

La Chimica dei “Quattro Elementi”: la meraviglia delle trasformazioni chimiche per la Science Therapy

Teresa Cecchi

Dire Chimica suscita in ognuno di noi una sensazione diversa.

Far affiorare alla mia mente la parola “Chimica”, suscita sempre un riflesso condizionato, il sorriso appena accennato, di chi sta pensando a qualcosa di piacevole ed interessante. Da sempre mi affascina ascoltare ed interpretare il linguaggio della Natura razionalizzando la struttura e le trasformazioni della materia, cioè fare Chimica.

Tuttavia sono ben conscia dell’atteggiamento chemiofobico che pervade la nostra società e che fa associare la parola chimica a qualcosa di artificiale, non naturale e soprattutto pericoloso. Gli esperti pubblicitari lo sanno e fanno leva su questo fraintendimento quando scrivono “Zero chimica, 100% naturale” sulla pubblicità di alimenti. Certo ignorano che un alimento (al pari di tutta la materia vivente e non vivente) è in realtà 100% chimica! Tutta la materia e le sue trasformazioni sono chimica! E dimenticano anche che un naturalissimo fungo come l’Amanita Phalloides può uccidere un uomo.

Le molecole non sono né buone né cattive; come si intuisce, è l’uso etico o meno delle stesse ad essere cruciale.

Paracelso, il più noto fra gli alchimisti scriveva una grande verità: “Tutto è veleno, e nulla esiste senza veleno. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto”. Basti pensare al cloruro di potassio, uno di quei sali ubiquitari nel mondo vegetale, assunti per la reidratazione dopo un’attività sportiva intensa, ma anche utilizzato nell’iniezione letale fatta negli USA ad un condannato a morte. Oppure concentriamoci sulla trinitroglicerina, più nota come dinamite con cui un kamikaze può farsi saltare in aria e uccidere vite, sogni e speranze, ma anche farmaco salvavita assunto nell’angina pectoris.

Chi immagina quanto del nostro benessere è legato alla chimica?

Il chimico è un grande architetto. Le sue opere sono il benessere di noi donne ed uomini del terzo millennio. Pensiamo ai farmaci che hanno allungato la speranza di vita di decenni, al materiale biocompatibile di una valvola cardiaca artificiale, all’airbag di un’auto, ai colori e alle fibre dei nostri vestiti, al “cappotto” delle case passive, alla pila del nostro cellulare, ai chip a memoria flash di silicio, ai materiali per le telecomunicazioni, a quelli biocompatibili che rimpiazzano parti del corpo umano, all’ossido di indio/stagno che permette la funzione touch dei nostri schermi, al neodimio di un hard disk del computer, ai prodotti per l’igiene e la cura della persona e degli ambienti, alle biotecnologie per le energie rinnovabili, ai materiali autopulenti o superidrofobici che non si sporcano, alle bioplastiche che riutilizzano scarti alimentari, al biodiesel che evita il consumo di fonti energetiche non rinnovabili ed al grafene delle nanotecnologie.....la chimica è ovunque! Ed ovunque opera e trasforma la materia circostante....interpreta ed elabora.....La lista per celebrare la chimica come motore di benessere è interminabile. Il chimico, infatti, per dirla con Leonardo da Vinci, inizia a creare “*quando la natura finisce di produrre le proprie specie, ...usando cose naturali e con l’aiuto della Natura*”.

Ma quando è nata la pratica chimica?

Se la chimica la identifichiamo con le trasformazioni che naturalmente avvengono nell'universo e con la materia sicuramente la chimica è nata con l'universo stesso. Questa chimica funziona anche se nessuno la osserva...ci fa digerire un panino, restare a 37°C, ci fa muovere e pensare, scioglie la roccia e poi crea stalattiti e stalagmiti, fa crescere l'erba con la fotosintesi e fa brillare le stelle quanto percepirne la luce!

Ma quando nasce la pratica chimica? La chimica fatta dall'uomo è nata con l'uomo, nel momento in cui si accorge di vivere

in un mondo fatto di materia

e di poterla trasformare! L'homo erectus ha saputo maneggiare il fuoco e l'uomo dell'età del bronzo e del ferro ha capito come fondere i metalli ed utilizzarli per costruire utensili. Ma l'etimo della parola ci riporta alla terra nera dell'Egitto, Kemi, dove l'arte di imbalsamare i morti ha prodotto competenze strabilianti. Nella Grecia la parola Chemeia rimanda a ciò che scorre, al succo (Chymos) delle pozioni usate come primi medicinali. La panificazione, l'arte di fare il vino e la birra sono i primi esempi della tecnica chimica. Bellissima invece la traduzione latina: Ars Chimica. Chimica diventa l'aggettivo di Ars, parola che traduce la greca tecné e su questo rifletteremo in breve.

