

Lavorare per il sogno di Ciamician


Pietro Greco

Nel 1912 il chimico italiano Giacomo Ciamician indicò al Congresso Internazionale di Chimica Applicata di New York la strada da seguire per il futuro della chimica e dell'industria: imparare a “fare come le piante”. Un auspicio rimasto irrealizzato, quello della fotosintesi artificiale, ma che oggi grazie alla ricerca – che vede l'Italia in prima fila – appare meno come un miraggio. Una ricerca dal valore strategico enorme, per la quale però non basta lo sforzo degli studiosi

Il 2019 è stato eletto dall'Unesco, “anno internazionale della tavola periodica degli elementi chimici”. L'occasione è data dal fatto che 150 anni fa, nel 1869, Dmitrij Mendeleev mise ordine nel caos degli elementi che da decenni i chimici stavano scoprendo a decine. Il russo ne allineò ben 63, di elementi, distribuendoli in diverse righe e colonne in modo da rispettare le loro proprietà chimiche. Con Mendeleev e la sua tavola periodica la chimica dimostra in maniera convincente che la materia – almeno quella ordinaria, presente sulla Terra – è costituita da atomi: ovvero da un numero non piccolissimo di elementi fondamentali. La parola atomo ha origine greca e significa indivisibile. Gli elementi messi in ordine da Mendeleev erano ritenuti per l'appunto tali, indivisibili: gli ultimi mattoni della materia. Oggi sappiamo che non è così. Anche gli atomi sono particelle composte. E ancora nessuno è in grado di dirci se esistano davvero particelle indivisibili. Certo è però che i fisici arriveranno molti decenni dopo i loro colleghi chimici a “scoprire” gli atomi. Determinanti furono le tre prove teoriche indipendenti che portò un giovane impiegato dell'Ufficio Brevetti di Berna, Albert Einstein, nel 1905: il suo *Annus Mirabilis*. Lontana ma non troppo si sentiva ancora l'eco del vocione di Ernst Mach che, nell'androne dell'università di Vienna andava tuonando: «Gli atomi non esistono». E invece ... non vi poteva essere smentita più solida a tanta sicurezza. All'inizio del Novecento i chimici partivano, dunque, avvantaggiati nella comprensione profonda della materia. Ma già allora essi avevano una speciale attitudine all'applicazione delle conoscenze scientifiche. Insomma, si chiedevano cosa

poteva fare la chimica per la società. È quanto fecero, per esempio, i partecipanti all'VIII Congresso Internazionale di Chimica Applicata che si tenne a New York l'11 settembre 1912. Un italiano, Giacomo Ciamician, venne chiamato a tenere la relazione conclusiva, quella prospettica. La chimica italiana vantava una buona fama. Ciamician era chimico triestino, ormai trapiantato a Bologna, molto noto, anche perché era stato allievo di un gigante, Stanislao Cannizzaro, a sua volta molto apprezzato da Mendeleev. Dunque Ciamician prese la parola per parlare de *La fotochimica dell'avvenire* e indicare ai suoi colleghi la strada da seguire nei prossimi anni e decenni.

Il futuro della chimica e dell'industria, sostenne l'italiano di fronte a una platea attentissima, è chiaro: sta tutto nella nostra capacità di imparare a “fare come le piante”. Ovvero a trasformare la luce del Sole (energia radiante) in movimento ordinato di elettroni (energia biochimica) e conservare questa energia in molecole complesse. Detto in altri termini, noi chimici dobbiamo imparare come si fa la fotosintesi. Perché il futuro non solo e non tanto della chimica, ma anche e soprattutto dell'umanità, dipenderà molto dalla nostra capacità di sviluppare la “fotosintesi artificiale”. Il motivo era chiaro a Ciamician. La rivoluzione industriale aveva sì cambiato il volto del mondo, almeno di quello europeo e nordamericano, ma divorava quantità enormi di energia. E noi, sostenne il triestino, otteniamo l'energia dal carbone. Così non va, alzò il dito con straordinaria lucidità Giacomo Ciamician. Così non durerà a lungo. Abbiamo bisogno di energia potenzialmente illimitata e pulita. Come quella ottenuta con



