

## DISCURS DE RECEPȚIE

Acad. Marius Andruh

14 martie 2014

### ORIGINALITATEA CERCETĂTORULUI

**Motto:** *Phantasie ist wichtiger als Wissen. Wissen ist begrenzt, Phantasie aber umfasst die ganze Welt.*

**Albert Einstein**

Stimate Doamnăle Președinte al Academiei Române,  
Doamnelor și Domnilor Academicieni,  
Doamnelor și Domnilor,

M-am întrebat, de fiecare dată când am vizitat Galeria Uffizi din Florența, de ce mă atrage un anumit tablou al lui Verrocchio, “Botezul lui Hristos”. Explicația aveam să o găsesc mai târziu: era îngerul din stânga, pictat, după cum ne spune Vasari, de către Leonardo da Vinci, unul din ucenicii lui Verrocchio. Știam dinainte acest lucru și o privire atentă îmi arăta că Leonardo era pe cale să devină, din punct de vedere artistic, el însuși. “Este un sărman discipol cel care nu este

capabil să își depășească maestrul” spunea Leonardo da Vinci. S-a repetat des acest lucru, în diferite forme, până în ziua de azi, devenind un loc comun. Am început, de atunci, să meditez tot mai mult la relația ucenic-maestru. Este ea aceeași în Știință? Care sunt mecanismele creației științifice care duc la progres? Căutarea răspunsurilor la aceste întrebări m-a condus spre înțelegerea unei însușiri importante a creatorului de Știință: originalitatea.



Verrocchio, “Botezul lui Hristos”, Galeria Uffizi, Florența.

### **Relația maestru-ucenic**

S-a vorbit și s-a scris mult despre specificul Chimiei ca știință și despre conexiunile care se pot face între Chimie și Artă. Două strălucite discursuri de recepție în Academia Română au analizat, din perspective diferite, frumusețea Chimiei.<sup>1</sup> Mergând mai departe, vom observa că relația ucenic-maestru este aceeași în Știință și în Artă. Un mare artist poate apărea și pe loc gol, dar, de cele mai multe ori, se desprinde dintr-o școală, unde învață, în special, tehnica. Michelangelo a învățat desenul și tehnica *affresco* în atelierul lui Ghirlandaio. Rafael a fost elevul lui Perugino, Titian al lui Bellini. În faimoasa sa *Istorie a artei*, Gombrich consemnează: “Se observă în mod evident tot ceea ce Rafael datorează frumuseții modelelor lui Perugino, dar este o distanță enormă între regularitatea puțin cam goală a maestrului și plenitudinea de viață a elevului”.<sup>2</sup> Ucenicii primeau în acea perioadă detalii pe care trebuiau să le execute în opera maestrului. Cei care se opreau numai la tehnică reproduceau la nesfârșit, prin mimetism, stilul maestrului, operele lor sfârșind în anonimat. Erau epigonii. Alții, puțini, deveneau, la rândul, lor mari creatori.

Oamenii de știință se formează, și ei, pe lângă un maestru, cel mai adesea conducătorul de doctorat. Acesta propune doctorandului o problemă derivată din domeniul pe care îl dezvoltă. Rar se întâmplă sau se acceptă, în știință, ca un tânăr să propună o temă de cercetare independent de Profesor. În perioada stagiului de doctorat el trebuie să învețe tehnicile experimentale specifice domeniului, să învețe să rezolve probleme și, mai ales, să gândească. Își însușește metoda. Este etapa în care el participă la opera maestrului realizând detalii dintr-o frescă. Fresca în Chimie este reprezentată de ansamblul compușilor obținuți utilizând strategii

originale de sinteză, de studiul proprietăților lor prin tehnici experimentale sau prin metode teoretice elaborate de șeful școlii. Aceasta nu înseamnă că doctorandul nu poate aduce rezolvări originale, ceea ce se și așteaptă de la el, în cadrul temei propuse. Atunci când există o puternică școală de cercetare științifică, doctoranzii sunt cei care o ilustrează, prin rezultatele pe care le obțin. Șeful școlii este cel care lansează ideile originale pe care trebuie să le dezvolte doctoranzii. Există și situații excepționale, dar rare, în care doctorandul face descoperiri fundamentale, independent de mentor. Un exemplu celebru este cel al fizicianului german Rudolf Mössbauer, care a descoperit, în timpul elaborării tezei de doctorat, efectul care îi poartă numele și pentru care a primit Premiul Nobel în anul 1961, la vârsta de 32 de ani.

Marii șefi de școală au format întotdeauna pe lângă ei personalități puternice, care, la rândul lor, au format școli de cercetare. În Chimia românească sunt câteva filiații interesante: Academicianul Gheorghe Spacu, elev la Iași al lui Neculai Costăchescu, a creat Școala de chimie coordinativă de la Cluj, o dată cu înființarea Universității românești, în 1919. I-au fost doctoranzi Raluca Ripan, Ilie G. Murgulescu, Petru Spacu, Coriolan Drăgulescu, Gheorghe Claudiu Suci, Constantin Gh. Macarovici, iar la București Maria Brezeanu, toți deveniți membri ai Academiei Române. Academicianul Murgulescu a fondat o puternică Școală de Chimie Fizică la Universitatea din București, având, printre alții, ca doctoranzi pe Victor Em. Sahini, Eugen Segal, Zeno Simon, Dumitru Oancea, și ei, peste ani, membri ai Academiei Române. La Politehnica din București, Academicianul Costin D. Nenițescu a creat, practic pe loc gol, una din cele mai faimoase școli din Chimia românească. Doi dintre foștii lui doctoranzi au fost Academicienii Alexandru T. Balaban și Ecaterina Ciorănescu, din școala acesteia din urmă provenind Academicianul Mircea D. Banciu.



R. Ripan



**G. Spacu**



C. Drăgulescu



Gh. C. Suciu



I. G. Murgulescu



P. Spacu



M. Brezeanu



C. Gh. Macarovici

62

Profesorul G. Spacu și elevii lui deveniți membri ai Academiei Române.

