfârșitul anilor '60, un electrochimist agresiv pe nume Elton Cairns a devenit șeful noii unități de cercetare de la Argonne – Departamentul de Baterii. Cairns a inițiat un studiu cuprinzător al bateriilor ce funcționau la temperaturi înalte, precum cele create de Ford. Cineva a sugerat un autobuz electric hibrid, asistat de o celulă de combustie cu acid fosforic cu propulsie pe bază de metan, și a fost examinată și aceasta. Deschis la sugestii, directorul laboratorului a cerut numai ca orice invenție să aibă în vedere introducerea rapidă pe piață. Pentru a fi sigur că se va întâmpla astfel, a invitat companiile să trimită oameni de știință la Argonne, pentru perioade de câteva luni până la un an, și multe așa au și făcut.

John Goodenough, cercetător la Institutul de Tehnologie din Massachusetts (MIT), a spus că totul s-a schimbat brusc. Bateriile nu mai erau plictisitoare. Goodenough a atribuit frenezia unei combinații dintre embargoul impus petrolului arab în 1973, credința generală că resursele de petrol ale lumii erau pe sfârșite, și progresele științifice exaltante de ambele părți ale Atlanticului. Axându-se pe munca celor de la Ford, un tânăr chimist britanic pe nume Stan Whittingham, care lucra ca asistent postdoctoral la Universitatea Stanford, a descoperit că ar putea transfera electrochimic atomii de litiu de la un electrod la altul la temperatura camerei, fără daune semnificative pentru niciunul dintre ei. Pentru a explica această acțiune, care permitea reîncărcarea, Whittingham a împrumutat termenul intercalare din chimie, și așa a rămas. Dorind să concureze cu Laboratoarele Bell – „pentru a fi perceput ca laborator *exclusiv* al afacerilor din

domeniul energiei” – Exxon, gigantul petrolier, s-a oferit să-l angajeze pe Whittingham cu un salariu semnificativ.<sup>6</sup> Acesta a acceptat și a început construirea unei baterii plecând de la descoperirile sale.

Whittingham a fost atras de litiu, de culoare alb-argintie și maleabil, deoarece este cel mai ușor metal din tabelul periodic. Dar reacționează cu aerul și, în anumite circumstanțe, ia foc. Prin urmare, oamenii de știință manipulează litiul pur numai în laborator, unde a fost eliminată toată umezeala din aer. Whittingham ar fi putut face din litiu un metal practic doar dacă putea să-l alieze cu un alt metal – ceea ce a și făcut – cuplându-l cu aluminiul și creând un anod mic și puternic. În 1977, Exxon a lansat dispozitivul lui Whittingham ca produs promoțional, o baterie de mărimea unei monede care se potrivea în partea din spate a unui ceas solar. A fost prima baterie reîncărcabilă cu litiu. Dar când Whittingham a încercat să le facă mai mari, bateriile continuau să ia foc în laboratorul Exxon. În ciuda prezenței aluminiului, litiul era încă prea reactiv.

Apoi Goodenough, om de știință la MIT, a ajuns să depășească toate realizările de la Ford, Argonne și ale lui Whittingham la un loc. La sfârșit, fie va fi produs el însuși, fie va fi luat parte la aproape toate progresele majore legate de invenția bateriilor moderne.

## Profesorul Goodenough

**J**ohn Goodenough a copilărit într-o casă mare de lângă New Haven, Connecticut, unde tatăl său, Erwin, era profesor de istoria religiei la Yale. Relația părinților săi era „un dezastru”, a spus el, certurile făcându-i să se îndepărteze de copii; Goodenough n-a fost niciodată legat de ei, în special de mama sa, Helen. Când avea doisprezece ani, John și fratele său mai mare, Walt, au fost trimiși la internat cu bursă, la Groton, și de atunci rar a mai auzit de părinții săi. Mama lui John i-a scris acestuia doar o dată, când el ajunsese deja la maturitate. Într-o autobiografie subțire, publicată în regim propriu, Goodenough a menționat multe influențe: frații, un câine pe nume Mack, o servitoare a familiei, vecini de altădată. Dar și-a ignorat părinții în mod vădit și nu le-a menționat deloc numele. Rolul lor fusese strict biologic în viața sa.

Copilăria lui Goodenough nu prevestea adultul blând, amuzant și sigur pe el care avea să devină. Suferind de dislexie la vremea când această boală era prost înțeleasă și netratată, la Groton el nu a putut să citească, să înțeleagă lecțiile sau să țină pasul în capelă. În schimb, și-a ocupat timpul explorând pădurile, animalele și plantele. Și, cumva, totul s-a așezat în matca sa. A ajuns la Yale, unde a absolvit

*summa cum laudae* în matematică, apoi, din întâmplare, a ajuns la știință: după al Doilea Război Mondial, Goodenough, pe atunci un tânăr de 24 de ani căpitan în armată, trimis la post în arhipelagul Azore, în largul coastei Portugaliei, a primit un telex prin care i se ordona să vină la Washington, D.C. – profesorii dăduseră peste o sumă de bani necheltuită din buget și propuseseră să-i folosească pentru a rechema douăzeci și unu de ofițeri de armată care trebuiau să revină acasă la studii universitare în fizică și matematică. Goodenough nu făcuse aproape deloc cursuri de știință în studenție, dar, din motive rămase ascunse de timp, un profesor de matematică de la Yale i-a pus numele pe listă. Așa că s-a trezit la Universitatea din Chicago studiind fizica sub îndrumarea profesorilor Edward Teller, Enrico Fermi și alții. Cum Goodenough se înscrișese la cursuri preliminare, necesare pentru a-i ajunge din urmă pe ceilalți, un profesor a comentat: „Nu vă înțelegeți pe voi, veteranilor. Nu știți că oricine a făcut ceva semnificativ în fizică, a făcut-o înainte să ajungă la vârsta voastră?”.

Dar s-a dovedit că Goodenough avea intuiție pentru fizică. După ce a obținut doctoratul în 1952, a început să lucreze în Laboratorul MIT din Lincoln pe care Forțele Aeriene ale Statelor Unite îl finanțase cu un an înainte pentru a crea primul sistem de apărare aeriană al țării. Echipei lui i s-a spus să inventeze un sistem de memorie pentru calculator, o componentă vitală a apărării aeriene concepute, care urma să fie numită SAGE. La vremea aceea, computerele erau făcute din atâtea tuburi vidate cât să umple „o sală mare de dans”, cum spunea Goodenough, și aveau o memorie infernal de lentă.<sup>1</sup> Unii au considerat misiunea imposibilă, din cauza limitelor fizice ale materialului ceramic cu

care lucra echipa. Trei ani mai târziu, laboratorul a scos la lumină o invenție pe care o numiseră „memorie magnetică de 64 x 64 biți”, un triumf care, pe lângă faptul că a făcut operațională componenta SAGE, a devenit baza sistemelor de memorie a computerelor de mai târziu. Pentru Goodenough, au urmat mai multe progrese, inclusiv „legile Goodenough-Kanamori”, care au devenit standardul pentru modul în care materialele din oxid de metal se comportă la scară atomică, altă piatră de temelie pentru viitoarele computere.

Apoi a intervenit politica – un senator american pe nume Mike Mansfield a impus o lege care obliga ca orice cercetare finanțată de Forțele Aeriene să aibă aplicabilitate în cadrul Forțelor Aeriene. La acea vreme, Goodenough se concentra pe găsirea unui răspuns științific pentru criza energetică produsă de OPEC\*, care părea să fie cea mai mare problemă cu care se confrunta țara. Dar i s-a spus să încerce altceva – dată fiind legea Mansfield, subiectul nu ținea de responsabilitatea Forțelor Aeriene, ci a laboratoarelor naționale.

Pentru Goodenough, era timpul să meargă mai departe. Un prieten i-a spus despre o oportunitate peste Atlantic. Universitatea Oxford avea nevoie de un profesor pentru a preda și a gestiona laboratorul de chimie anorganică. Goodenough a fost surprins să fie ales, dat fiind că nu era chimist și nu urmase decât două cursuri de chimie de nivel universitar. A avut încă o dată noroc să fie ales pentru un loc de muncă pentru care, pe hârtie, era subcalificat.

---

\* Acronim pentru Organization of the Petroleum Exporting Countries – Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol, alcătuită din Algeria, Angola, Arabia Saudită, Ecuador, Gabon, Guineea Ecuatorială, Iran, Irak, Kuwait, Libia, Nigeria, Qatar, Emiratele Arabe Unite și Venezuela (n.ed.)

Goodenough a fost un profesor dur. O studentă de la începuturile lui la Oxford își amintește un curs de fizică ce a început cu 165 de studenți. După o prelegere severă, numai opt studenți au revenit la al doilea curs, printre care și ea.<sup>2</sup> Goodenough era la fel de exigent și în laborator. După MIT, urmărea progrese mari în chimia materialelor, un domeniu cunoscut pentru crearea acelor tipuri de materiale care ajung să fie comercializate. Printre primele pe lista lui de obiective se afla recenta descoperire revoluționară a lui Stan Whittingham – bateria cu litiu.