la fotosintesi dalle piante. Ciamician concluse così il suo intervento: «Chissà che in avvenire non sia possibile mandare in effetto delle reazioni fotochimiche, come sarebbe la seguente: gli ultimi prodotti della combustione, i rifiuti che le fabbriche mandano nell'aria, sono l'anidride carbonica e il vapore acqueo. Dato un opportuno catalizzatore si dovrebbe potere, con la partecipazione dell'energia solare, trasformarli in metano ed ossigeno i quali, bruciando, ridarebbero, naturalmente, in forma di calore tutta l'energia acquistata dal sole.

Quando un tale sogno fosse realizzato le industrie sarebbero ricondotte ad un ciclo perfetto, a macchine che produrrebbero lavoro colla forza della luce del giorno, che non costa nulla e non paga tasse!». La relazione di Giacomo Ciamician fece molto effetto. Tanto che venne pubblicata integralmente subito dopo, il 27 settembre 1912, su *Science*, la rivista dell'Associazione Americana per l'Avanzamento delle Scienze (AAAS). Perché, con capacità visionaria, affrontava due problemi strategici per il futuro dell'umanità, anche se allora poco visibili, i problemi che a partire dalla seconda parte del XX secolo saranno indicati come i termini di *depletion* (esaurimento delle risorse) e di *pollution* (inquinamento). Per quanto riguarda il primo problema, la strada indicata da Ciamician era ed è tuttora limpida: il Sole regala alla Terra una quantità praticamente illimitata di energia radiante, più che sufficiente a mandare avanti non una, ma mille e mille economie energivore del tipo di quelle sviluppate dalla specie *Homo sapiens*, la nostra specie. Se impariamo a catturare l'energia che ci regala il Sole,

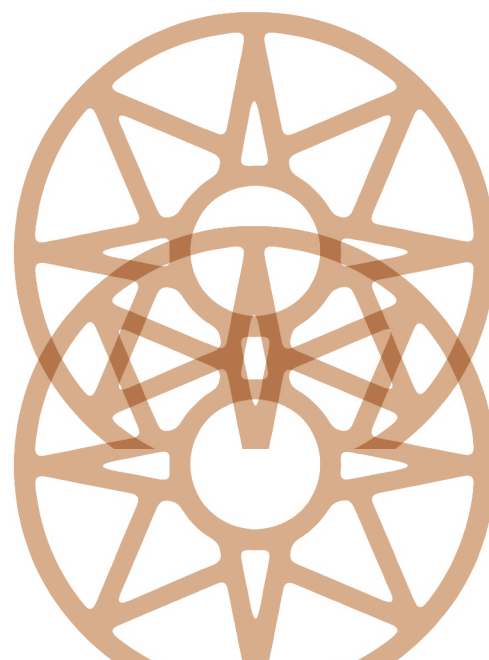
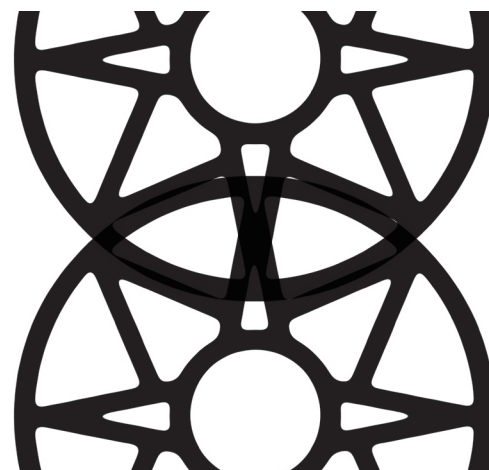
● **La fotosintesi può facilmente diventare "carbon free": non produrre al netto CO₂ o altri gas serra**