Referitor la relația ucenic-maestru, se invocă frecvent și, după mine, facil, ceea ce Brâncuși i-a spus lui Rodin atunci când s-au despărțit, în anul 1907, după o scurtă ucenicie în atelierul acestuia din urmă: “La umbra marilor stejari nu crește nimic, doar iarbă nevolnică”. După alți exegeți ai operei lui Brâncuși, propoziția ar fi sunat altfel: “Sub copacii falnici abia dacă mijesc mânătărci și se târăsc melci” (V. G. Paleolog), sau “La umbra marilor copaci nu cresc vlăstarele tinere” (Ionel Jianu). Oricum, mesajul este același. Replica lui Brâncuși este cel mai ades

interpretată ca o dovadă a dorinței de independență a unui creator de geniu, care rupe violent cu trecutul și revoluționează arta. Citită *ad litteram*, ea neagă rolul Maestrului. Rupturile violente sunt întotdeauna mai spectaculoase! Dar, dincolo de plasticitatea replicii lui Brâncuși, este, oare, adevărat? Putem extinde această sentință, dacă am accepta-o, și în Știință? Răspunsul este mult mai complex, atât în Artă cât și în Știință. Operele de la începutul perioadei pariziene a lui Brâncuși, puține rămase, modelate în lut, urmând o tehnică utilizată amplu de Rodin, arată influența marelui sculptor francez asupra tânărului sculptor român. De altfel, Brâncuși însuși spunea: “Influența lui Rodin a fost și este imensă”. Cu Brâncuși a început sculptura modernă, dar, pe de alta parte, nu se poate spune despre Rodin că a fost un spirit conservator. Rodin, devenind Rodin, prin *L'éveil de la nature*, *L'âge d'airain* și *L'âge d'or*, a intrat în conflict deschis cu sculptura oficială a celui de-al Doilea Imperiu (Napoleon al III-lea).

Ucenicia pe lângă un Maestru și cunoașterea operei înaintașilor sunt necesare. Rămânând la Rodin, dar se pot da multe alte exemple, ne amintim că acesta face o călătorie în Italia (1875) vizitând Roma, Florența, Veneția, Torino, pentru a studia și înțelege operele lui Donatello și Michelangelo. Acesta din urmă a studiat în anii uceniciei sculpturile antice din grădina lui Lorenzo de Medici.

Creatorii de geniu influențează Arta nu numai prin elevii direcți, dacă i-au avut. Ei marchează o întreagă epocă pe arii largi. Întâlnim o perioadă interesantă în Isoria Muzicii, cea de după Beethoven: forța simfoniilor sale lăsa impresia că acest gen nu mai poate fi continuat. Wagner a compus, admirându-l și studiindu-l pe Beethoven, o singură simfonie, la vârsta de 19 ani. Considerând că nu mai este nimic de făcut, a abandonat genul și a creat drama muzicală. Brahms a compus prima simfonie la deplină maturitate artistică, mult după primul concert pentru pian. Influența lui Beethoven era copleșitoare și Brahms a lăsat să treacă mult timp până să atace simfonia. Chiar și așa, influențele lui Beethoven sunt vizibile: finalul

Simfoniei întâi amintește de cel din Oda Bucuriei, ceea ce a generat remarci malițioase, facile și nedrepte: prima simfonie a lui Brahms este... a zecea de Beethoven. Simfoniile lui Bruckner, contemporan cu Brahms și Wagner, nu mai au nimic beethovenian, fiind mai degrabă influențate, la nivelul orchestrației, de către Wagner. Căutarea originalității nu este totul; există ceva deasupra și imposibil de realizat urmând rețete și modele: forța, izvorâtă din geniu, de a transmite emoții unice. Faptul că Beethoven a introdus *scherzo*-ul în locul menuetului ca parte a treia a unei simfonii, părăsind modelul Școlii de la Mannheim, că l-a mutat apoi în ultimele simfonii de la partea a treia la partea a doua, că Brahms l-a utilizat doar parțial, transfigurându-l, sau că îl regăsim la Bruckner (*scherzo*-ul demoniac) nu mi se pare esențial. Personal cred că au simțit nevoia să o facă pentru a servi mai bine mesajului.

Cei care au “focul sacru” vor ști să își ia zborul, desprinzându-se de Maestru. Cunoscuta replică a lui Brâncuși poate fi acum întoarsă: La umbra marilor stejari cresc vlăstare tinere, dar numai cele care schimbă locul vor supraviețui, crescând la rândul lor. Și am putea continua prin ceea ce, profund și în aparență paradoxal, G. Călinescu spunea: “Cel ce mă iubește se desparte de mine”. Regăsim, mai recent, aceeași idee și la Gabriel Liiceanu: “Și aceasta este funcția maestrului într-o societate. El este capabil să insufle supunerea mentală a cuiva în vederea eliberării lui. Așadar, rețineți: supunere în vederea eliberării”.<sup>3</sup> În etapa de “supunere”, ucenicul (în Artă, în Știință) se lasă modelat de către maestru și, prin găsirea de sine, se eliberează. Un caz interesant de “eliberare” de maestru este cel al Profesorului Nenițescu: întors la Universitatea din București, după un doctorat în Laboratorul lui Hans Fischer, a creat o chimie organică profund originală. El nu și-a trecut niciodată pe lista de publicații cele trei articole scrise în timpul doctoratului cu Fischer.<sup>4</sup> Pentru că nu îl reprezentau... Întreaga operă științifică a Magistrului nu mai amintește prin nimic chimia mentorului său. Secretul puternicei școli a

Academicianului Ilie G. Murgulescu a constat în abilitatea acestuia de a deschide mai multe ”șantiere” simultan, așezând în fruntea fiecăruia pe câte unul din foștii doctoranzi, dându-le deplină libertate. Ajunsă la apogeu, școala Profesorului Murgulescu acoperea întreaga Chimie fizică, Profesorul implicându-se activ doar într-unul din domeniile acesteia.<sup>5</sup>

Alte șase mari școli de cercetare din Chimia românească au apărut pe loc gol, fiind construite în jurul Profesorilor Cristofor I. Simionescu (Chimia polimerilor), Eugen Angelescu (Chimia coloizilor), Emilian Bratu (Ingineria chimică), Șerban Solacolu (Chimia silicaților), Ioan V. Nicolescu (Cataliza heterogenă), Ionel Haiduc (Chimia organometalică și supramoleculară). Toți au adus contribuții esențiale în domeniile pe care le-au ilustrat.

Așadar, marii creatori de știință vor deveni numai aceia care, după perioada de ucenicie (doctorat, post-doctorat) își construiesc propriul domeniu de cercetare, diferit de al Profesorului care i-a îndrumat. Acesta are datoria să le transmită nu numai modul de gândire specific unei discipline științifice; el trebuie să îi învețe să fie creativi și, mai ales, să fie originali atunci când își lansează propriile proiecte. Stagiile post-doctorale constituie, și ele, o etapă importantă în formarea tânărului cercetător. Ele pregătesc viitoarea carieră științifică a acestuia. Gândite cu responsabilitate, ele trebuie să se desfășoare într-o altă Universitate, de preferință într-o altă țară. În această etapă, tânărul își lărgeste experiența științifică, învață tehnici noi, se implică în rezolvarea unor proiecte de cercetare diferite de cel dezvoltat în teza de doctorat.