Timp de șase decenii, bateria zinc-carbon fusese formula chimică standard a bateriei pentru electronicele de consum, depășind oxidul de plumb care era prea voluminos și prea greu pentru dispozitivele mici. Invenția lui Whittingham întrecea combinația zinc-carbon – era un compus puternic și ușor care ar fi putut alimenta electronicele portabile de consum, precum casetofoanele. Asta dacă funcționa. Dar fizica fundamentală îi stătea în cale. Aceleași reacții electrochimice care permiteau bateriilor cu litiu să funcționeze le făcea și să explodeze: voltajul autodistructiv aprindea celula și până să-ți dai seama ce se întâmplă, bateria lua foc. Și nu părea să meargă nici dacă erai prudent și foloseai alte elemente – te pomeneai că bateriile se distrug lent, după câteva cicluri de încărcare și descărcare.

Goodenough a crezut că putea să creeze o baterie mai puternică decât cea a lui Whittingham. O mare parte din invenție, a spus el, implică schimbarea modului de a gândi, ceva ce mulți oameni de știință fie au refuzat, fie pur și simplu nu au putut face. Bateria omului de la Exxon se baza pe un electrod sulfurat; Goodenough s-a orientat spre o altă familie de compuși – oxizii de metal, o combinație de



oxigen și o varietate de elemente metalice. După judecata sa, oxizii puteau fi încărcăți și descărcați la o tensiune mai mare decât invenția lui Whittingham și astfel ar fi putut produce mai multă energie. Dar rămânea problema de a reuși să obțină suficient litiu pentru a fi intercalat, acțiune care crea electricitatea – extragerea litiului de la catod, în acest caz realizat din oxid de metal, și transferul lui de la un electrod la altul. Cu cât putea fi transferat mai mult litiu, cu atât mai multă energie producea bateria. Dar era evident că nu puteai extrage tot litiul, deoarece catodul ar fi rămas practic gol, deci nefuncțional. Așadar, ar fi putut vreunul dintre oxizi să reziste în fața acestei agresiuni? Și, dacă da, care dintre ei? Și care era procentul magic de litiu care putea fi extras?

Goodenough a îndrumat doi asistenți postdoctorali către studiul metodic al structurilor care conțin un grup de oxizi; le-a cerut să afle la ce tensiune ar putea fi extras litiul din oxizi, despre care se aștepta să fie mult mai mare de cei 2,2 volți de care se folosea Whittingham, și să descopere cât de mult litiu ar putea să intre și să iasă din structura atomică înainte ca aceasta să cedeze. Răspunsul lor a fost: cam 50% litiu ar putea fi tras de la catod, la 4 volți, înainte ca el să cedeze, ceea ce însemna destul pentru o baterie puternică, reîncărcabilă. Dintre oxizii pe care i-au testat, asistenții postdoctorali au constatat că cel mai bun și mai stabil în acest scop era cobaltul.

În 1980, la patru ani după ce Goodenough a sosit la Oxford, combinația litiu-oxid de cobalt era o descoperire și mai mare decât configurația sodiu-sulf a lui Ford. Acesta a fost primul catod litiu-ion cu capacitatea de a alimenta atât dispozitivele compacte, cât și cele relativ mari, calitate care

l-a făcut să fie mult mai bun decât orice se afla pe piață. Invenția lui Goodenough a oferit noi posibilități: a deschis era telefoanelor mobile moderne și a laptopurilor. De asemenea, a deschis și o cale către cercetarea unei posibile renașteri a vehiculelor electrice.

De-a lungul anilor, Goodenough a atras în laboratorul său o pleiadă de oameni străluciți, cercetători care, alături de el, au avut parte de cei mai buni ani din punct de vedere profesional. Nu e vorba că Goodenough a făcut el însuși experimentele practice – asistenții postdoctorali și cercetătorii pe care îi adunase erau de fapt „la aparate”. Goodenough putea fi aspru, dar atmosfera de mari așteptări pe care a creat-o i-a impulsionat să realizeze lucruri excepționale. Iar el le vorbea prin proiectele lor. Unul dintre cercetători a fost un tânăr sud-african care a sosit în 1981 cu o idee interesantă în privința pietrelor prețioase.

## Dublul maratonist

**M**aratonul Camarazilor se desfășoară în Africa de Sud de la Pietermaritzburg până la portul Durban, aflat la o distanță de 90 de kilometri și la o altitudine mai mică cu 900 de metri decât punctul de pornire. Prima dată când Mike Thackeray a participat la cursă, în 1968, a terminat în 10 ore și 3 minute, abia sub limita de 11 ore – timpul celor mai lenți participanți. Hotărât să aibă o prestație mai bună, a alergat din nou. Și din nou. În 1976, intrând în cursă pentru a paisprezecea oară, Thackeray a terminat al treizeci și patrulea din 1.409 participanți, cu un timp de 6 ore și 32 de minute. Disciplina lui dăduse rezultate.

Thackeray a fost inventatorul principal al tehnologiei NMC (nichel-mangan-cobalt) de la Argonne, un descendent al catodului litiu-oxid de cobalt conceput de Goodenough și al formulei care l-a fermecat pe Wan Gang. Biroul lui Thackeray era situat în corpul clădirii principale a Departamentului de Baterii, la două uși de șeful său, Chamberlain. Sălile lungi cu linoleum și pereți de cărămidă vopsiți în verde-pal dădeau Clădirii 205 un aer din anii '50. Un bilet scris de mână pus pe aparatul de cafea ruga băutorii să lase treizeci de cenți pentru o ceașcă.

Două portrete decorau pereții din biroul lui Thackeray – o gravură din 1861 a fizicianului din secolul al XIX-lea Michael Faraday și o schiță a astronomului William Herschel, care în 1781 a descoperit planeta Uranus. Thackeray le primise în dar în tinerețea petrecută în Africa de Sud. Minteia îi zburda deseori la țara natală, care părea să-i vorbească cel mai mult sufletului său. Puțini știau asta, ar spune el, dar pentru scurt timp, cu aproape patru decenii în urmă, Africa de Sud fusese unul dintre marile centre în privința bateriilor.

În Pretoria, la sfârșitul anilor '70, Thackeray, cu părul blond vâlvoi și perciuni lungi, și-a dat doctoratul cu un cristalograf pe nume Johan Coetzer. Într-o zi, Coetzer a intrat în laborator și a anunțat un nou proiect. Urmau să „facă ceva într-un câmp de energie”. Războiul de Ramadan\* dintre Israel și vecinii arabi declanșase o criză energetică, iar lumea occidentală căuta un mod pentru a evita petrolul din Orientul Mijlociu. Coetzer credea că un răspuns era progresul tehnologiei bateriilor și i-a spus lui Thackeray că pe asta își vor concentra activitatea. Munca le-a fost pusă la încercare de la început din cauza sistemului apartheid din Africa de Sud la care lumea răspunsese cu sancțiuni economice. Nimeni din afara țării nu dorea să colaboreze cu ei. Pentru a evita problemele internaționale, au trebuit să-și facă munca în secret și să comunice codat. Diversiunea nu părea să conteze prea mult, de vreme ce nici Coetzer și nici Thackeray nu știau nimic despre stocarea energiei. Dar viziunea lor proaspătă s-a dovedit a fi avantajoasă.

---

\* Cunoscut și sub numele de războiul de Iom Kipur, războiul arabo-israelian sau războiul din octombrie, a fost un conflict armat dintre Israel și o coaliție de națiuni arabe condusă de Egipt și Siria, care a durat între 6 octombrie și 26 octombrie 1973. (n.ed.)

Abordând domeniul cu mintea deschisă, „necontaminați de modul în care alți oameni de știință priveau lumea”, după cum s-a exprimat Thackeray, au aflat lucruri noi privind bateriile care funcționau la temperaturi înalte, invenția raportată de Ford și Stanford. Primul rezultat a fost Zebra, bateria rezistentă la temperaturi mari din Africa de Sud. Au urmat rapid finanțările corporative, o reușită respectabilă ținând cont de startul lor modest.

Gândindu-se la Zebra, Thackeray considera că trebuie să existe o modalitate de a o face și mai bună și, astfel, să devanseze invenția revoluționară a lui John Goodenough din 1980. Zebra și alte baterii rezistente care funcționează la 300<sup>o</sup> Celsius nu erau sigure într-un automobil. În ceea ce privește formula lui Goodenough privind funcționarea la temperatura camerei a bateriei litiu-oxid de cobalt, a fost o îmbunătățire, dar tot costisitoare dacă ai fi vrut să o folosești la dispozitivele electronice.

În fizică, există o structură numită *spinel*. Aceste structuri au avantaje considerabile. Ele sunt peste tot și, prin urmare, ieftine. Au o structură tridimensională interesantă, asemănătoare cu cea a unui cristal. Spinelii sunt solizi în mod natural – mai rezistenți, de exemplu, decât structura stratificată a electrodului litiu-oxid de cobalt al lui Goodenough. Acesta își instruisese asistenții din laborator să pună jumătate din litiu în mișcare între catod și anod; dar Thackeray se întreba dacă putea să extragă *tot* litiul dintr-un catod din spinel. Dacă putea face asta fără să se distrugă catodul, spinelul ar fi fost mai puțin costisitor și probabil mult mai puternic decât combinația litiu-oxid de cobalt.