Il musicista ha 7 note e con esse tutta la musica può essere inventata e suonata.

Il pittore ha tre colori primari e con essi può dipingere tutto ciò che immagina

Il poeta ha 26 lettere e con esse tutta la letteratura può essere scritta e riletta.

Il chimico ha 118 elementi, mirabilmente organizzati nella tavola periodica che altro non è se non un monumento che la mente umana di Mendeleev ha fatto alla fiducia in se stessa. Con essi tutti i nuovi materiali possono essere costruiti e trasformati perché la chimica è la sinfonia e la poesia della materia.

Come si è iniziato a riflettere su cosa è la materia?

Aristotele (384-322 aC) riprende il pensiero di Empedocle e Platone sulla struttura continua della materia risultante dalla combinazione dei quattro elementi e di un quinto, l'etere (la quintessenza medioevale) eterno, immutabile, senza peso e trasparente, che costituisce la materia delle sfere celesti

Averroè (1126-1198) commenta le opere di Aristotele dimenticate nella Spagna araba e permette che in Europa la curiosità umana per la materia si manifesti attraverso l'alchimia, sistema filosofico prescientifico esoterico, fra chimica, fisica, astrologia, metallurgia, medicina, e religione, che fa da incubatore per la nascita della scienza chimica

Paracelso (1493 – 1541) sfida Ippocrate e Galeno con la iatrochimica delle pozioni basata sull'analogia tra i vari organi e gli astri associati ai vari metalli (Oro-Sole-cuore, Argento-Luna-cervello, Rame –Venere-reni, Ferro-Marte-bile, Stagno-Giove-fegato, Piombo-Saturno-milza, Mercurio-mercurio-polmoni) ma anche Aristotele riportando la sua convinzione che gli elementi siano solo tre: sale (solidità), zolfo (infiammabilità) e mercurio (fluidità). Dal XII secolo la figura dell'alchimista alla ricerca della pietra filosofale (capace di far acquisire l'onniscienza assoluta di mutare ogni metallo in oro puro e creare un "Elisir" di lunga vita) interpreta il desiderio di libertà nell'indagine della natura magistralmente descritto nel Faust: nonostante il patto con il diavolo, Goethe non lo considera il grande peccatore da punire ma ammira la sua ardita curiosità.

Quando la Chimica entra nel dominio della scienza?

Direi nel 1661, un anno dopo che a Londra nacque la Royal Society per lo studio della Natura, con l'uscita del "The sceptical chemist" di R. Boyle. Il testo è in inglese e senza gli strani simboli alchemici affinché la condivisione del nuovo sapere fosse massima.

L'autore spiega che gli esperimenti negano sia la visione aristotelica dei 4 elementi che quella di Paracelso dei 3 elementi e che le teorie devono essere dimostrate sperimentalmente prima di essere considerate vere. Vi troviamo una protodefinizione di elemento chimico. Gli elementi sono "Primitive and Simple, or perfectly unmingled bodies". Non possono essere scomposti in sostanze più semplici. Poiché gli elementi aristotelici possono essere composti da altro non sono elementi. A far cadere l'ipse dixit aristotelico concorsero la scoperta di nuovi elementi (in realtà la storia della scoperta degli elementi è una storia da detective che dura da più di 300 anni!) come il fosforo (Brand, 1669), l'ossigeno (Priestley, 1774), e l'idrogeno (Cavendish, 1776). Gli ultimi due, insieme all'anidride carbonica scoperta da Blake nel 1775 resero evidente che di "aria" aristotelica ne esistevano tanti tipi quindi non poteva essere un elemento!

Ci furono altre visioni errate che condizionarono non solo la nascita della chimica come scienza ma anche la cultura europea?

Certamente la visione aristotelica di una materia continua dominò sull'ipotesi atomistica di Leucippo o Democrito (460-370 aC), ripresa da Epicuro (342 -270 aC) e poi da Lucrezio (98-54 aC). Secondo tale congettura prescientifica la materia non è un continuo, ma costituita da elementi microscopici, indivisibili, contenuti nello spazio infinito, chiamati ATOMI (cioè "non spezzabili") che si muovono casualmente combinandosi nei corpi materiali. L'essere è fatto dall'aggregazione degli atomi. Il loro disgregarsi restituisce alla natura stessa i suoi elementi di base ¹