După stagiul/stagiile postdoctorale, tinerii cercetători care vor să urmeze o carieră științifică trebuie să caute o universitate sau un institut de cercetări în care să își lanseze proiectele. Nicio universitate serioasă nu va angaja un tânăr care continuă ideile Profesorului la care s-a format. Nicio competiție organizată de un organism finanțator al cercetării nu va selecționa proiecte lipsite de originalitate,



care bat pasul pe loc propunând cercetări de rutină. Marile Universități nu își recrutează niciodată profesorii și cercetătorii din rândul propriilor absolvenți. Universitățile românești fac excepție. În Germania, poți reveni ca profesor în Universitatea la care ai studiat, dar numai pe bază de invitație sau chemare (*Ruf*). Invitația o primesc cei care au căpătat o solidă reputație internațională. Interesant, în perioada interbelică acest lucru se practica și în Universitățile noastre. Profesorul G. Spacu, recunoscut ca unul din cei mai importanți chimiști anorganicieni ai vremii, a fost invitatat de la Cluj, în anul 1940, la Universitatea din București, după decesul lui G. G. Longinescu, membru, și el, al Academiei Române.<sup>6</sup>

Celebra butadă a lui George Bernard Shaw, “Cel ce poate face, cel ce nu poate îi învață pe alții”, este discutabilă. În Știință, cel puțin, marii creatori de școală sunt numai cei care, la rândul lor, aduc contribuții importante la progresul domeniului în care activează. În ceea ce mă privește, am fost călăuzit în activitatea științifică de ceea ce Profesorul Nenițescu spunea: “Pentru a reuși să transmiți Știință, trebuie să fii tu însuși creator de Știință sau, cel puțin, să te străduiești să fii”. Poate că, pentru unii, și această idee este discutabilă. Au existat, și există, în Universități, profesori care știu să predea ” clar, sistematic și atractiv” un curs, dar care nu au produs mai nimic în Știință; există, de asemenea, profesori care sunt excelenți cercetători dar pentru care activitatea didactică este mai degrabă secundară sau sunt mai mult sau mai puțin dăruți cu har pedagogic. Primii pot să fie foarte buni formatori, în special pentru pregătirea generală a studenților, ceilalți sunt actorii principali într-o Universitate Humboldtiană.

## **Progresul în Știință**

Ce face să avanseze Știința? Putem vorbi despre progres în Artă? La această din urmă întrebare aș răspunde mai degrabă prin nu, fără nuanțări. Ne bucurăm de

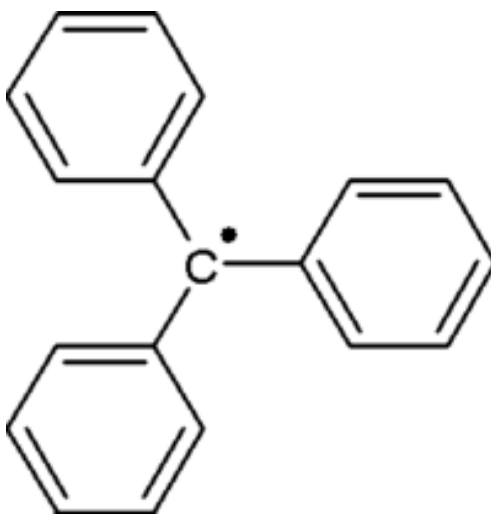
operele de artă indiferent de secolul în care au fost create. Mi s-ar părea ciudat să vorbim despre un progres al dramaturgiei de la Shakespeare la Ionesco. Ascultăm Bach, Beethoven, Brahms, Bruckner, Mahler, Șostakovici cu aceeași bucurie. Cel mult, modul în care sunt percepute creațiile artistice se poate schimba, în funcție de gustul din epocă. Gusturile se schimbă, dar, în nici un caz, nu progresează. Compozitori contemporani cu Bach, cu oarece celebritate în epocă (Sylvius Leopold Weiss, Johann Caspar Ferdinand Fischer, Johann Friedrich Fasch), sunt astăzi aproape complet uitați. Ne poate plăcea mai mult sau deloc un compozitor, dar și asta este o chestiune de gust. Progresul în ceea ce privește materialul din care se realizează o operă în pictură sau sculptură sau perfecționarea instrumentelor dintr-o orchestră este cu totul secundar și nu atinge esența creației artistice. Am putea, eventual, vorbi de evoluția unui artist de la perioada de căutări din tinerețe, la deplină maturitate în creație. Acest lucru este valabil, desigur, și în Știință. Este adevărat, pe de altă parte, că evoluția societății este în mod inevitabil reflectată în Artă. Neliniștile, tumultul, tragismul, idealurile unei epoci influențează artistul. El, artistul, aparține epocii, dar asta nu înseamnă că vibrația receptorului de cultură nu este la fel de puternică pentru opere create azi sau în urmă cu câteva secole.

În Artă, studiul operelor înaintașilor reprezintă, pentru cei aleși, numai un început pe calea spre construirea propriei personalități artistice; nu vom regăsi în operele acestora decât vagi ecouri ale măștrilor studiați. Pe de altă parte, Știința este o construcție uriașă, în care rezultatele obținute de un cercetător înglobează întotdeauna și în mod necesar cunoașterea dobândită de contemporani și de generațiile anterioare. Există momente cruciale în dezvoltarea științei, când s-au creat direcții fundamentale noi, s-au schimbat paradigme. Acestea sunt preluate imediat de către comunitatea științifică și sunt dezvoltate mai departe.

Principala sursă de progres în Știință o constituie originalitatea tematicii dezvoltate de către un cercetător. Metoda singură, însușită în perioada uceniciei, nu

este suficientă. Aici intervine creativitatea. A face ceea ce alții nu au făcut și a vedea ceea ce alții nu au văzut. Un rezultat obținut și publicat poate fi dezvoltat de către alți cercetători pe orizontală sau pe verticală. În primul caz, vorbim mai degrabă de cercetări de rutină. Ca și în Artă, există un soi de manierism și în Știință. Un chimist descoperă o reacție nouă și generală pentru obținerea unei clase de compuși. Pe baza ei, alți cercetători vor sintetiza un număr mare de reprezentanți ai clasei, fără a aduce însă un spor semnificativ de cunoaștere. Acest demers capătă, totuși, o importanță mare atunci când reacția respectivă este preluată de către industrie în scopul obținerii unor compuși utili. Reacțiile de alchilare și acilare Friedel-Crafts, descoperite întâmplător (1877) și studiate în Laboratorul de la Sorbona de către cei care le-au dat numele, stau la baza a numeroase și importante procese tehnologice. Pe de altă parte, dezvoltarea pe verticală a unei teme va duce la progresul Chimiei, prin contribuțiile succesive ale unor grupuri independente de cercetători. Să luăm cazul uneia din cele mai interesante descoperiri ale sfârșitului de secol XX: fullerenele. Descoperirea și caracterizarea de către Harold W. Kroto, Robert F. Curl și Richard E. Smalley a celei de a treia forme alotrope a carbonului a reprezentat în sine o revoluție în Chimie. Kroto, cel care a inițiat cercetările, căuta să identifice moleculele din spațiul cosmic, dar a descoperit, nu în spațiu, ci în laborator, fascinanta moleculă  $C_{60}$ . De aici și frumoasa metaforă, “sfera celestă care a căzut pe Pământ”.<sup>7</sup> A urmat dezvoltarea explozivă a domeniului. S-au publicat de către cercetători din întreaga lume mii de articole și zeci de cărți asupra reactivității (în chimia organică și organometalică), asupra proprietăților fizice și a potențialelor aplicații.<sup>8</sup> Descoperirea fullerinelor a făcut posibile noi descoperiri fundamentale: nanotuburile de carbon și grafenele, clase de substanțe cu o chimie de bogată și, mai ales, cu proprietăți fizice fără precedent în Știința materialelor.