Spinelul specific care l-a interesat pe Thackeray a fost oxidul de fier. În mod obișnuit, cunoaștem oxidul de fier ca

rugină – e ceea ce se întâmplă când îți lași bicicleta în ploaie. Dar pentru oamenii de știință din domeniul bateriilor, oxidul de fier este și un spinel, oferindu-i caracteristici speciale. În Africa de Sud, Thackeray reușise să transfere litiul în și din oxidul de fier, lucrând la aceleași temperaturi înalte precum cercetătorii de la Ford. Avea o bănuială că oxidul de fier ar putea să coopereze și la temperatura camerei, ceea ce l-ar face mult mai practic.

Africa de Sud era detașată atât din punct de vedere geografic, cât și politic. Era cât se poate de departe de grupurile intelectuale ale Statelor Unite și ale Europei. În acest caz, era aproape de așteptat ca orice tânăr om de știință din Africa de Sud să petreacă un an de zile sau mai mult în străinătate. Thackeray a decis că dorește să-și folosească anul sabatic pentru a-și testa ideile cu spinelul. Și că vrea să facă acest lucru cu omul zilei – Goodenough.

Thackeray le-a scris celor de la Oxford. Goodenough i-a răspuns imediat: nu avea bani să-l susțină pe tânăr, dar dacă asta nu îl deranja, ar fi încântat să-i fie gazdă. Thackeray, care era obligat de laboratorul finanțat să petreacă ceva timp în străinătate, nu avea nevoie de nicio susținere financiară din afară. Așadar, la treizeci și unu de ani, el împreună cu soția și fiica sa și-au făcut bagajele pentru a petrece cincisprezece luni postdoctorale ca asistent în Anglia.

Thackeray se plimba prin campusul din Oxford. Când se uita în jur, își amintea de poveștile tatălui său despre studiile universitare. Mai multe generații de Thackeray făcuseră facultatea la Cambridge – tatăl lui, Andrew David Thackeray, care ajunsese un astronom de renume; bunicul lui, Henry St. John Thackeray, un cercetător al Bibliei care a continuat

să predea la Universitate; și, desigur, romancierul William Makepeace Thackeray, un văr de-al cincilea îndepărtat. Atât Thackeray, cât și fratele său au ales să rămână în Africa de Sud pentru universitate și simțea că nu se ridică la nivelul marilor instituții academice din Anglia. Intimidant nu era doar Oxfordul, ci și Goodenough în persoană. Thackeray a găsit copleșitoare inteligența bărbatului mai în vârstă. Niciodată nu mai auzise ceva asemănător cu țipătul răsunător al profesorului Goodenough, un chicotit neobișnuit care îi scăpa adesea. Prin comparație, Thackeray se considera „un simplu chimist din Africa”.

Simțea că nu-și găsește locul și dintr-un alt motiv – din cauza sistemului politic medieval al țării sale, era sigur că persoanele pe care le întâlnea, chiar dacă nu spuneau nimic, sigur aveau gânduri de respingere la adresa lui și a familiei sale. Dar era clar că Goodenough nu-l considera pe Thackeray sau pe familia sa răspunzători pentru păcatele țării lor. Thackeray avea propriul teren de testare: laboratorul.

Thackeray adusese cu el din Pretoria probe de spinel din oxid de fier magnetizat. Plănuia să transfere litiul prin ele la temperatura camerei și să demonstreze astfel că spinelul din oxid de fier ar putea fi un nou material redutabil pentru baterii, superior din punct de vedere comercial formulei pe bază de cobalt.

Goodenough a respins ipoteza lui Thackeray. Încălca legile fizicii – spinelii seamănă cu pietrele semiprețioase și, structural vorbind, nu poți transfera litiul printr-o piatră prețioasă, i-a amintit bărbatul mai în vârstă lui Thackeray. Structura sa fizică, spre deosebire de cea a oxidului de cobalt, ar bloca orice acces.

Thackeray își aminti cum, în ciuda scepticismului lui Goodenough, reușise deja să facă asta la temperaturi ridicate, în Africa de Sud. Problema era doar scăderea temperaturii.

„Ei bine, ești liber să încerci”, i-a spus Goodenough. „Dar va trebui să faci și alte lucruri prin laborator.” Apoi a plecat în concediu în India.

Două săptămâni mai târziu, Goodenough s-a întors. „Am intercalat litiul”, i-a spus Thackeray.

„Poftim?”

Bărbatul mai în vârstă l-a luat pe Thackeray în biroul său și l-a ascultat explicându-i cum, folosind un agitator magnetic, un dispozitiv automat pentru amestecarea substanțelor chimice, a combinat litiul cu oxid de fier la temperatura camerei. Atunci a observat un semn de încurajare imediată – oxidul de fier se desprinsese de pe agitator, arătând că și-a pierdut proprietățile magnetice. Asta sugera că spinele asimilase litiul. Totuși, încă nu avea dovezi concludente ale intercalării. Ca să poată declara definitiv că așa stau lucrurile, avea nevoie de mai mult. Thackeray a pus amestecul pe o lamelă de sticlă. Apoi a pus-o la raze X. Când faci astfel de fotografii, obții un spectru de puncte de maxim în loc de o imagine. Trucul este să deduci structura exactă a compusului pornind de la tiparul acelor puncte de maxim. Această abilitate, cunoașterea difracției cu raze X, este cunoscută sub numele de cristalografie.

Thackeray a făcut raze X de două ori – o dată înainte de experiment și o dată după. Comparând-le, a observat „diferențe izbitoare” atât în poziția punctelor de maxim, cât și în intensitatea lor relativă. Ceva se întâmplase. Dacă Goodenough avea dreptate și litiul nu ar fi găsit nicio cale de intrare în structura oxidului de fier, tiparele razelor X ar fi



fost identice. Dar punctele de maxim se schimbaseră vizibil – litiul se intercalase cu oxidul de fier. Spinelul din oxid de fier putea fi transformat într-un electrod litiu-ion.

Într-adevăr, după cum presupusese Goodenough, în spinel *nu era loc* pentru litiu. Ce a arătat Thackeray a fost faptul că spinelul a avut un nivel neașteptat de ospitalitate – când s-a introdus litiul, ionii de fier s-au mutat pentru a-l primi. I-au făcut loc. Spinelul a suferit o „schimbare de fază”, absorbind fierul și transformându-se într-un material ușor diferit, asemănător cu sarea grunjoasă. La fel ca în cazul invenției litiu-oxid de cobalt din anul precedent, Thackeray a conceput un mod de a îmbunătăți semnificativ densitatea energetică a bateriilor zinc-carbon. Goodenough a fost surprins și entuziasmat – ideea lui Thackeray a dovedit un nou principiu și, din punctul de vedere al costurilor, avea un potențial mai bun decât ideea sa.

Cu toate astea, el nu crease încă un material practic pentru baterii – un catod funcțional –, acesta fiind obiectivul. Era o problemă, a spus Goodenough. Examinând datele, el a detectat un blocaj în spinel. Oxidul de fier nu asigura o cale liberă pentru ca suficient litiu să intre și să-și găsească loc în structură înainte de a fi transferat conform ciclului de încărcări-descărcări. Pentru ca materialul să fie cu adevărat util și nu o simplă noutate, era nevoie de un canal de trecere mai puțin aglomerat.

Poate că problema era *tipul* de spinel pe care îl foloseau. Un alt tip – eventual oxidul de mangan, pe care l-a numit după formula sa științifică,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  – ar fi putut ridica barajul și permite pătrunderea litiului în locurile potrivite. Goodenough avea cunoștințe profunde în privința oxidului de mangan din zilele petrecute la MIT, deoarece

echipa sa îl folosise în experimentele pentru memoria computerelor. El a sugerat să schimbe oxizii. Spinelul de mangan,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , putea fi calea spre un catod mai ieftin.

În zilele următoare, Thackeray, care lucra în biblioteca laboratorului, a pregătit experimentul cu spinel de mangan. Pe când făcea asta, l-a cunoscut pe Bill David, un cercetător nou care lucra în subordinea lui Goodenough.

Într-un fel, David și Thackeray erau egali. Amândoi erau asistenți postdoctorali și începuseră să lucreze cam în aceeași perioadă. Dar David se simțea ca un „puștan” în preajma sud-africanului care era cu șase ani mai mare decât el. Pe de o parte era din cauza atitudinii aparent rezervate a lui Thackeray: nu spusese aproape nimănui de ce alesese în mod special Oxfordul sau care erau realizările sale de până atunci. Odată, David l-a întrebat în timpul prânzului dacă ar vrea să facă jogging împreună. Discuția nu părea să ducă nicăieri. Thackeray abia dacă a dat vreun semn că ar fi interesat să alerge; nu a spus nimic despre Maratonul Camarazilor, nici despre faptul că era unul dintre cei mai rapizi alergători neprofesioniști din țara sa. Cât despre David, odată ce a ajuns să-l cunoască pe Thackeray, această fire rezervată i-a conferit un mister puternic.

Din punct de vedere strict al fizicii, David nu era fermecat. Asemenea lui Goodenough, era de părere că opera lui Thackeray era esențialmente paradoxală – încălcase toate regulile. Nu putea contesta cristalografia cu raze X – Thackeray avusese dreptate, în ciuda fizicii. Dar mai era blocajul citat de Goodenough. Până când nu era eliminată obstrucția, experimentul nu putea fi numit o lovitură de maestru. David credea că ar putea să ajute. Înțelegea cristalografia

la scară atomică mai bine decât Thackeray. David a investigat atent difracția razelor X în cazul  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ . Intercalarea a funcționat perfect de data aceasta, cu calea liberă pentru litiu. Iar spinelul nu a fost distrus de materialul străin.