avremo risolto per sempre il problema dell'approvvigionamento energetico. Il secondo motivo per imparare a "fare come le piante" riguarda l'inquinamento: un sistema produttivo fondato sul ciclo della fotosintesi – trasformazione di acqua e anidride carbonica in ossigeno e metano (o altre molecole organiche) e viceversa – sarebbe intrinsecamente pulito. La fotosintesi artificiale, dunque, è in grado di regalarci tutta l'energia e tutta la pulizia di cui abbiamo biso-

gno, proprio come sosteneva il lungimirante chimico italiano cento e più anni fa. Oggi quella lucidità ci appare ancora più evidente, perché la fotosintesi può facilmente diventare “carbon free”: non produrre, al netto, anidride carbonica o altri gas serra e, dunque, non contribuire ai cambiamenti del clima.

Nel 1912 quello di Ciamician era un sogno, per quanto lucido. Nessuno – neppure lui – sapeva come esattamente “fanno le piante”, E, dunque, nessuno sapeva come imitarle. Ancora oggi, d’altra parte, non abbiamo raggiunto l’obiettivo. Anzi, ne siamo abbastanza lontani: come dimostra lo scarto di efficienza tra una banalissima pianta e i sofisticati apparati che molti nipotini di Ciamician, fotochimici moderni, hanno messo a punto. Ma la distanza tra noi e le piante si è accorciata, come testimonia, tra gli altri, il risultato ottenuto di recente da Marcella Bonchio dell’Università di Padova e dalla sua équipe. Non è un caso che parliamo, ancora una volta, di un’impresa italiana. Abbiamo una buona scuola di fotosintesi artificiale in Italia. A Bologna, per esempio, gli eredi scientifici di Ciamician hanno battuto e stanno ancora battendo strade promettenti: Vincenzo Balzani e il suo gruppo di ricerca hanno messo a punto, negli anni scorsi, delle “macchine molecolari” capaci di trasformare energia luminosa in energia chimica. A Balzani per questi lavori non (e sottolineiamo non) è stato assegnato un Nobel che avrebbe largamente meritato.

Ciò non toglie che in giro per il mondo ci siano, anche, altri centri di ricerca – come il KAITEKI Institute in Giappone o il Joint Center for Artificial Photosynthesis negli Stati Uniti – che hanno raccolto in concreto la sfida lanciata da Giacomo Ciamician. Una sfida che sta producendo risultati concreti a ritmi crescenti. Nel 2011, ad esempio, il gruppo di Daniel Nocera presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston, ha creato una “foglia artificiale”, capace non solo di produrre la fotosintesi, ma di realizzarla con un’efficienza addirittura dieci volte superiore a quella di una foglia di una pianta normale. Ahinoi la macchina fotosintetica prodotta in laboratorio non è capace di



lavorare per lungo tempo. Nell'autunno 2014, poi, Douglas MacFarlane, a capo dell'*Energy Program* della Monash University in Australia, ha annunciato sulla rivista *Advanced Energy Materials* di aver messo a punto un sistema di fotosintesi artificiale in grado, con la sola luce del sole, di trasformare anidride carbonica in metanolo in maniera stabile. E poi ci sono le proposte di "fotosintesi ibrida artificiale/naturale". Non solo quelle di Peidong Yang, ma anche quelle di Tian Zhang, un altro cinese trapiantato in Europa, presso l'Università tecnica della Danimarca, che non molto tempo fa ha annunciato sulla rivista *Frontiers in Microbiology* la realizzazione di un sistema, il MES (*microbial electrosynthesis*) in cui anodo e catodo di un sistema fotosintetico ibrido sono alimentati non dalla luce solare diretta, ma da pannelli fotovoltaici che hanno già trasformato l'energia radiante del Sole in energia elettrica. Quanto al catalizzatore messo a punto da Marcella Bonchio e colleghi, può dare un forte contributo ad accelerare la ricerca e giungere a migliorare le prestazioni finora ottenute. Quello messo a punto dalla docente dell'Università di Padova e dal suo gruppo di collaboratori è, per la verità, un dispositivo a scala atomica costituito da un'antenna molecolare in grado di catturare l'energia solare e da un catalizzatore in grado di trasformarla in energia biochimica. L'articolo sull'ossidazione foto assistita dell'acqua è stato pubblicato non molto tempo fa, il 3 dicembre 2018, sulla rivista specializzata *Nature Chemistry*. Ed è la dimostrazione che la ricerca, strategica, nel campo della fotosintesi artificiale procede spedita. Forse il sogno di Giacomo Ciamician è a un passo dall'essere realizzato. Oggi l'efficienza di alcuni sistemi di fotosintesi artificiale ha raggiunto un valore molto superiore: del 10%. Non molto lontano dal valore del 20% che l'Unione Europea ha posto come obiettivo ai suoi scienziati.