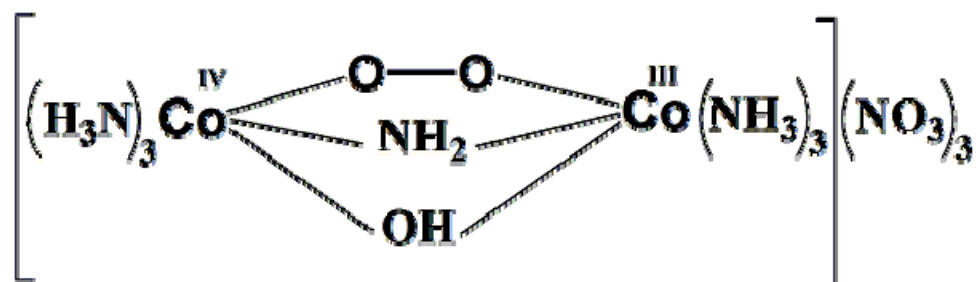
Opera de artă este unică. La fel și creatorul ei. O operă de artă este încheiată de un artist în timpul vieții lui și doar în situații mai degrabă excepționale este terminată de alții (*Requiem*-ul lui Mozart). Cele lăsate neterminate rămân, și ele, de multe ori, monumente în Istoria Artei (Simfonia “Neterminată” de Schubert, Simfonia a 10-a de Mahler, Simfonia a 9-a de Bruckner, Sclavii lui Michelangelo...). În Știință, o temă se epuizează, dacă se epuizează, pe parcursul mai multor generații. Un rezultat științific, o dată publicat, aparține comunității internaționale și poate fi dezvoltat de către alți cercetători. Amintesc aici un caz neobișnuit într-o publicație științifică, care contravine mersului firesc al Științei. În 1900, Moses Gomberg publica primul articol asupra radicalilor organici stabili. Într-un regat de diamagnetism, cel al Chimiei organice, apăreau primele specii paramagnetice stabile. Pentru a-și asigura, eventual, exclusivitatea asupra domeniului, el încheie articolul astfel: *This work will be continued and I wish to reserve this field to myself.*<sup>9</sup> Descoperirea era revoluționară și a deschis un domeniu în care se lucrează intens până în zilele noastre dar pe care Gomberg singur nu avea nici când, nici cum să îl dezvolte până la stadiul actual.



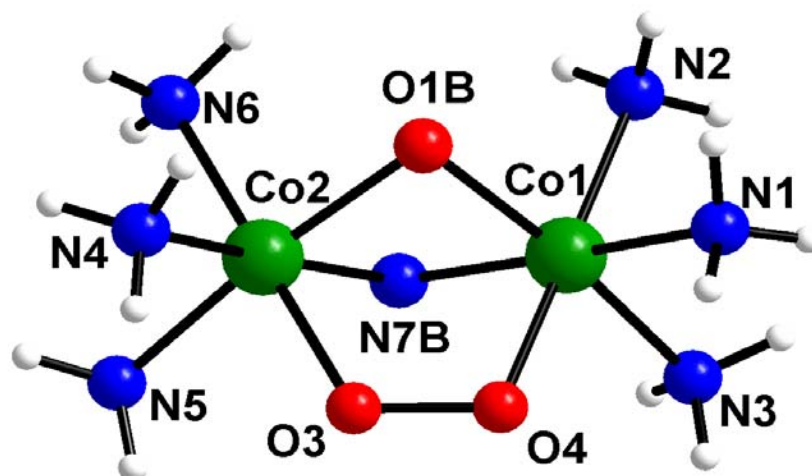
Primul radical organic stabil (M. Gomberg, 1900).

Preluarea creativă sau revenirea dintr-o altă perspectivă la rezultate obținute de către un grup de cercetători (cu recunoașterea contribuției acestuia prin citarea publicațiilor) reprezintă o sursă importantă de progres în Știință, ducând, uneori, la revoluții în cunoaștere.

În Chimie (și în Știință, în general) o problemă cere o soluție care, la rândul ei, poate genera alte probleme. Rezolvarea lor se poate face în epocă, de către cei care le-au formulat, sau de către alți cercetători. Alteori, când societatea nu este încă pregătită să exploreze mai departe un anumit rezultat, problemele rămase se reiau mai târziu, pe baza unor metodologii experimentale sau teoretice evolute. Alfred Werner și-a construit faimoasa teorie a coordinației (1893) utilizând în mare parte compușii sintetizați de către rivalul sau din epocă, Sophus M. Jørgensen, care însă nu a reușit să formuleze o teorie coerentă privind formarea și structura combinațiilor complexe. La origine, Alfred Werner era chimist organician și ideile noi din anii '70 ai secolului XIX privind izomeria optică au fost esențiale pentru înțelegerea structurii compușilor coordinativi. Teoria lui van't Hoff și Le Bel referitoare la stereochemia compușilor organici (1874) circula prin laboratoarele vremii. Intuiția lui Werner a fost atât de puternică, încât, pe baza teoriei pe care a elaborat-o, a putut descrie structura unei combinații complexe binucleare a cobaltului(III) cu trei punți diferite între cei doi ioni metalici, una dintre ele fiind gruparea superperoxido. Tehnicile experimentale de la începutul secolului XX erau insuficiente pentru elucidarea acestei structuri nu tocmai simple. Investigarea structurală prin difracție de raze X, în 2001, a confirmat faptul că Werner a avut dreptate, înșelându-se numai în ceea ce privește starea de oxidare a unuia din ionii de cobalt. În articolul publicat la 82 de ani de la moartea lui Werner, apar și numele acestuia și al colaboratoarei sale.<sup>10</sup>



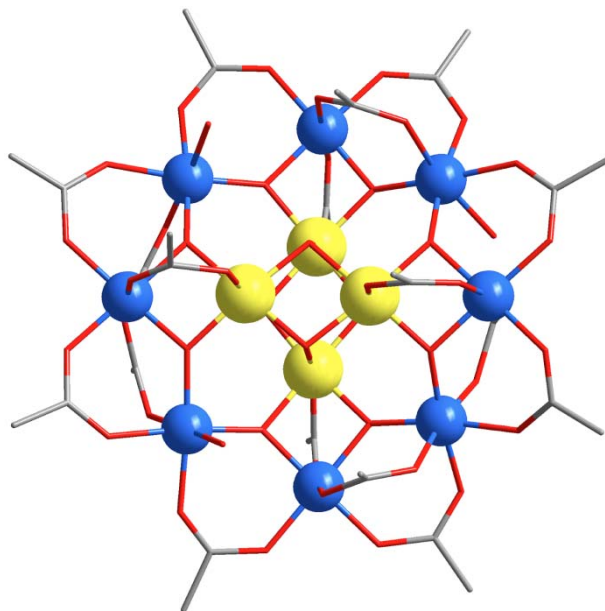
Structura propusă de Alfred Werner pentru complexul binuclear de cobalt cu trei punți diferite.