Thackeray avusese dreptate.

Radia de mulțumire. Într-o bună zi, Goodenough se plimba pe holuri cu Thackeray și a spus: „Știi că asta ar putea avea valoare comercială, Mike”. Deși niciunul dintre ei nu putea spune clar cum ar putea fi folosită invenția, Thackeray a repetat observația într-o conversație telefonică ulterioară cu șefii săi din Africa de Sud, care s-au grăbit să vină la Londra. Au elaborat o cerere de brevet – ca inventatori, numele lui Thackeray a fost trecut primul, urmat de Goodenough ca cercetător coordonator. Proprietarul brevetului era Inventions Development Corporation din Africa de Sud, departamentul de proprietate intelectuală al laboratorului guvernamental din Pretoria, unde Thackeray era angajat.

Mai târziu, s-au purtat dueluri personale în legătură cu cine a contribuit mai mult la descoperirea spinelului – Thackeray sau Goodenough. Cel mai în vârstă a cerut să i se recunoască meritele, sugerând că Thackeray doar i-a urmat instrucțiunile. Thackeray a replicat că el a fost cel care a ajuns la Oxford cu probele de spinel; el a avut marea idee. Dar amintirile pline de afecțiune i-au făcut să fie prieteni respectuoși și Goodenough, diplomat dintotdeauna, a rezumat în cele din urmă cel mai bine: „Nu cred că ar fi reușit de unul singur, iar eu nu aș fi reușit fără el”.

David a spus că știința de succes „este despre oameni și despre idei”. Este vorba de aspirații. Oamenii de știință din locuri precum Oxford aveau o ambiție de neînvincis să fie primii în domeniul lor, astfel că succesul părea rezultatul

firesc. Aceasta era plăcerea și entuziasmul visceral din laboratorul lui Goodenough. Oxford era liderul unui nou domeniu.

Dar trebuia să existe colaborare. „Nimeni nu stă acolo și vine cu idei”, a spus Goodenough. „Ideile ne vin din interacțiune, din deschiderea noastră față de ceilalți.”

Dar o astfel de colaborare trebuia să fie prudentă, după cum avea să descopere Goodenough.

## Lumea bateriilor este înșelătoare

**D**upă ce prețul petrolului a scăzut de la punctul maxim din timpul crizelor energetice din anii '70, n-a mai fost așa grabă în cercetarea referitoare la baterii. Exxon a abandonat stocarea electrică și a acordat licență bateriei cu litium a lui Stan Whittingham. Ronald Reagan a anulat proiectele energetice finanțate de guvern în deceniul anterior, la fel ca premierul Margaret Thatcher în Marea Britanie.

Japonia era diferită. Deși Exxon folosisese bateriile cu litium ale lui Whittingham la ceasuri, în 1977, cercetătorii s-au chinuit să le facă mai mari. Bateriile lui Whittingham continuau să se aprindă, un rezultat al prezenței litiului pur ca anod. Dar, lucrând de zece ani la problema aceasta, un cercetător japonez pe nume Akira Yoshino a reușit să combine catodul litiu-oxid de cobalt al lui Goodenough cu un anod de carbon. În 1991, pe baza ideii lui Yoshino, Sony a lansat o baterie litiu-ion pentru dispozitive electronice mici. Versiunile ulterioare ale bateriei Sony conțineau un anod mai bun realizat din grafit inofensiv, ale cărui straturi absorbante erau un adăpost temporar perfect pentru ionii de litium. Dar progresul tehnologic în ansamblu – combinația dintre catodul lui Goodenough și un anod de carbon sau grafit – a creat peste noapte un produs de consum revoluționar.

Aceasta a permis producția de mai multe miliarde de dolari pe an a unor dispozitive mici de înregistrare și a altor obiecte electronice. A dus la copierea la scară largă a acestor baterii și la o frenezie în laboratoarele din întreaga lume pentru a găsi configurații litiu-ion și mai bune, care să stocheze mai multă energie într-un spațiu tot mai mic.

În ciuda rolului său central în crearea primei baterii litiu-ion, Goodenough nu a obținut redevențe. Spre deosebire de laboratorul din Africa de Sud al lui Thackeray, care ar fi putut face profit dacă invenția spinelului s-ar fi dovedit valoroasă din punct de vedere comercial, Oxfordul a refuzat să breveteze catodul lui Goodenough – universitatea părea să nu vadă niciun avantaj în a deține drepturile de proprietate intelectuală. În cele din urmă, Goodenough a cedat drepturile de autor Institutului de Cercetare a Energiei Atomice, un laborator guvernamental din Marea Britanie, aflat chiar la sud de Oxford, în Harwell, argumentând că cel puțin astfel invenția sa ar putea ajunge pe piață. Nici nu și-a închipuit ce amploare avea să ia piața pe viitor. Nimeni nu și-a închipuit.

Acesta nu a fost singurul moment în care inventatorii de baterii americani au pierdut teren în cursa comercializării. Până la mijlocul anilor '80, Union Carbide controla o treime din piața globală de baterii prin mărcile sale Eveready și Energizer. Dar în 1984, mii de oameni au murit sau au fost răniți în India în urma unei scurgeri de gaze la uzina chimică Union Carbide din Bhopal. După incident, compania a vândut diviziile principale pe bani gheață. Departamentul de baterii a ajuns la Ralston Purina, care la rândul-i a cedat acumulatorul litiu-ion Japoniei, pe motiv că marja de profit per unitate era prea mică. Bateria nichel-metal-hibrid care

alimenta Prius, produsul lider de piață al Toyotei, era tot de sorginte americană, fiind creată de un inventator prolific din Detroit, pe nume Stan Ovshinsky. După lansarea mașinii Prius în anul 1997 ca fiind primul automobil hibrid din lume, drepturile de licență pentru baterii au ajuns la o filială Chevron, care a achiziționat brevetele lui Ovshinsky. Dar Chevron a cedat o mare parte din profit către Panasonic, Toyota și alte companii japoneze care realizau produsele finite.

Companiilor americane le lipseau ori viziunea, ori curajul, ori răbdarea concurenților lor japonezi sau, poate, toate trei la un loc. Studenții de istorie economică ridiculizează dominația japoneză din anii '80. Spun că Japonia era numai un foc de paie și că panica din acea vreme privind progresele sale, o reflectare a nesiguranței occidentale, nicidecum un nou viitor condus de japonezi. Dar această versiune a evenimentelor nu este tocmai corectă. Japonezii adoptaseră modelul unui american celebrat, dar neimitat la el acasă – Thomas Edison, inventatorul desăvârșit care, fără o teorie după care să se ghideze pentru a crea o nouă invenție, a încercat sistematic cât de multe idei a fost nevoie pentru a ajunge la o soluție. Coreea de Sud și China au împrumutat apoi metoda lui Edison și și-au adjudecat porțiuni mari din piața mondială a produselor electronice. Ca grup, cele trei țări au adăugat și stocarea energiei la arcul de patru decenii de declin industrial american – și un subînțeles anxietății sale privind câștigarea cursei pentru producerea noii mașini electrice pe baterii și dominarea expansiunii industriale ce avea să urmeze.

Șarlatanii și bișnițarii abundă în erele cu invenții, din moment ce nimeni nu poate ști cu adevărat ce anume va deveni

următoarea mare senzație, iar bateriile au fost neobișnuit de marcate de exagerări și fraude fățișe: dat fiind că oamenii înțeleg intuitiv importanța unei baterii mult mai bune și cred, prin urmare, că trebuie să o aibă, sunt vulnerabili la înșelăciune. În 1883, pentru că fusese înșelat de prea multe ori pe când încerca să-și creeze imperiul electronic, Edison a etichetat bateriile reîncărcabile ca fiind simple fabricații. El a scris:

„Acumulatele sunt, în opinia mea, o capcană, o senzație, un mecanism de fraudare a publicului prin societățile de acțiuni. Acumulatorul este unul dintre acele lucruri neobișnuite care fac apel la imaginație și nici că putea exista ceva mai dorit de escrocii de pe piață decât un astfel de obiect... Imediat ce un om încearcă să te convingă în privința bateriilor reîncărcabile, își scoate la iveală capacitatea latentă de a minți.”<sup>1</sup>

Goodenough spune povestea unui specialist japonez în știința materialelor, pe nume Shigeto Okada. În 1993, Okada a sosit la Universitatea din Texas, unde Goodenough se mutase de la Oxford în anul precedent. Venea de la Nippon Telegraph and Telephone (NTT), gigantul japonez al telefoanelor, care a cerut permisiunea de a-l include în echipa lui Goodenough pe cheltuiala companiei. După obișnuitele stipulări privind confidențialitatea, Goodenough a fost de acord. El l-a pus pe Okada să lucreze cu un asistent postdoctoral indian pe nume Akshaya Padhi.

Găzduind astfel de cercetători, Goodenough intra în ciudata lume a specialiștilor în știința materialelor, care se pricepeau cel mai bine să combine intuiția fizicii cu



meticulozitatea chimiei și cu pragmatismul ingineriei. Rolul lor era să-și imagineze o nouă ordine a lucrurilor pornind de la părțile pe care le aveau în față.