¹ *L'atomismo filisofico entra nel dominio della scienza nel 1803: Dalton analizza la legge di conservazione di massa di Lavoisier; delle proporzioni fisse di Proust e la sua legge delle proporzioni multiple e dà una prima dimostrazione scientifica delle seguenti ipotesi:*

- *Tutta la materia è fatta da particelle microscopiche indistruttibili e indivisibili chiamate atomi.*
- *Tutti gli atomi di uno stesso elemento sono identici e hanno uguale massa.*
- *Gli atomi di un elemento non possono essere convertiti in atomi di altri elementi.*
- *Gli atomi di un elemento si combinano, per formare un composto, solamente con numeri interi di atomi di altri elementi.*
- *Gli atomi non possono essere né creati né distrutti, ma si trasferiscono interi da un composto ad un altro.*

Oggi sappiamo che l'atomo non è più indivisibile. Nel 1887 Thomson rivela l'elettrone, nel 1919 Rutherford evidenzia la presenza del protone, nel 1932 Chadwick scopre il neutrone. Tuttavia l'atomo non si spezza durante alcuna trasformazione chimica!

Sappiamo anche che nelle reazioni nucleari gli atomi di un elemento si possono tramutare in atomi di un altro elemento!

Sappiamo altresì che gli atomi di uno stesso elemento possono non essere identici ma differire nel numero di neutroni nel nucleo, essere cioè isotopi.

Tuttavia la teoria atomica di Dalton, anche se in parte falsificata in seguito da nuove evidenze sperimentali, imprime un'accelerazione improvvisa a tutta la chimica.

Con il trionfo del cristianesimo furono assimilati sia il platonismo che l'aristotelismo, ma l'atomismo venne bandito in quanto teoria atea per eccellenza...esso è alla base di ogni materialismo, compreso quello storico di Marx.

Ma quanto è labile il confine fra materia e spirito? Si dice che l'amore è questione di chimica, si parla di alchimia dei sentimenti! Esiste una chimica delle emozioni?

Certamente sì.

I neurotrasmettitori sono molecole sintetizzate dai neuroni che permettono reazioni emotive.

Sono la materializzazione delle emozioni e dei sentimenti e questo concetto è affascinante. Nel momento in cui ne parliamo è come se la materia scrutasse se stessa. Sono ciò che rendono il cervello diverso da una macchina di Turing.

Potremmo dire senza esagerare che il benessere "è chimica". Il cervello è una fonte di centinaia di sostanze neurochimiche dal cui bilancio risulta il nostro tono dell'umore che tanto influenza lo stato generale della nostra salute

La biologia evolutiva insegna che ciò di cui ogni animale ha bisogno lo fa star bene.

Ogni animale evita il dolore e cerca il piacere e questo edonismo biologico è naturale e difficile da sopprimere culturalmente.

Passando in rassegna veloce le molecole che più di altre sono implicate nel nostro stato di benessere incontriamo:

- Endorfine: sono antidolorifico, simili agli oppioidi. Sono stimolabili con agopuntura, ma vengono rilasciate in ogni situazione piacevole. I loro recettori sono presenti persino nelle cellule immunitarie
- Endocannabinoidi: sono analoghi ai fitocannabinoidi; sono le molecole legate al senso di beatitudine; sono prodotte nel neurone hanno attività analgesica, migliorano l'umore e diminuiscono l'aggressività impedendo il ricordo della traumaticità di un evento. I loro recettori sono persino nelle cellule immunitarie
- Dopamina: è la molecola legata alla ricerca del piacere e alla ricompensa per l'ottenimento di uno scopo. La cocaina agisce evitandone il riassorbimento ma essa affluisce al cervello con una risata. I livelli di dopamina sono maggiori nelle persone estroverse e non inibite
- Ossitocina: tale molecola è legata all'attaccamento romantico e alla lealtà, ma è cruciale anche nella maternità tanto per il parto quanto per l'allattamento; se una coppia deve separarsi per lungo tempo l'assenza di contatto fisico riduce l'ossitocina e porta al nuovo desiderio di intimità.
- GABA: è la molecola anti-ansia. I sedativi ed ipnoinducanti aumentano i livelli di GABA tanto quanto le tecniche di rilassamento o lo yoga
- Serotonina: semplificando è la molecola correlata con l'autostima, col senso di sicurezza e capacità di fare. Molti antidepressivi (SSRI) inibiscono il suo riassorbimento visto che una sua deficienza porta ad assenza di umore positivo
- Adrenalina: è la molecola dell'energia) si rilascia quando corriamo un rischio o affrontiamo situazioni paurose. L'accelerazione cardiaca e la vasocostrizione permettono di avere a disposizione una riserva di energia

E' dimostrato che la fruizione di eventi culturali, la lettura, il teatro, la musica e l'arte fanno bene ed aumentano addirittura l'aspettativa di vita. Si può dire altrettanto per la Scienza? Esiste una Science Therapy?