Structura complexului lui Werner determinată prin difracție de raze X (2001). Adaptată după ref. 10.

Un alt exemplu interesant, mult mai recent, este cel al nano-magneților moleculari. În anul 1980, polonezul Tadeusz Lis publica structura unei combinații complexe dodecanucleare, conținând ioni de mangan(III) și mangan(IV).<sup>11</sup> Dincolo

de exotismul structurii, compusul nu a suscitat un interes anume, timp de mai bine de zece ani. Dezvoltarea Magnetismului Molecular, sub influența lui Olivier Kahn și a școlii sale, a readus acest compus în atenția cercetătorilor. Reinvestigarea proprietăților lui magnetice, pe alte baze teoretice și experimentale, a pus în evidență un fenomen necunoscut până atunci: o moleculă izolată se poate comporta ca un magnet (Dante Gatteschi și colab.).<sup>12</sup> Consecințele pentru dezvoltarea fizicii fenomenelor magnetice și a chimiei de sinteză au fost uriașe: s-a descoperit fenomenul de tunelare cuantică a magnetizării, s-au înțeles factorii care conduc la așa-numita relaxare lentă a magnetizării (și, deci, la comportarea de magnet mono-molecular), s-a stimulat găsirea de noi căi de sinteză pentru compușii polinucleari, în scopul îmbunătățirii performanțelor nano-magneților moleculari. Potențialele aplicații ale acestor compuși sunt, și ele, spectaculoase: prezentând efect de memorie, nano-magneții moleculari pot sta la baza unor dispozitive de stocare a informației cu capacități cu mult mai mari decât ale celor utilizate în prezent. Terenul fiind pregătit, nu mai era decât un pas până la caracterizarea primului magnet molecular mono-dimensional. Deși existența magneților mono-dimensională a fost prezisă de către Glauber încă din 1963,<sup>13</sup> abia în 2001 a fost raportat de către Gatteschi și colaboratorii primul reprezentant al acestei clase de materiale moleculare.<sup>14</sup> Pornit dintr-un laborator florentin, domeniul nano-magneților moleculari este abordat, în prezent, în toată complexitatea sa, în numeroase laboratoare din Europa, Japonia, China, SUA, Australia, de către chimiști de sinteză, fizicieni și teoreticieni.



$\text{Mn}_{12}\text{O}_{12}(\text{CH}_3\text{COO})_{16}(\text{H}_2\text{O})_4$ , prima moleculă magnet.

Un domeniu fascinant ale Chimiei organice îl constituie sinteza totală de compuși naturali. În anul 1995, chimistul american K. C. Nicolaou și echipa sa publică sinteza toatală a brevetoxinei B, un compus toxic produs de un organism unicelular aparținând dinoflagelatelor.<sup>15</sup> A fost “o Odisee care a durat doisprezece ani”.<sup>16</sup> Doisprezece ani de muncă intensă, pentru a sintetiza un compus pe care natura știe să îl sintetizeze foarte bine și care nu este atractiv pentru eventuale utilizări? Aș răspunde acestei întrebări prin ceea ce un arhitect contemporan, Emilio Amasz, spunea, referindu-se la propria profesie: “Creăm obiecte nu numai pentru că sperăm să satisfacem nevoile pragmatice ale omului dar și pentru că avem nevoie să ne satisfacem dorințele cerute de pasiune și imaginație.” Mai mult, cei doisprezece ani de sinteză a brevetoxinei B au generat noi căi de sinteză pe care chimiștii le pot acum utiliza pentru a obține alți compuși, inclusiv compuși cu aplicații practice.

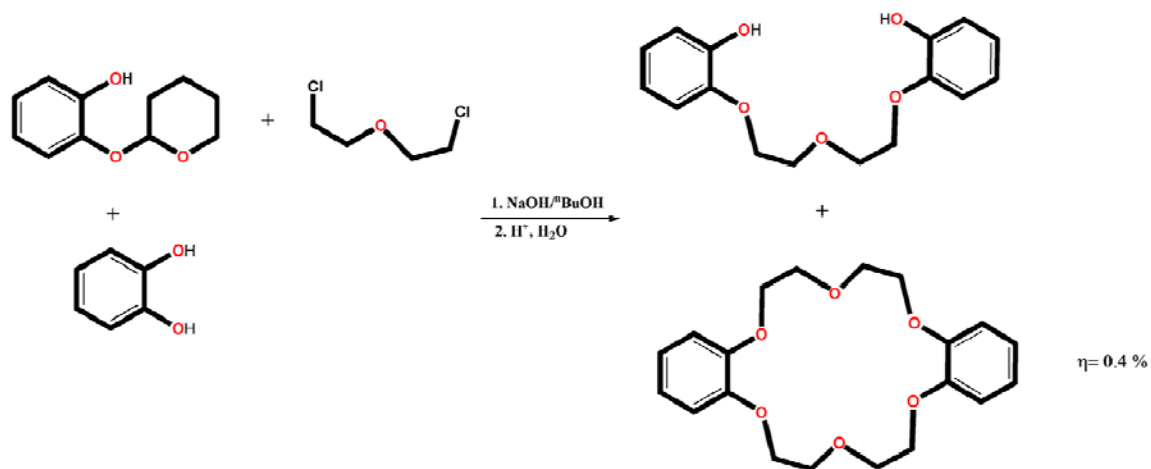


Atunci când se discută despre progresul Științei, se invocă adesea rolul întâmplării în marile descoperiri. Pentru a înțelege mai bine acest lucru, amintesc o observație a chimistului rus A. M. Butlerov, unul din marile spirite ale Chimiei secolului XIX. Pentru el, cele mai importante fapte în cercetarea științifică sunt acelea care infirmă o teorie. Explicarea lor va duce fie la corectarea și lărgirea teoriei, fie la elaborarea unei teorii noi. Descoperirile accidentale ale unor fenomene importante sunt descrise printr-un termen pătruns în limba româna pe filieră engleză și încă nu pe deplin asimilat: serendipitate (engl. *serendipity*).<sup>17</sup> Cei trei prinți din Serendip, dobândind o bună educație și având o perspicacitate ieșită din comun, descopereau întâmplător lucruri surprinzătoare, pe care, de fapt, nu le căutau. Chimia abundă în exemple de compuși și fenomene descoperite prin *serendipity*: fullerenele, acțiunea citostatică a unei combinații complexe a platinei, eterii coroana și proprietățile lor, radioactivitatea, reacția Friedel-Crafts (cu consecințe extraordinare în sinteza organică și în tehnologia chimică), numeroase elemente chimice (până la formularea legii periodicității de către Mendeleev, nu se putea căuta un element chimic atâta vreme cât nu se știa că există), teflonul, nylonul, antibioticele, metal-carbonilii, compușii organo-metalici etc., etc. Nicio teorie, la vremea respectivă, nu dirija spre aceste fapte. Meritul descoperitorilor a fost acela de a observa ceea ce alții cercetători le scăpa. Spiritul de observație, curiozitatea și intuiția stau la baza unui mecanism intelectual foarte complex care duce la descoperiri revoluționare. Referindu-se la aceasta, Louis Pasteur spunea: *Dans les champs de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits bien préparés.*