Padhi și Okada au început să facă teste cu formule de spinel, căutând unul cu mai multă energie decât spinelul de mangan al lui Thackeray și mai sigur decât varianta litiu-oxid de cobalt a lui Goodenough. Au început metodic să schimbe metalele între ele, pentru a vedea dacă reușea vreunul să atingă obiectivul profesorului. Au încercat cobalt, mangan și vanadiu, dar niciunul nu era bun. În cele din urmă, au ajuns la ultima opțiune de pe listă – o combinație de fier și fosfor.

Goodenough era sceptic. „Padhi”, a spus el, „nu vei obține structura spinelului”.

Apoi bătrânul a plecat în vacanța de vară.

Așa cum se întâmplase cu Thackeray la Oxford cu ani în urmă, Goodenough a găsit noutăți la întoarcere. Padhi i-a spus profesorului că a avut dreptate – nu obținuse structura de spinel. În schimb, produsese o versiune sintetică a unei structuri diferite de cristal, care se găsește în natură, numită olivină. Și reușise să intercaleze litiul prin ea. Când a verificat, Goodenough a văzut că rezultatul era senzațional. Litiul combinat cu fosfatul de fier îndeplinea toate condițiile la care sperase.

Goodenough nu a aflat decât mult mai târziu că Okada – cercetătorul japonez – a dezvăluit invenția lui Padhi angajatorului său, care a procedat la dezvoltarea în secret a acelei formule. În noiembrie 1995, NTT, folosind metodologia lui Padhi, a înregistrat pe ascuns brevetul de invenție și a început să sondeze producătorii japonezi de electronice,

evaluându-le interesul față de o nouă baterie litiu-fosfat de fier.

Goodenough s-a prins de subterfugiu abia în anul următor. Nu-i venea să creadă. „Padhi, era un spion, pentru numele lui Dumnezeu!”, aproape că a strigat la asistentul său postdoctoral. „Trezește-te și începe să scrii ceva în agendă.” Voia să spună că Padhi ar fi trebuit să-și treacă munca în caietul de laborator; acele notițe ar fi fost cruciale în cazul unei lupte pentru proprietatea intelectuală. Și chiar putea fi vorba de asta.

„Îmi pare rău”, i-a răspuns Padhi lui Goodenough. „Este prietenul meu.”

A început o cursă a priorităților. Japonezii și americanii se grăbeau cu lucrări și cereri de brevete concurente. În numele laboratorului lui Goodenough, Universitatea din Texas a început un proces de 500 de milioane de dolari împotriva companiei Nippon Telegraph and Telephone.

Complicațiile s-au înrăutățit. Un profesor de la MIT, Yet-Ming Chiang, a început să copieze ideea lui Goodenough și a depus cerere pentru propriile brevete. Declarând că îmbunătățirile aduse de el au creat un material cu totul nou, Chiang a lansat o companie în Massachusetts, numită A123. Scopul său declarat era acela de a vinde o versiune a bateriei litiu-fosfat de fier pentru a fi utilizată la sculele electrice și, în cele din urmă, la autovehicule. Acest lucru a constituit o altă bătălie juridică pentru Goodenough, când compania lui Chiang a încercat să convingă un tribunal european să anuleze brevetele bătrânului, ceea ce a și reușit în cele din urmă, în 2008.

Rezultatul a însemnat drum liber pentru toți, situație care a atins apogeul la sfârșitul anului 2008, când Warren

Buffett a cheltuit 230 de milioane de dolari pentru a cumpăra 10% din BYD, o companie chineză de automobile care a anunțat un nou model de mașină electrică alimentată cu o baterie de litiu-fosfat de fier. Nimeni nu a vorbit despre proveniența bateriilor BYD, dar, după acțiunile lui Chiang, impresia în industrie era că invenția laboratorului lui Goodenough ar putea să apară oriunde.

În 2009, A123 a vândut acțiuni în cadrul unei oferte publice inițiale. Charisma lui Chiang, numele MIT și tonul general al epocii au creat o aură de subiect fierbinte, iar prețul acțiunilor a crescut cu 50% în prima zi de tranzacționare. Compania lui Chiang a strâns 587 de milioane de dolari, cea mai mare ofertă publică inițială a anului și un venit extraordinar pentru el și pentru toți cei implicați. Cu excepția, din nou, a lui Goodenough.

În cele din urmă, Universitatea din Texas a făcut o înțelegere cu NTT. Plata către școală a fost de 30 de milioane de dolari, împreună cu o parte din orice profit provenit din brevetele sale japoneze, ceea ce însemna recunoașterea faptului că Goodenough fusese înșelat. Acesta nu a primit nimic de la A123. A privit rezultatul ca pe o batjocură. Avocatul angajat de universitate nu era decât un palavragiu, prea naiv pentru a face față unor vulpi viclene. În ceea ce privește universitatea, Goodenough a spus că i-a lipsit curajul de a lupta.

## Crearea compusului nichel-mangan-cobalt (NMC)

**L**a începutul anilor '90, cercetătorii din Clădirea 205 de la Argonne se plâneau deschis de conducerea opresivă. Departamentul Energiei dorea invenții la comandă, dar impusese și o pregătire excesivă în materie de siguranță, impactul combinat fiind acela de a „descuraja spontaneitatea”. Laboratorul nu mai era la fel de secretos – de când Argonne lucra la atât de multe proiecte non-nucleare, renunțase la practica de a declara totul strict secret. O mare parte din activitate rămăsese confidențială, dat fiind că invențiile esențiale erau în lucru, dar de cele mai multe ori nu implica probleme de securitate națională. Oamenii de știință nu mai trebuiau să poarte pantofi codați prin culori, pentru a se proteja de contaminarea nucleară. Puteau să-și ia mâncare și cafea în birou, iar încăperile fuseseră dotate cu aer condiționat.<sup>1</sup>

Cu toate acestea, nu puteai să intri sau să te plimbi prin împrejurimile laboratorului fără o legitimație. Toată lumea avea una atârnată de gât. Multe aveau inscripționat cuvântul „contraspionaj”. Legitimațiile erau ușor discordante, deoarece pozele arătau adesea oameni mult mai tineri, versiunea de colegiu a oamenilor de știință mai în

vârstă. În poza lui, Chamberlain semăna cu un surfer californian, cu părul dat pe spate și care îți dădea impresia că e blond, deși încărunțise de mult.

Desigur, nu era o crimă să-ți etalezi o fotografie veche, cum era cea a lui Chris Johnson. El își petrecuse întreaga carieră la Argonne. Acum avea peste patruzeci de ani și era plinuț, dar Johnson fusese odată un profesionist suplu, cu o barbă stilată. Ți-l puteai imagina pe tânărul om știință în devenire care, lucrând cu Thackeray ca cercetător-șef, a contribuit la invenția nichel-mangan-cobalt de la Argonne, cu aproape un deceniu și jumătate în urmă.

Johnson era din Ohio, nepretențios și cu picioarele pe pământ. Tatăl lui predase chimie în liceu și scrisese manuale de știință, dar nu-l presase pe băiat cu această materie. „Vreau doar să ai impresia că nu muncești când te trezești și te duci la slujbă”, i-a spus el fiului său. Deci Johnson nu a fost pasionat de știință de la început. Nu-și storcea mintea făcând teste cu eprubete în garaj și nu analiza la microscop insectele din grădină. Dar când a ajuns la liceu, entuziasmul unui profesor de științe l-a contaminat și pe el, ceea ce l-a făcut pe Johnson să se specializeze în chimie la Universitatea din Carolina de Nord. Acolo, în laboratorul de electrochimie, se simțea în elementul său.

În 1991, Johnson s-a alăturat echipei de la Argonne ca asistent postdoctoral. Sony tocmai comercializase bateria litium-ion.

Pe când se puneau la curent citind reviste științifice, Johnson observase că toate textele semănau. Jurnalele se concentrau pe tema zilei – catodul litium-oxid de cobalt al lui Goodenough, care dăduse naștere noilor baterii de la Sony. Nimeni nu părea să prezinte noi idei îndrăznețe – oamenii

doar căutau moduri de a îmbunătăți catodul litiu-oxid de cobalt și chiar și atunci când reușeau asta, știința lor părea „să aibă lipsuri”. Dar un chimist a ieșit în evidență – Mike Thackeray, care se întorsese să lucreze în Africa de Sud după stagiul de la Oxford. Thackeray vorbea despre sistemul său alternativ – cu oxid de mangan, care, spunea el, ar costa mai puțin decât catodul litiu-oxid de cobalt. În opinia lui Johnson, numai Thackeray părea pregătit să spună ceva original și să vină cu date pentru a susține cele spuse.

Cam pe la această vreme, șefii lui Thackeray din Africa de Sud l-au informat că îi închid programul de cercetare a compusului litiu-ion. În ciuda reușitei companiei Sony, laboratorul nu prevedea vânzări suficiente de litiu-ion. Thackeray s-a împotrivit, dar decizia era luată. Trebuia să găsească alte proiecte.