I lavori citati nella bibliografia dimostrano scientificamente (anche mediante tecniche sofisticate di imaging) che l'esposizione ad uno stimolo estetico stimola i centri cerebrali del piacere e della

ricompensa, come la corteccia orbitofrontale (localizzata fra gli occhi) ed il nucleo caudato, area che è anche implicata all'amore romantico.

I segnali provenienti da queste strutture che fanno parte del «circuitto della bellezza» sono alla base di importanti processi di apprendimento e adattamento dell'organismo alle richieste dell'ambiente. Il benessere non esclude emozioni negative (fallimento, dolore...) ma prevede la capacità di dominarle. Sentirsi bene risulta da un misto di interesse, coinvolgimento, stima, controllo della propria vita, relazioni positive e il cercare di raggiungere i propri scopi. Chi si sente bene tende a essere in uno stato cognitivo migliore e ad essere più creativo, ad avere atteggiamenti positivi. Il tutto in un circolo virtuoso alimenta il benessere!

Il benessere fa fiorire non solo le relazioni sociali e le funzioni cognitive ma anche la salute. Le emozioni positive portano a salute e longevità probabilmente attraverso l'intervento del sistema immunitario.

Chi si occupa di scienza ha a che fare con la bellezza dei fenomeni naturali.

E' dimostrato che

- gli esperimenti scientifici portano una energia emozionale positiva e una maggiore propensione degli studenti a proporre spiegazioni (Milne, C. Otieno, T. Understanding engagement: Science demonstrations and emotional energy. SCIENCE EDUCATION , 91, 523-553, 2007)
- un esperimento scientifico reso affascinante da un punto di vista estetico produce apprendimento maggiore grazie alle emozioni ad esso associate e verrà meglio ricordato di uno noioso (Obendrauf, V. Beautifully packed is half remembered. CHEMIE IN UNSERER ZEIT 40: 384-390, 2006)

La scienza e le emozioni sono state spesso contrapposte: la scienza è considerata razionale quanto irrazionali sono considerate le emozioni tanto da incitare a tenerle lontane dall'ambito scientifico perchè pericolose per la scienza. Tuttavia studi etnografici della vita di chi fa scienza hanno messo in questione questa visione mettendo in luce l'esperienza emotiva di chi fa esperimenti, propone ipotesi e verifica le stesse. (Koppman, S; Cain, CL; Leahey, E. The Joy of Science: Disciplinary Diversity in Emotional Accounts, SCIENCE TECHNOLOGY & HUMAN VALUES, 2015 40 30-70)

Io insegno chimico in un istituto tecnico, il Montani di Fermo e non mi stanco di ripetere ai mie studenti che la chimica ha bisogno di tecnica nel senso etimologico del termine.

Tecnica deriva da τεχνη parola greca che vuol dire arte! Nel nostro linguaggio arte e tecnica appartengono a domini semantici diversi, normalmente antitetici. Io credo fermamente che dobbiamo recuperare la natura artistica della tecnica: come un pittore ritocca il suo quadro fino alla perfezione, come il musicista fraseggia in modo personalissimo le sue note, così il chimico con perizia, cura e passione perfeziona la propria "creazione", sia essa la sintesi di una nuova molecola o l'analisi di una miscela complessa.

Il tecnico è creativo perché applica il pensiero divergente per arrivare alla soluzione dei problemi o alla spiegazione dei fenomeni.

Come insegnante trovo che sia etico porre obiettivi formativi di alto livello, dando fiducia, lasciando che ognuno possa raggiungerli nel rispetto dei propri stili di apprendimento e dei propri tempi. E' etico perseguire non la mera ripetizione del sapere, ma promuoverne l'accrescimento. Dà un forte entusiasmo far sperimentare ai ragazzi il piacere personale che deriva dalla comprensione di un fenomeno vivendo con passione la capacità di razionalizzazione della Natura. Dà una intima gioia educare il ragazzo a cercare ciò che non cade immediatamente sotto i sensi e a guardare con occhi nuovi un fenomeno già noto, unica condizione per far scoccare la scintilla dell'idea.

I nostri giovani dovranno diventare più bravi di chi ha loro insegnato, perché come ricordava Leonardo da Vinci, *“Triste è quell'allievo che non avanza il suo maestro”*.