Dintre exemplele menționate mai sus, voi alege unul, cel al descoperirii eterilor coroană și al proprietăților lor neobișnuite. De fapt, proprietățile erau neobișnuite numai la prima observare; o dată înțelese, ele au devenit perfect normale pentru întreaga clasă de compuși sintetizați ulterior. Anormalul explicat

devine normal. Încercând să sintetizeze, urmând o strategie bine pusă la punct, un diol linear, pentru a-l utiliza drept ligand în vederea obținerii unui catalizator pe bază de vanadiu, chimistul american Charles J. Pedersen a observat formarea unui produs secundar cu un randament extrem de mic (0,4%! ). Orice alt chimist ar fi mers mai departe, utilizând doar compusul dorit, și neglijând formarea cantității infime de produs secundar. Pedersen i-a analizat cu atenție proprietățile. Acesta avea un aspect cristalin, ceea ce indica mai degrabă formarea unui compus molecular discret și nu a unui polimer, cum ar sugera natura reactanților (unul dintre ei fiind pirocatechina, prezentă ca impuritate în masa de reacție). Solubilitatea produsului secundar în metanol creștea semnificativ la adăugarea de săruri ale metalelor alcaline. Altfel spus, aceste săruri deveneau și ele solubile în solvenți organici, în prezența compusului misterios, care s-a dovedit a avea o structură ciclică. Ionii metalelor alcaline “se îmbrăcau” cu o cămașă hidrofobă, formată de polieterul ciclic, ceea ce explica solubilitatea sărurilor respective în solvenți organici. Stabilindu-i structura (eter coroană) Pedersen și-a propus, în etapa următoare, obținerea pe cale rațională a acestui compus. S-au sintetizat astfel primii eteri coroană și complecșii lor cu ioni ai metalelor alcaline.<sup>18</sup> Lucrările lui Pederson au fost dezvoltate, urmând căi diferite, de către Donald J. Cram (în SUA) și Jean-Marie Lehn (în Franța). Gândirea chimiștilor s-a lărgit cu concepte fundamentale: interacțiuni *host-guest*, recunoaștere moleculară, procese de auto-asamblare și auto-organizare. S-a născut, prin lucrările celor trei, una din cele mai fascinante și importante ramuri ale Chimiei, Chimia supramoleculară.<sup>19</sup> Chimia face astfel încă un pas important spre înțelegerea extrem de complexă a proceselor care au loc în lumea vie, unde procesele de recunoaștere, asamblare, auto-organizare sunt esențiale. Cei trei aveau să primească Premiul Nobel pentru Chimie în anul 1987. Extinderea Chimiei supramoleculare în Chimia

organometalică este o excepțională realizare a Chimiei Românești, care se datorează Academicianului Ionel Haiduc.<sup>20</sup>



Obținerea întâmplătoare a primului eter coroană.

Cercetătorul trebuie să fie întotdeauna atent la faptele experimentale aparent ne semnificative. Un rezultat important obținut întâmplător trebuie în primă etapă înțeles, apoi el trebuie explicat și, în final, extins și valorificat.

Competiția dintre laboratoare, atât la nivel național cât și la nivel internațional constituie, și ea, o sursă a progresului. Prin competiție, înțelegem, în general, găsirea de idei și soluții originale, înaintea sau mai importante decât ale celorlalți, care să contribuie semnificativ la avansarea domeniului. Uneori, laboratoare concurente lucrează independent asupra aceleiași probleme, prioritatea revenind celui care publică mai rapid rezultatele. În Chimie, o problemă poate fi rezolvată de către două laboratoare prin aceeași clasă de compuși (ceea ce este frustrant pentru cel care pierde competiția) sau prin clase diferite de compuși. La începutul anilor '90 ai secolului trecut se căutau căi de sinteză pentru compuși moleculari care să se comporte ca magneți la temperatura camerei, obiectiv care nu

era deloc ușor de atins. Olivier Kahn, la Orsay, dezvoltase o strategie rațională, pas cu pas, de o mare frumusețe, pe baza unor concepte teoretice pe care le formulase tot el.<sup>21</sup> Reușise să obțină câteva sisteme pentru care temperaturile critice erau în creștere. Sărintd etapele sugerate de strategia generală, doi dintre competitorii săi obțin primii magneți moleculari la temperatura camerei (Joel S. Miller, în SUA, și Michel Verdaguer, în Franța, acesta din urmă fost elev a lui Olivier Kahn). Compusul lui Miller a fost obținut întâmplător, structura lui fiind până azi necunoscută;<sup>22</sup> cel de-al doilea a fost construit rațional,<sup>23</sup> utilizând o clasă de compuși mai puțin investigați, din punct de vedere magnetic, conceptele de bază fiind cele formulate de Kahn.

Un caz interesant de inspirație în cercetare și de creativitate îl constituie strategia generală pentru obținerea polimerilor de coordinare, dezvoltată de către Richard Robson, un chimist australian. Lucrările lui Robson stau la baza uneia din cele mai dinamice și spectaculoase ramuri ale ingineriei cristaline, cea bazată pe legăturile coordinative metal-ligand. El s-a inspirat din materialul didactic pe care trebuia să îl pregătească pentru un curs general de chimie și care ilustra tipurile structurale din chimia anorganică (clorura de sodiu, iodura de cesiu, rutil, fluorina, blenda, wurtzită etc.). Confeționând modelele respective din bile și bastonașe, Robson și-a pus întrebarea dacă nu s-ar putea obține compuși cu structuri infinite (polimeri de coordinare) care să păstreze topologia fiecărui prototip structural și în care ionii metalici, selectați pe baza preferinței lor stereochemice, să fie conectați prin liganzi *exo*-dentați având atomii donori astfel dispuși încât să reproducă modul de coordinare al fiecărui anion monoatomic dintr-un anumit prototip.<sup>24</sup> Ideea este de o elegantă simplitate și a dus la dezvoltarea explozivă a ingineriei cristaline.

În sfârșit, necesitățile practice stimulează, de asemenea, dezvoltarea Științei. Rezolvarea lor se face, cel mai adesea, pe baza unor strategii derivate direct din

teoriile științifice în vigoare, fără a exclude amendarea sau revoluționarea acestora. Și pe acest teren pot apărea descoperiri neașteptate.