În 1993, Thackeray a întâlnit un american vorbăreț pe nume Don Vissers la o conferință despre baterii din Toronto. Vissers era membru din conducerea Departamentului de Baterii de la Argonne. Amândoi erau de părere că piața pentru bateriile litiu-ion urma să crească. Totuși, niciunul nu lua parte la această tendință care se deslușea: în timp ce Africa de Sud greșise abandonând tehnologia litiu-ion, Argonne rămăsese în urmă din cauza pasivității în domeniu. Laboratorul din Chicago continua să lucreze la bateriile cu sulf cu temperaturi înalte și nu-și făcuse încă intrarea în noua tehnologie. Vissers a spus că au o cauză comună. Prin urmare, i-a propus lui Thackeray să se mute la Chicago și să inițieze laboratorul Argonne în știința litiu-ion.

Thackeray a cântărit propunerea și, aproximativ un an mai târziu, a acceptat.

Soției lui Thackeray, Lisa, îi era groază să se stabilească într-o țară necunoscută, unde niciunul dintre ei – nici ei doi și nici cele trei fiice – nu cunoștea pe nimeni. Thackeray a povestit cum au ajuns la O'Hare în luna februarie: „Pe când avionul American Airlines se apropia de pista de aterizare, cu roțile la doar câțiva metri de sol, pilotul a tras maneta și avionul s-a înălțat din nou. În aeronavă domnea o tăcere de mormânt. Lisa s-a uitat la mine și mi-a spus încet: «Slavă Domnului – ne întoarcem acasă!»”.

Dar nu s-au întors. Pilotul a făcut un ocol și a aterizat fără incidente. Mai târziu, după ce a trecut de vamă, familia Thackeray a văzut un bărbat de la Argonne cu o pancartă. Urându-le bun venit, acesta le-a dăruit fiicelor câte un dolar de argint. Gestul lui a înlăturat temerile Lisei despre traiul într-o altă țară.

Munca a început imediat. Thackeray l-a adoptat pe Chris Johnson ca protejat al său și l-a luat cu el în Boston la o conferință internațională despre bateriile litiu-ion. Ajungând acolo, Johnson a văzut o mulțime de oameni de știință care s-au grăbit să-l salute pe Thackeray în holul hotelului. „Toată lumea îl știa pe Mike”, a spus Johnson. „Toată lumea venea la el și-l întreba: «Ce mai faceți? Am înțeles că acum sunteți la Argonne!». Mă gândeam: «Uau, e cu adevărat un om important în domeniu. Și vom avea o relație foarte bună.»”

Thackeray a început să îl pună pe Johnson la curent cu planul său. Dacă reduceau cantitatea de cobalt – material scump – din catod și îl înlocuiau cu mangan – care se găsea din belșug, puteau obține baterii și mai ieftine, și mai sigure decât cele făcute de Goodenough pe care le utiliza industria. Dar nu puteau folosi prea mult mangan, deoarece avea tendința să se deterioreze în timp și să distrugă

randamentul bateriei. De aceea, trebuia folosit împreună cu nichelul, care conserva manganul și îi împiedica deteriorarea. Aceasta a dus la compusul ideal – o combinație de nichel, mangan și cobalt (NMC), cuplate, desigur, cu litium.

Cu toate acestea, deși formula era extraordinară, nu a fost ceva revoluționar. Problema era că a intervenit fizica și a stricat imaginea lui Thackeray. S-a dovedit că nichelul, manganul și cobaltul se dezintegrează precum compusul lui Goodenough dacă transferai prea mult litium între electrozi pentru a genera electricitate.

Thackeray s-a gândit la Africa de Sud. El învățase că un compus de litium, mangan și oxigen cunoscut sub formula atomică  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  era inactiv din punct de vedere electrochimic. În mod normal era trecut cu vederea, fiind considerat o impuritate. Dar acum intuiția îi spunea că povestea e incompletă – credea că acel material are proprietăți pe care nimeni nu le cunoștea. Ideea lui era să adauge puțin  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  compusului NMC cu litium. Thackeray bănuia că această schimbare va face compusul NMC mai rezistent și va păstra catodul intact în timp ce bateria se încarcă și se descarcă.

În 1994 și 1995, Johnson a creat celule de baterii pentru testare utilizând formula dată de Thackeray și a intercalat litiumul. El a descoperit că poate transfera fără probleme jumătate din litium între cei doi electrozi, timp în care structura NMC a rezistat foarte bine. Era ca și cum catodul ar fi așteptat compusul  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ , pentru a-i asigura stabilitatea.

Johnson a descoperit de ce intuiția lui Thackeray era corectă. Deși  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  de sine stătător era inactiv, când a fost introdus în catod, manganul și litiumul au început să migreze și să se fixeze în NMC ca niște stâlpi de susținere.



Acești atomi susțineau structura în timp ce în NMC avea loc transferul litiului.

La vedere, și NMC, și  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  seamănă cu o casă. Podeaua și tavanul sunt alcătuite din atomi de oxigen, iar pereții din nichel, cobalt și mangan. Oamenii de știință numesc acest cadru „rețea”. Deoarece rețelele NMC și  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  sunt similare, Johnson le-a putut integra cu ușurință pe cele două la scară nanometrică.

Dacă singurul lucru notabil era că acum compusul prezenta stabilitate, Johnson ar fi fost angajat într-un simplu exercițiu de gândire. Dar stabilitatea nu a fost singurul lor succes. Dacă te gândești la mașina electrică, NMC a dus la un catod mai bun decât varianta litiu-oxid de cobalt a lui Goodenough, varianta de litiu-fosfat de fier sau chiar spinelul de mangan al lui Thackeray. Nu numai că era mai ieftin și mai sigur, dar Thackeray a mai calculat și că suplimentul de litiu din sistem îi îmbunătățește acestuia performanțele. Rețeaua dublă oferă posibilitatea de a transfera 60 sau 70% din litiu înainte să se deterioreze, cu mult peste 50% cât puteai extrage din catodul litiu-oxid de cobalt al lui Goodenough. Acest litiu în plus – 10 sau 20% – însemna mai multă energie.

Thackeray a numit invenția „stratificare” sau „compozit”.

Această rețea dublă avea și un alt avantaj. I-a deschis lui Thackeray calea pentru noi progrese. El putea să folosească și alte metale în rețea, pentru a face mai multe îmbunătățiri.

Dar și așa, NMC era deja puternic. Depășise o provocare esențială cu care se confruntau bateriile dacă ar fi fost să concureze vreodată cu propulsia pe benzină, și asta era că foarte puțini oameni s-ar mulțumi cu o singură

caracteristică a unei mașini electrice. Capacitatea de a călători pe distanțe lungi era importantă, dar nu suficientă; șoferii cereau și alte calități. Voiau ca mașina să demareze imediat ce apeși pe accelerație și să prindă viteză. Doreau ca vehiculul să fie sigur – consumatorii, ca să nu mai vorbim de autoritățile de reglementare, ar refuza o mașină cu o baterie care ar putea exploda oricând. Această ultimă calitate era, poate, cel mai greu de asigurat: forțând lucrurile pentru a atinge o asemenea performanță în autonomie și viteză, bateria devenea mai periculoasă.

Autoturismele echipate cu formula NMC a laboratorului Argonne puteau merge 65 de kilometri cu o singură încărcare, un indicator tehnic cheie, deoarece era distanța medie pe care o parcurgea un american într-o zi. Dacă nu atingeai această valoare, nu te puteai gândi să pui o mașină pe șosea. NMC a asigurat și accelerarea rapidă cerută de americani. Iar manganul a făcut ca sistemul să fie sigur.

În ansamblu, NMC era superior oricărui catod produs până atunci în laboratoarele naționale și, au spus unii, inclusiv față de cele produse în alte țări.

Descoperirea l-a înveselit pe Thackeray, care părea veșnic curios să testeze puținele elemente din tabelul periodic relevante pentru baterii – dar numai dacă le intuia potențialul pentru un progres semnificativ. Nimeni nu putea prezice interesul comercial, care de multe ori părea imposibil de înțeles. De ce, după atâția ani, catodul litiu-oxid de cobalt al lui Goodenough rămăsese formula standard de litiu-ion utilizată practic la toate telefoanele mobile, tablete și laptop-uri din lume? Nici o altă invenție – nici măcar spinelul lui Thackeray – nu a fost destul de bună pentru a-l întrece pe bătrân. Asta arăta cât de mici erau șansele de a

comercializa ceva nou. Totuși, trebuia să existe posibilitatea de a-l depăși pe Goodenough – de a progresa spre obiectivul final, acela de a rivaliza cu sursa motorului cu combustie internă. Altceva nu-l interesa pe Thackeray.

El a început să pună la punct o cerere de brevet pentru NMC.

În mai 2000, Thackeray a luat avionul spre Lacul Como din Italia, pentru două săptămâni de conferințe pe tema litiu-ion. Alegerea acelui loc era simbolică – Alessandro Volta se născuse la Como în 1745. Doar cu opt luni mai devreme, orașul sărbătorise două sute de ani de la inventarea bateriei de către Volta. Aproximativ două sute de experți din treizeci de țări se adunaseră pentru a marca evenimentul. Dar Thackeray a fost dezamăgit să regăsească doar puțin din entuziasmul de demult la evenimentul din mai. Pentru început, se ținea la un centru de conferințe din afara orașului unde ajungeai cu trenul și unde a găsit o atmosferă sterilă.