Che bella la Scienza! Che bella perché, per dirla con Popper, è falsificabile, è democratica, perché alla lunga non fa vincere il più forte ma chi ha le evidenze sperimentali migliori. Che bella a livello didattico perché non è mai finita in senso sincronico e diacronico, ha bisogno di un prima e di un dopo, necessita del meglio di ogni contribuente e cioè della sua passione, del suo ingegno e della sua curiosità per interpretare e tradurre in leggi matematiche le parole sussurrate da tutto ciò in cui Siamo.

Rifletto sul fatto che in scienza disubbidire vuol dire progredire. Se nessuno avesse disubbidito a ciò che è stato scritto nei testi di chimica a partire da “Il chimico Scettico” di Boyle del 1661 in poi la chimica sarebbe rimasta nella sua culla. Per migliorare bisogna essere creativi e per essere creativi serve disubbidire a quello che ci viene insegnato e dubitare di quello che insegniamo dopo averlo profondamente fatto nostro: il laboratorio è la nostra casa.... lì tecnica ed arte sono davvero la stessa cosa: passione, creatività, talento, estetica di un'equazione che descrive un fenomeno, lavoro indomito ed indefesso per giungere al risultato....tutto questo ricopre di fascino un luogo dove la mente umana si può esprimere ai massimi livelli e le mani possono fare meraviglie!

Chi ama stare in un laboratorio sa bene come abbandonarlo in certi attimi ricordi il doversi separare dalla persona amata. La cura dei dettagli sperimentali, la voglia di provare e riprovare, l'attesa per il risultato, l'attenzione nel saper “porre domande alla Natura” e saper ascoltare le sue risposte, il congetturare e verificare è un'esperienza fatta di passione. Il chimico crea strutture molecolari che possono produrre emozioni, senso di bellezza e piacere come un classico lavoro artistico.

Se vale il principio base dell'estetismo dell'arte per il gusto dell'arte, io sento che vale anche il principio della scienza per il gusto della scienza, nel senso che la scienza può non essere soltanto il mezzo attraverso cui veicolare contenuti ma anche il fine per raggiungere un piacere estetico attraverso i nostri 5 sensi, piacere che ci fa stare bene!

Ai ragazzi racconto che se si ha la fortuna di leggere una cosa in un libro di testo, provarla e vedere che non funziona.... e se si ha l'ardire di dare retta a sé invece che al testo, si sperimenta un attimo sublime.... Quando poi nasce un'idea che possa far sì che la Natura parli e dica la sua....lì in quel momento la Scienza diventa Arte e si realizzano alcuni fra gli atti più vivi a cui io possa pensare!

Lo slancio sperimentato dai ragazzi, investiti di un compito davvero serio, mi rende ogni volta profondamente felice con loro e di questo sono loro sempre grata.

Perché celebriamo la chimica? Come un Giano Bifronte può salvare la vita o può uccidere, può costringere o distruggere, essere utile o dannosa, può violentare la Natura o la può risanare! Le dicotomie scientifiche come quella onda/particella di De Broglie, massa/energia di Einstein, stato di moto/posizione del principio di indeterminazione di Heisenberg ci fanno pensare alla dicotomia fra l'uomo e la bestia che è in noi, che come il centauro Chirone che però salva Prometeo.

Ulteriore Bibliografia consigliata

- L. O. Bygren, B. B. Konlaan, S-E. Johansson. Attendance at cultural events, reading books or periodicals, and making music or singing in a choir as determinants for survival: Swedish interview survey of living conditions. *BMJ* 1996, 313, 1577.
-
- Piomelli, D. The molecular logic of endocannabinoid signalling *Nat. Rev. Neurosci.* 2003, 4, 873.

- Flory, J.D., Manuck, S.B., Matthews, K.A., & Muldoon, M.F. Serotonergic function in the central nervous system is associated with daily ratings of positive mood. *Psychiatry Research*, 2004, 129, 11.
- F.A. Huppert, *Psychological Well-being: Evidence Regarding its Causes and Consequences*. *Applied psychology: health and well-being*, 2009, 1, 137.
- Fredrickson, B.L., & Joiner, T. Positive emotions trigger upward spirals toward emotional well-being. *Psychological Science*, 2002, 13, 172.
- G.Marx and C. Gilon, The molecular basis of memory. Part 3: tagging with “emotive” neurotransmitters. *Frontiers in Aging Neuroscience* 2014, 6, Article 58.
- Huppert, F.A., &Whittington, J.E. Evidence for the independence of positive and negative well-being: Implications for quality of life assessment. *British Journal of Health Psychology*, 2003, 8, 107.
- Diener, E., Suh, E.M., Lucas, R.E., & Smith, H.L. Subjective well-being: Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, 1999, 125, 276.