Certo, tutto questo, e molto altro ancora, non significa che l'indicazione di Giacomo Ciamician sia diventata già concreta realtà. Occorrerà ancora tempo (molto o poco non sappiamo) prima che dagli esperimenti nei laboratori chimici si passi all'applicazio-

ne su larga scala. Occorrerà attendere che la "fotosintesi artificiale" e/o la "fotosintesi ibrida" dimostrino di avere il combinato disposto del definitivo successo: i caratteri di stabilità, efficienza ed economicità che ancora, evidentemente, non hanno. Ma noi, che non siamo chimici e/o ingegneri, che possiamo fare? Dobbiamo solo aspettare? Assolutamente no. Affinché il sogno di Ciamician si realizzi, infatti, occorre che intervenga la politica. Proprio MacFarlane e Nocera, in una sorta di manifesto pubblicato nel 2013 su *Energy and Environmental Science*, proponevano la creazione di un "Global Project on Artificial Photosynthesis", un grande progetto globale sulla fotosintesi artificiale capace di risolvere i due problemi posti da Ciamician: accesso a una fonte illimitata di energia e contrasto ai cambiamenti climatici (dovuti a una forma di inquinamento). Per realizzare questo progetto di politica energetica comune occorre la volontà dei governi. E dell'opinione pubblica che li sostiene. Occorre, dunque, anche la nostra volontà. Già perché questa ricerca ha davvero un valore strategico. La fotosintesi artificiale può essere la risposta definitiva e rapida alla domanda di energia rinnovabile e *carbon free* che è alla base delle politiche di prevenzione dei cambiamenti climatici.

La proposta di uno sforzo – di un grande progetto globale – non è velleitaria. L'Unione Europea ha accettato che venga impostata l'istruttoria per fare di



La fotosintesi artificiale altro non è che un'interazione fra gli "atomi di luce" e gli "atomi di materia" scoperti da Einstein

questa ricerca una delle sue "mission": i grandi programmi scientifici finanziati con almeno un miliardo di euro. Speriamo che la proposta passi, perché trasformare in maniera diretta l'energia luminosa in energia chimica, come fanno le piante, cento e più anni dopo la proposta di Giacomo Ciamician non è solo più attuale che mai, è decisiva per la società umana. Gli esperti dell'IPCC, l'*Intergovernmental Panel on Climate Change*, lo ha detto chiaro e tondo

nei mesi scorsi: se vogliamo mantenere la temperatura media del pianeta sotto i 2 °C e magari gli 1,5 °C di aumento rispetto al periodo pre-industriale dobbiamo fare presto. Abbiamo ancora pochi anni. Abbiamo ancora pochi anni per imparare a “fare come le piante”. Già, ma tutto questo cosa centra con la tavola periodica di Mendeleev? Beh, la risposta è banale. Dobbiamo imparare a utilizzare un po’ tutti gli elementi messi in ordine dal chimico russo e poi dai suoi successori (gli elementi che si trovano in natura sono 92) e dobbiamo capire tutti i motivi perché questi elementi hanno un ordine periodico in quella tavola, per “fare come le piante”. Perché la fotosintesi artificiale altro non è che un’interazione fra atomi: gli “atomi di luce” scoperti da Einstein (i fotoni) e gli “atomi di materia” messi in ordine da Mendeleev.