Thackeray a susținut una dintre prezentările din deschidere. A doua zi dimineață, a asistat la o prezentare de treizeci de minute susținută de patru oameni de știință din Noua Zeelandă. Într-un limbaj entuziast, aceștia au vorbit misterios despre o nouă abordare a bateriilor prin cuplarea cromului cu oxidul de mangan. Mai târziu, Thackeray a trecut pe lângă un stand de prezentare al unuia dintre nezeelandezi, un cristalograf pe nume Brett Ammundsen, și i s-a părut frustrat. „Măcar tu ar trebui să știi ce fac”, i-a spus Ammundsen. Cu siguranță, Thackeray, pionierul spinelului de mangan de la Oxford, înțelesese importanța progresului făcut de Noua Zeelandă, chiar dacă nimeni altcineva de la Como nu înțelegea.

În acel moment, Thackeray a înțeles ceea ce voiau să facă neozeelandezii: să calce pe terenul lui.

Pentru Thackeray, ei erau foarte aproape de manevra lui cu  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  – așa cum făcuse el, introduceau litiu suplimentar pentru a spori performanța unui catod, în cazul lor fiind vorba de o formulă cu crom și oxid de mangan.

Alarmat, Thackeray l-a sunat pe Chris Johnson la Chicago.

„Mai faceți repede câteva experimente și apoi scrieți raportul de invenție”, a spus Thackeray. „Vom depune cererea pentru un brevet provizoriu.” Brevetul pe care îl pregătise nu era gata. Dar acum trebuia să fie, dacă voia să-i depășească pe neozeelandezi.

„Brevetul provizoriu” era o mișcare tactică – îl soliciți când ai încredere în ideea ta, te afli într-o cursă cu rivali, dar nu ai încă suficiente date. Acest brevet îți oferă un an întreg pentru validarea cererii. Dacă faci rost de date, obții brevetul complet, cu data cererii inițiale. Johnson a lăsat totul deoparte și a trecut la treabă. Când Thackeray s-a întors la Chicago, amândoi au început să producă celule pentru testare și să obțină date electrochimice care le validau mai mult sau mai puțin declarația conform căreia aveau o performanță mai mare. Au trimis datele avocatului din afara laboratorului. Într-o diagramă, Thackeray cerea să se acorde prioritate unui catod din combinația nichel, mangan și un oricare al treilea metal. Un an mai târziu, ei au depus dosarul și li s-a acordat brevetul permanent.

Îi învinseseră pe neozeelandezi. Dar Thackeray nu trebuia să se îngrijoreze. Grupul din Noua Zeelandă a depus cerere de brevet abia la șase luni după conferința de la Como. Citind-o, Thackeray a găsit-o mediocră. Neozeelandezii „ratau imaginea de ansamblu”, și-a spus el. Era ca și cum

nu ar fi înțeles că secretul materialului consta în interacțiunea celor două rețele – utilizarea  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  pentru a stabili-za structura NMC. În loc de un compus din două structuri – ideea centrală a formulei, susținea Thackeray –, neozee-landezii au crezut că e vorba de un amestec omogen de metale.

Tot așa au stat lucrurile și în cazul unei alte cereri de brevet concurențiale înaintată de Universitatea Dalhousie din Halifax, Canada, cerere pe care Thackeray a conside-rat-o, de asemenea, confuză. „Ei pur și simplu nu știu ce au obținut”, a spus el.

După cum vedea lucrurile Thackeray, celelalte cereri semănau cu „ceea ce vor face japonezii”, adică să „cuce-rească lumea”. Dacă procedai astfel, fără să descrii cu exac-titate ce ai vrut să spui, puteai fi distrus de provocările legate de brevete. Șmecheria era să fii limpede și concis, pentru a nu exista niciun dubiu cu privire la ceea ce afirmi. „Ei au hoinărit pe lângă drum, fără să vadă ce îi așteaptă după cotitură”, a spus el, strategie „care te bagă imediat în necazuri”. Metoda exactă îi fusese transmisă lui Thackeray în Africa de Sud de către directorii britanici din domeniul mineritului, oameni care și-au exprimat interesul comercial pentru bateria Zebra și care i-au invitat pe el și pe alți oameni de știință la prânz, într-un bar, „pentru a face un brainstor-ming” despre cum să o protejeze. Brevetele au fost conce-pute cu bere și vin din belșug. Thackeray a observat că brevetele din Africa de Sud aveau tendința să reziste.

Câțiva ani mai târziu, când producătorii de automobile au început să realizeze mașini electrice, au fost extrem de secretoși în privința bateriilor, inclusiv a formulei pe care o foloseau și a costurilor, considerând astfel de cunoștințe

vitale din punct de vedere competitiv. Dar General Motors a anunțat deschis că a cumpărat licențe pentru ambele invenții majore ale lui Thackeray – NMC și spinelul de mangan – într-o formulă de baterie combinată pentru Volt, prima sa mașină electrică, un hibrid cu alimentare la priză pe care l-a lansat în 2010. GM a declarat că distanța de 65 de kilometri cât ținea bateria a fost ideală pentru prima serie a modelului Volt. Dar interesul GM nu se limita la atât; Argonne promisese o versiune avansată a NMC, una care putea fi combinată cu un anod îmbunătățit, pentru o mașină și mai performantă. GM aștepta acel progres, căci spera să lanseze noi mașini electrice.

Sosirea lui Thackeray a adus în Laboratorul de Baterii al Argonne mult necesara vervă competitivă. Dintr-odată, conducea cercetări de ultimă generație pe marginea formulei litiu-ion. Următorul recrut al laboratorului avea să completeze tandemul său special – doi specialiști în baterii care aparțineau atât lumii științifice, cât și celei comerciale.

## Omul din Casablanca

Satul marocan Benahmed se află la o jumătate de oră de condus pe o autostradă lină din Casablanca. Dar pe când Khalil Amine copilărea acolo în anii '60 și '70, călătoria dura de două ori mai mult, pe drumuri înguste, cu autobuzul. Benahmed era un oraș curat și luminos, cu o mică populație franceză care se stabilise acolo după încheierea regimului colonial, cu câțiva ani în urmă. Tatăl lui Amine, un intelectual arab care preda la școală, și mama lui, berberă, făcuseră șapte băieți. Khalil era al doilea. Despre familia mamei sale, Amine a spus: „Berberii sunt extrem de buni în afaceri”.

Istoria familiei mergea până aproximativ în primul deceniu al secolului XX, când bunicul lui Amine din partea mamei, Benadir, avea 12 ani și era cioban în munții din vecinătatea portului Agadir. Destul de des, un bărbat în vârstă îl bătea. Dar într-o zi, fiind provocat, Benadir a luat un pietroi și l-a lovit pe bătrân în cap. Omul a căzut și acolo a rămas. Băiatul, înfricoșat, a fugit.

Benadir se ascundea când a trecut pe lângă el o căruță de fructe trasă de un tractor. S-a urcat repede în ea și s-a așezat în așa fel încât să nu poată fi văzut. În următoarele două sau trei zile, căruța a continuat să meargă pe coastă.

Benadir s-a înfruptat cu fructe și legume. Dar în Casablanca, vânzătorii de fructe au descoperit pasagerul clandestin și l-au aruncat în stradă. Benadir s-a apucat de cerșit. Obosit și murdar, s-a îndreptat către o casă. O franțuzoaică de acolo, miloasă, l-a luat pe Benadir, l-a spălat și l-a lăsat să stea acolo pe post de ajutor în casă.

Amine nu-și mai amintește numele femeii, dar într-o zi, soțul ei afacerist i-a cerut lui Benadir să aibă grijă de unul dintre magazine. Benadir a văzut în asta o mare responsabilitate și, plin de sânguință, deschidea magazinul în fiecare zi la ora cinci dimineața și îl închidea la miezul nopții. Dormea și mânca în magazin. După un timp, francezul a observat că încasările magazinului au crescut. El i-a dat băiatului în grijă mai multe magazine și a început să-l trateze ca pe un fiu.

În 1956, Marocul și-a câștigat independența față de Franța și Spania. Familia franceză a lui Benadir se afla printre o mulțime de străini panicați care s-au repatriat. La plecare, francezul i-a dat afacerea lui Benadir. Așa se face că bunicul lui Amine a devenit o figură importantă a locului.

Poate că de aici provine instinctul comercial al lui Amine – „o genă din partea mamei mele, cred”, a spus el. „Dar, din păcate, Benadir a avut un fiu care nu a mers niciodată la școală. Nu a lucrat niciodată și a risipit acea avere. Da, unchiul meu. Dacă aș fi fost în locul lui, aș fi deținut jumătate din Maroc.” Amine râdea, dar nu glumea.

Amine a spus că în copilărie era serios și sensibil – plângea dacă un coleg de clasă lua o notă mai mare la un test. La internatul francez de lângă Casablanca unde fusese trimis întrucât în satul lui nu existau licee, Amine și câțiva prieteni citeau în baie noaptea și dimineața devreme, singurul



loc pe care stăpânii îl lăseau luminat. De obicei, prietenii săi de liceu jucau fotbal, fumau și jucau cărți. Amine stătea cu ei și citea. Când existau dispute, Amine era arbitru. „Înțelegem cine e câștigătorul și spuneam: «Bine, iată banii!»”. El era persoana lor de încredere.

Când era student în an terminal, Amine a avut cel mai bun rezultat la examenul național de știință din Maroc. Acest lucru i-a dat dreptul să primească o bursă la Universitatea din Bordeaux, Franța. Acolo, a obținut doctoratul în chimie și a acceptat oferta de a deveni asistent postdoctoral la Universitatea din Kyoto, Japonia.