Condiția cea mai importantă, pe care trebuie să o îndeplinească cercetarea, fundamentală sau aplicativă, este originalitatea. Lipsa de originalitate în Știință, ca și în Artă, nu poate duce decât la o cultură de pastișe. Pe de altă parte, căutarea cu orice preț a originalității poate deveni sterilă, dacă rezultatul demersului creator nu contribuie, prin pași mai mici sau mai mari, la progresul Științei.

### **Tradiția în cercetare**

Se invocă frecvent, în scopul evidențierii prestigiului unei instituții, tradiția în cercetare a locului respectiv. Ce menține tradiția unei școli: continuitatea pe filiația maestru-ucenic, sau aducerea din afară a unor tineri tocmai ieșiți de sub tutela măștrilor lor și care încep o carieră independentă, pe baza unor proiecte originale? Nici una, nici alta; ceea ce contează cu adevărat este calitatea cercetării. Ambele modele sunt întâlnite, primul, e adevărat, mai rar. Universitățile și institutele de cercetare occidentale, sau cele construite după model occidental, urmează a doua cale. În Germania, la încheierea carierei unui Profesor, laboratorul acestuia este practic desființat și se dă libertatea celui care îi urmează să deschidă un nou domeniu pe baza propriilor sale idei. Cel ce urmează unui Profesor în Germania (*Nachfolger*) are datoria nu de a continua domeniul acestuia ci de a adăuga strălucire poziției respective și, de aici, instituției.

Spiritul unei școli create de un Magistru se va perpetua prin elevii săi în alte Universități sau institute. Domeniul de cercetare este continuat, în măsura în care este încă interesant, de către cel care l-a lansat, împreună cu doctoranzii săi, și, inevitabil, de cercetători din alte laboratoare care îi dezvoltă, dintr-o altă perspectivă, rezultatele publicate. Totodată, o personalitate științifică puternică va influența, prin elevii săi, tematica altor laboratoare. Unii dintre ei, schimbându-și

locul, vor deschide direcții noi, originale, derivate din domeniul general al Maestrului lor. Se crează astfel o tradiție și o emulație la nivel național într-un anumit domeniu de cercetare. Așa se explică, de exemplu, numărul mare de laboratoare în Franța care ilustrează Chimia supramoleculară și Magnetismul molecular, sub influența lui Jean-Marie Lehn, în primul caz, și a lui Olivier Kahn, în cel de-al doilea. Tot prin emulație am putea explica bogăția, calitatea și diversitatea cinematografului Românești contemporane.

Universitățile pot avea, în afară de dorința de a-și asigura prestigiul, politica de a deschide concursuri pentru ocuparea unei poziții care să dezvolte un domeniu anume, considerat prioritar, în special prin potențialul lui aplicativ. Este, în definitiv, un drept al societății de a cere cercetătorilor săi rezolvarea unor probleme importante. Domeniile fierbinți ale Științei contemporane (Biochimia, Știința materialelor, nanotehnologiile, surse noi de energie) se regăsesc frecvent în profilurile de cercetători căutate în vederea recrutării de către universități sau institute. Pe de altă parte, impunerea unei tematici este privită cu rezervă de către cercetători, care își văd astfel îngădită libertatea de creație. În ceea ce mă privește, cred că libertatea unui cercetător de a-și defini singur domeniul de cercetare trebuie respectată, cu condiția ca ceea ce acesta produce să fie relevant pentru cunoaștere și avansarea Științei sau pentru aplicații practice. O cercetare ale cărei rezultate nu interesează pe nimeni nu trebuie susținută. Cercetări minore, de rutină, care nu atrag atenția decât altor cercetători mediocri, nu vor contribui la crearea și consolidarea unei solide tradiții.

Continuarea activității de către un tânăr în Laboratorul în care s-a format prezintă multe riscuri. În primul rând, desprinderea de mentor și de tematica acestuia se produce mai greu, dacă mentorul nu încurajează explicit acest lucru. Aici ne întoarcem, fără să vrem, la replica lui Brâncuși dată lui Rodin... Perpetuarea locală a unui domeniu, prin relații maestru-ucenic succesive, poate

duce la diminuarea calității cercetării, prin dispariția creativității. Tradiția va rămâne acum numai istorie, nu caracteristica unui loc viu, unde se petrec lucruri importante pentru Știință.

O parte din responsabilitatea pentru păstrarea tradiției unei entități de cercetare o au cei care dirijează instituția respectiva, la nivel local sau național. Ei trebuie să vegheze atent la anvergura proiectelor de cercetare derulate. Dincolo de aspectele pur administrative, tradiția se menține și din interior, de către cei care își înțeleg, la rândul lor, responsabilitatea pentru calitatea actului de creație științifică și pentru procesul de formare a tinerilor.

În cercetarea contemporană laboratoarele au devenit tot mai internaționale, atât prin doctoranzi, stagiați post-doctorali cât și prin cercetătorii cu poziții permanente proveniți din alte țări. Cercetarea europeană are un caracter național doar prin localizarea, într-o anumită țară, a laboratorului. Aspectul național al cercetării se referă tot mai mult la capacitatea unei țări sau alteia de a selecta și finanța proiecte cu adevărat valoroase și de a atrage pe cei mai talentați cercetători, indiferent de țara din care provin.

### **Personalitatea cercetătorului**

Recunoaștem un compozitor, pe baza unei cunoașteri anterioare, de la primele acorduri ale unei opere muzicale; recunoaștem un pictor, un sculptor sau un arhitect după detalii care îi definesc stilul și, uneori, tematica. Putem recunoaște un chimist prin ceva anume? Altfel spus, este posibil să recunoaștem un chimist citindu-i o lucrare fără a vedea numele autorilor? În cazul chimistului de sinteză, da, se poate, atunci când o clasă de substanțe are particularități structurale bine definite. Catenanii și rotaxanii lui Jean-Pierre Sauvage se recunosc imediat,<sup>25</sup> la fel și cei, obținuți printr-o strategie complet diferită, ai lui James Fraser Stoddart,<sup>26</sup>

spectaculoasele molecule din familia polioxometalaților ale lui Achim Müller așisderea.<sup>27</sup>