În Kyoto, Amine s-a mutat într-un cămin universitar care pentru el părea un hotel stilat. Când nu era în laborator, Amine se uita la televizor în salonul căminului, și acolo se afla când o femeie extrem de atrăgătoare a intrat și s-a așezat lângă el. „Era ca o stea de cinema”, a spus Amine. „Uau. M-a dat pe spate.” A intrat în vorbă cu ea. „De unde ești?”

O chema Xiaoping Xu. Era chinezoaică și se afla în Japonia de trei luni. Chiar atunci se pregătea pentru un examen la școala medicală, care prevedea și japoneza tehnică. „Nu am cărți și sunt îngrijorată”, i-a spus ea.

Amine i-a zis că are el cărțile și i le-a lăsat. Apoi, Xiaoping a dispărut.

Aproximativ șase luni mai târziu, a primit un bilet. Xiaoping terminase prima din clasă și câștigase o bursă farmaceutică de prestigiu. Voia să-i înapoieze cărțile lui Amine.

Amine nu se gândea la cărți, ci la o relație serioasă – o plăcea cu adevărat pe Xiaoping. Credea că și ea era interesată, dar un prieten chinez i-a spus că, dacă ea era atât de conservatoare cum o descriesese Amine, ar trebui s-o lase mai moale. Nu trebuia să fie insistent.

A invitat-o pe Xiaoping în locuri costisitoare – restaurante, temple. I-a cumpărat cadouri. În mintea lui Amine stăruia o amintire din Maroc veche de douăzeci de ani. Avea șase ani și împreună cu fratele lui se uita la un film de acțiune în care jucau două actrițe frumoase: o chinezoaică și o indiancă. „O să mă căsătoresc fie cu indianca, fie cu chinezoaică”, spusese Amine. Acum, bărbat în toată firea, Amine voia să-și împlinească fantezia din copilărie. Intenționa să se căsătorească cu Xiaoping.

După șase luni în care i-a făcut curte, Xiaoping i-a dat voie să o sărute.

Și în laborator Amine a dobândit de-a lungul timpului senzația că face treabă bună. Poate că nu găsise neapărat căi originale pentru a stoca mai mulți atomi într-un spațiu mai mic, dar era un cercetător care citea cu înflăcărare, era extrem de atent la conferințe și putea să înțeleagă rapid atât potențialul, cât și neajunsurile ideilor avansate de alții. Trimiterea prietenilor prin e-mail întrebări și gânduri, și de acolo găsea soluții creative înaintea oricui. „Dacă există o problemă, o rezolvăm”, spunea Amine. „Dacă există o altă problemă, o rezolvăm și pe aceea.” Mai târziu a devenit director de cercetare și dezvoltare la compania japoneză Storage Battery, o poziție privilegiată pentru un tânăr străin într-o țară din Asia de Est. Japonia era în plină expansiune și banii curgeau, salariile erau mari iar bonusurile, astronomice: orele suplimentare se plăteau dublu, ceea ce însemna salariu triplu; primeau salariu extra șase luni pe an – trei luni iarna, trei vara – și bonusuri suplimentare pentru oamenii-cheie care făcuseră descoperiri importante. Angajaților nu li se plăteau redevențe deoarece compania

păstra drepturile asupra tuturor invențiilor. Dar Amine a fost recompensat cu un bonus suplimentar echivalent cu dublul salariului său anual pentru invenția sa – sistemul de baterii de cinci volți pe bază de nichel și magneziu. A primit încă doi ani bonus datorită sistemului cu oxid de cobalt, pentru care societatea acordase licențe companiilor Sony și Samsung, ceva asemănător cu invenția originală a lui John Goodenough.

Amine și Xiaoping au hotărât să se căsătorească. Părinții lui Amine au primit vestea cu brațele deschise. În ceea ce privește familia lui Xiaoping, Amine a trebuit să o cucească pe mama fetei. În tradiția chineză, „dacă mama spune că este în regulă, totul merge ca uns”, a zis Amine. „Dacă mama spune nu, ai dat de necaz.” La început, semnele nu erau de bun augur. Mama lui Xiaoping credea că Amine, dat fiind succesul său profesional, trebuia să fie în vârstă. „De ce vrei să fii cu omul ăsta? Este bătrân”, i-a spus ea fiicei sale. Amine a adăugat: „A crezut că am în jur de cincizeci de ani”. Dar nu era decât cu trei ani mai mare decât Xiaoping.

S-au dus în China. Înainte de a pleca, Amine s-a sfătuit cu prietenul său chinez. Era de la sine înțeles că Amine îi va oferi un cadou mamei soacre, dar trebuia să fie unul valoros, i-a spus prietenul său. „Dacă îi duci flori, vor râde de tine. Vor spune: «Da, este un pământău.»”

Amine s-a prezentat cu un colier și o brățară de aur, câteva eșarfe franțuzești și o pereche de pantofi la modă.

„Bună ziua”, a salutat-o zâmbind pe mama lui Xiaoping, cu darurile în mână. Și ea i-a zâmbit într-un fel în care îi transmitea că nu va exista nicio problemă.

În 1997, Xiaoping a fost acceptată la școala medicală din cadrul Universității din Illinois, un pas necesar dacă

dorea să practice în Statele Unite. L-a încurajat pe Amine să o urmeze și el a găsit un post de coordonator al unui grup de cercetători în domeniul bateriilor din Ann Arbor, Michigan. Nu era departe, putea să facă drumul de patru ore cu mașina până la Chicago și să o vadă pe Xiaoping cât de des putea.

Într-o zi, Don Vissers a intrat în biroul lui Mike Thackeray. Abia se întorsese de la o conferință din Oslo. L-a întrebat dacă auzise de Khalil Amine, tipul cu bateriile din Japonia. Luaseră prânzul împreună și Vissers părea entuziasmat. Thackeray a spus că da, știa de Amine și fusese și el impresionat.

Curând, Vissers se afla în Kyoto. Amine i-a arătat laboratorul.

„Doamne, nu-i spune prea multe”, îl instruisese șeful său pe Amine. Dar în seara aceea, la cină, Amine a vorbit în continuu despre știință.

„Te-ar interesa să vii în Statele Unite să lucrezi cu noi?”, l-a întrebat Vissers în cele din urmă.

„Îmi pare rău”, a spus Amine. Urma să se mute în Ann Arbor unde primise un post.

Vissers a râs.

„Soția ta studiază la doar zece kilometri de Argonne”, i-a spus el.

„Adevărat?”, a răspuns Amine. El asocia Argonne cu testele atomice din anii '40 și a presupus că era mai aproape de New Mexico.

„Atunci batem palma”, a spus Amine.

Amine și Xiaoping, acum căsătoriți, și-au cumpărat cu economiile din Japonia o casă în Downers Grove, „Micul Argonne” al clasei de mijloc unde migraseră primii oameni de știință ai laboratorului la sfârșitul anilor '40. Când a terminat școala medicală, Xiaoping a deschis o clinică holistică în apropiere. „Instinctul ei de a ne muta în Statele Unite a fost perfect”, a spus Amine – „pentru copii, pentru cariera mea și pentru cariera ei”. Apoi, Xiaoping a găsit o proprietate ipotecată la câțiva kilometri distanță, într-o zonă mai nouă și mai bogată, numită Oak Brook. Și școlile de acolo erau grozave și progresiste. Au cumpărat casa.

Poate că Amine ar fi avut succes în continuare în Japonia, dar nu și Xiaoping. Existau prea multe prejudecăți împotriva chinezilor, ca să nu mai vorbim de copiii străini care erau marginalizați și hărțuiți. În Oak Brook, Xiaoping era fericită și populară.

Părinții lui Xiaoping s-au mutat cu ei în SUA. Ori de câte ori Amine se întorcea dintr-o călătorie lungă de afaceri, observa pe cineva la fereastră indiferent de oră. Era mama lui Xiaoping. „E foarte îngrijorată. Știi, pentru mine”, a spus Amine. Dar când deschidea ușa, nu mai era nimeni acolo – se întorcea în camera ei, unde adormea liniștită.

## Furt în laborator

**D**on Vissers a intrat în biroul lui Thackeray.  
„Khal crede că-i furi ideile”, i-a spus.  
„Poftim?”

Amine, cu fața lividă, se plânsese că Thackeray, care depusese cerere pentru brevetul provizoriu pentru NMC, i-a furat munca. La doi ani de când îl recrutase Vissers, marocanul devenise o forță în Departamentul de Baterii. Venea la birou la ora șase dimineața, aproape înaintea tuturor, pentru a se ocupa de cererile de finanțare către guvern și companii private. Aceste propuneri de proiecte aveau capacitatea să detecteze o viitoare descoperire de senzație, conectând punctele ascunse din munca în curs de desfășurare și adăugând ingredientul lipsă necesar. Multe cereri fuseseră aprobate și banii reprezentau aproape două treimi din întregul buget al departamentului și având un procent corespunzător de personal sub supravegherea sa directă. La origine era ambiția lui Amine, o ambiție perturbatoare care a făcut ca mare parte din departament să pară că nu face nimic, ceea ce i-a deranjat pe mulți dintre colegii săi care l-au numit un oportunist ce exploatează munca altora.

Amine și Thackeray erau o pereche nepotrivită nu numai pentru că doi imigranți din părți opuse ale Africii