Personalitatea unui cercetător este însă mult mai complexă, ea nu se reduce la ușurința prin care îi recunoaștem opera. După cum nici perfecta cunoaștere a domeniului, nici sânguința și nici spiritual comun de observație nu definesc personalitatea unui mare cercetător. Curiozitatea ascuțită, abilitatea de a observa și înțelege faptele experimentale, unele aparent ne semnificative, intuiția și creativitatea excepționale, forța de a ieși dintr-o paradigmă general acceptată și de a crea o alta, curajul de a aborda în aparență imposibilul, fascinația pe care o exercită asupra celor care vor să îi devină elevi, toate caracterizează un mare creator de Știință. Personalitatea unui cercetător este definită și de ansamblul rezultatelor obținute și publicate, de anvergura și semnificația lor pentru dezvoltarea unui domeniu. Acestora li se pot adăuga, din păcate, și alte însușiri: vanitatea, indiferența față de utilizarea rezultatelor în scopuri îndreptate împotriva mediului sau a omenirii, sau implicarea directă în astfel de cercetări și, în general, nerespectarea regulilor de etică a cercetării. Prefer să mă opresc la aceste caracteristici importante, dar generale, pentru a nu lăsa impresia că descrierea modelului ideal se poate transforma într-o rețetă. Cercetătorii sunt și ei oameni. Scriind aceste rânduri mi-a revenit în minte o frază scrisă de Georges Urbain (1872 – 1938), membru de onoare al Academiei Române: *Il serait illusoire et vain de parler de science absolue et parfaite. La science est humaine et doit être à notre mesure.*<sup>28</sup>

Doamnelor și Domnilor,

Am fost întotdeauna fascinat de analogiile care se fac între actul de creație științifică și cel al creației artistice. Unele, oricât de greu mi-ar fi să recunosc, sunt forțate sau superficiale. În orice caz, ambele presupun, că prima calitate a unui



creator, originalitatea. Iar originalitatea și creativitatea izvorăsc din imaginație. De aceea am ales drept *motto* al acestui discurs citatul din Albert Einstein. Metoda, înțeleasă ca ansamblul tehnicilor experimentale și al conceptelor teoretice necesare pentru a duce la bun sfârșit un proiect, este necesară, dar nu suficientă.

Un artist transmite cu mijloace proprii o emoție, o altă sau o altfel de emoție față de creația altor artiști. Un cercetător trebuie să contribuie la avansarea domeniului prin găsirea de răspunsuri și formularea de întrebări care să ducă la progresul omenirii. Un artist poate plăcea sau nu, sau poate fi redescoperit de generațiile ulterioare. Opera unui om de Știință nu este însă percepută emoțional. Dacă are ceva de spus, ea este preluată, cel mai ades imediat, de către comunitatea științifică și înglobată în amplul proces al cunoașterii.

Un cercetător original se desparte de Maestru prin construirea propriului domeniu și a propriei școli. Altfel, va fi ca un ucenic al unui mare pictor care nu și-a găsit drumul și continuă să picteze detalii minore în pânzele acestuia. Despartirea de Maestru nu înseamnă negarea lui. Cei care se desprind de Maestru, după ce i-au fost ucenici, formează pleiada de discipoli ai acestuia. Am avut Maeștri pe care i-am admirat și modelele lor mi-au fost necesare. Admirația față de ei a rămas vie și m-a călăuzit în tot ceea ce am încercat să fac.

## Bibliografie

1. (a) A. T. Balaban, “Chimia ca Știință și artă; cum se creează o școală de cercetare științifică; exemplul lui Costin D. Nenițescu”, Discurs de recepție în Academia Română (1995); (b) M. D. Banciu: “Chimia organică – rivală și/sau imitatoare a naturii?”, Discurs de recepție în Academia Română (2002).
2. E. H. Gombrich, “Histoire de l’Art”, Phaidon, Paris, 2004.
3. G. Liiceanu, “Estul naivităților noastre”, Humanitas, București, 2012.
4. M. D. Banciu, A. T. Balaban, “C. D. Nenițescu, viața și opera”, Editura Academiei Române, București, 1995.
5. E. Segal, “Academicianul I. G. Murgulescu, dascăl de excepție și creator de Știință”, Discurs de recepție în Academia Română (2011).
6. M. Brezeanu, “Școală Românească de chimie coordinativă”, Discurs de recepție în Academia Română (2003).
7. H. W. Kroto, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **1992**, *31*, 111.
8. A se vedea, de exemplu: (a) J. E. Baggott, “Perfect Symmetry: The Accidental Discovery of Buckminsterfullerene”, Oxford University Press, 1994; (b) A. Hirsch, M. Brettreich, “Fullerenes”, Wiley, Weinheim, 2006; (c) F. Langa, J.-F. Nierengarten, “Fullerenes. Principles and Applications”, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2007.
9. M. Gomberg, *J. Am. Chem. Soc.*, **1900**, *22*, 757.
10. B. Spingler, M. Scanavy-Grogorieff, A. Werner, H. Berke, S. J. Lippard, *Inorg. Chem.*, **2001**, *40*, 1065.
11. T. Lis, *Acta Cryst.*, **1980**, *B36*, 2042.
12. R. Sessoli, D. Gatteschi, A. Caneschi, M. A. Novak, *Nature*, **1993**, *365*, 141.
13. R. Glauber, *J. Math. Phys.*, **1963**, *4*, 294.

- 14.A. Caneschi, D. Gatteschi, N. Lalioti, C. Sangregario, R. Sessoli, G. Venturi, A. Vindigni, A. Rettori, M. G. Pini, M. A. Novak, M. A., *Angew. Chem., Int. Ed.*, **2001**, *40*, 1760.
- 15.K. C. Nicolaou, F. P. J. T. Rutjes, E. A. Theodorakis, J. Tiebes, M. Sato, E. Untersteller, *J. Am. Chem. Soc.*, **1995**, *117*, 10252.
- 16.(a) K. C. Nicolaou, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **1996**, *35*, 589; (b) K. C. Nicolaou, T. Montagnon, "Molecules that changed the world", Wiley-VCH, Weinheim, 2008.
- 17.R. M. Roberts, "Serendipity. Accidental Discoveries in Science". Wiley, New York, 1989.
- 18.C. J. Pedersen, *J. Am. Chem. Soc.*, **1967**, *89*, 7017.
- 19.J.-M. Lehn, "Supramolecular Chemistry", Wiley-VCH, Weinheim, 1995.
- 20.I. Haiduc, F. T. Edelman, "Supramolecular Organometallic Chemistry", Wiley-VCH, Weinheim, 1999.
- 21.O. Kahn, "Molecular Magnetism", Wiley-VCH, New York, 1993.
- 22.J. M. Manriquez, G. T. Yee, R. S. McLean, A. J. Epstein, J. S. Miller, *Science*, **1991**, *252*, 1415.
- 23.S. Ferlay, T. Mallah, R. Ouahès, M. Verdaguer, P. Veillet, *Nature*, **1995**, *378*, 701.
- 24.R. Robson, *Dalton Trans.*, **2008**, 5113.
- 25.F. Durola, J.-P. Sauvage, O. S. Wenger, *Coord. Chem. Rev.*, **2010**, *254*, 1748.
- 26.800. M. A. Olson, Y. Y. Botros, J. F. Stoddart, *Pure Appl. Chem.* **2010**, *82*, 1569
- 27.A. Müller. P. Gouzerh, *Chem. Soc. Rev.*, **2012**, *41*, 7431.
- 28.G. Urbain, "Les disciplines d'une Science. La Chimie", Gaston Doin, Paris, 1921.

Ilustrație muzicală film: Popol Vuh, *Aguirre* (sursa: youtube.com).