

STUDI E SAGGI

- 132 -

VINCENZO SCHETTINO

Scienza e Arte

Chimica, arti figurative e letteratura

FIRENZE UNIVERSITY PRESS

2014

Scienza e arte : chimica, arti figurative e letteratura / Vincenzo Schettino. – Firenze : Firenze University Press, 2014.
(Studi e saggi ; 132)

<http://digital.casalini.it/9788866556473>

ISBN 978-88-6655-643-5 (print)
ISBN 978-88-6655-647-3 (online)

Progetto grafico di copertina Alberto Pizarro Fernández,
Pagina Maestra snc
Immagine di copertina: © tavidom | Dreamstime.com

Certificazione scientifica delle Opere

Tutti i volumi pubblicati sono soggetti ad un processo di referaggio esterno di cui sono responsabili il Consiglio editoriale della FUP e i Consigli scientifici delle singole collane. Le opere pubblicate nel catalogo della FUP sono valutate e approvate dal Consiglio editoriale della casa editrice. Per una descrizione più analitica del processo di referaggio si rimanda ai documenti ufficiali pubblicati sul catalogo on-line della casa editrice (www.fupress.com).

Consiglio editoriale Firenze University Press

G. Nigro (Coordinatore), M.T. Bartoli, M. Boddi, R. Casalbuoni, C. Ciappei, R. Del Punta, A. Dolfi, V. Fargion, S. Ferrone, M. Garzaniti, P. Guarnieri, A. Mariani, M. Marini, A. Novelli, M. Verga, A. Zorzi.

© 2014 Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Borgo Albizi, 28, 50122 Firenze, Italy
<http://www.fupress.com/>
Printed in Italy

Indice

| | |
|---|------------|
| Ringraziamenti | VII |
| Prefazione | IX |
| 1 Introduzione | 1 |
| 2 Arte e scienza: i confini | 5 |
| 2.1 Le due culture | 7 |
| 2.2 Una prospettiva unitaria | 12 |
| 2.3 Il linguaggio della scienza | 17 |
| 2.4 Singolari coincidenze | 33 |
| 3 Uno sguardo alle origini: l'alchimia | 37 |
| 3.1 La Grande Opera | 38 |
| 3.2 Miti, fiabe e alchimia | 46 |
| 3.2.1 Gli argonauti e il vello d'oro | 48 |
| 3.2.2 Il mito di Proserpina | 50 |
| 3.2.3 Cappuccetto rosso | 50 |
| 3.2.4 Cenerentola | 52 |
| 3.2.5 Pinocchio | 53 |
| 3.3 Alchimia nella <i>Divina Commedia</i> | 55 |
| 3.4 Chaucer: <i>Il garzone del canonico</i> | 62 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4 | La chimica per l'arte | 67 |
| 5 | Chimica, molecole e il mondo delle forme | 75 |
| 5.1 | Chimica e pittura | 76 |
| 5.1.1 | <i>Las Meninas</i> di Velazquez | 76 |
| 5.1.2 | Chimica e topologia | 87 |
| 5.2 | Chimica come architettura molecolare | 93 |
| 5.2.1 | Molecole e simmetria | 96 |
| 6 | Chimica e letteratura | 111 |
| 6.1 | Alfabeto e parole della chimica | 114 |
| 6.1.1 | Simmetria di parole e molecole | 120 |
| 6.2 | La poesia della chimica | 123 |
| 6.2.1 | Lucrezio | 123 |
| 6.2.2 | La chimica in versi | 126 |
| 6.2.3 | Chimica e romanticismo | 143 |
| 6.2.4 | Futurismo e chimica | 152 |
| 6.2.5 | Echi della poesia della chimica | 155 |
| 6.3 | La chimica nella narrativa | 162 |
| 6.3.1 | I racconti di Primo Levi | 162 |
| 6.3.2 | Il sistema periodico | 173 |
| 6.4 | Chimica: metafora delle vicende umane | 180 |
| 6.4.1 | Le affinità elettive | 180 |
| 6.4.2 | Frankenstein | 184 |
| 6.4.3 | Dottor Jekyll e Mister Hyde | 187 |
| 6.4.4 | Balzac e l'Assoluto | 189 |
| 6.4.5 | Chimica e narrativa americana | 192 |
| 6.4.6 | La chimica di Sherlock Holmes | 197 |
| 6.5 | La chimica in scena | 206 |

INDICE

| | | |
|---|--|------------|
| 6.6 | Le categorie di Italo Calvino e la chimica | 216 |
| 6.6.1 | Leggerezza | 217 |
| 6.6.2 | Rapidità | 226 |
| 6.6.3 | Esattezza | 230 |
| 6.6.4 | Visibilità | 232 |
| 6.6.5 | Molteplicità | 233 |
| Appendice: Locuzioni in alchimia e chimica | | 241 |
| Bibliografia | | 251 |
| Indice dei nomi | | 263 |

Ringraziamenti

Per la realizzazione di questo libro devo la mia gratitudine innanzi tutto a mia moglie Anna Margherita e a mia figlia Giulia che mi hanno costretto ad andare avanti nel progetto, hanno letto le varie stesure del libro dando preziosi consigli sui contenuti e sulla loro presentazione; soprattutto hanno sopportato che invadessi la casa con libri, articoli, appunti, materiali per obbedire alla mia maniacca convinzione di poter lavorare utilmente solo nel massimo disordine. Un ringraziamento particolare devo a Salvatore Califano che, letto il primo abbozzo del libro, mi ha indicato l'approccio giusto da seguire e fornito preziosi materiali oltre a incoraggiarmi come sempre.

Giampaolo Brancolini, carissimo amico di lunga data, ha letto il libro con meticolosità fornendomi commenti e suggerimenti. Le figure che accompagnano il testo sono funzionali alla discussione, oppure vogliono rendere il libro più gradevole da scorrere. Devo ringraziare Anna Maria Papini e Mario Chelli che sono stati preziosi per la preparazione delle formule chimiche che compaiono nel libro. Ringrazio Panaiotis Kruklidis, un architetto maestro della tavoletta grafica, per il miglioramento della qualità di tutte le figure. Non so come avrei fatto poi per la scrittura e la impaginazione del testo senza l'aiuto di Marco Pagliai, grande esperto di calcolatori.

La pubblicazione di questo volume è stata possibile grazie al contributo dei presidenti delle istituzioni per le quali ho lavorato per tanti anni, Alberto Tesi, Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Firenze, Francesco Saverio Pavone, Direttore del Laboratorio Europeo di Spettroscopie non lineari, e Luigi Dei, Direttore del Dipartimento di Chimica Ugo Schiff.

Vincenzo Schettino

Prefazione

«Le cose rappresentano nodo di relazioni con la vita degli altri, anelli di continuità tra le generazioni, ponti che collegano storie individuali e collettive, raccordi tra civiltà umane e natura. Ci spingono a dare ascolto alla realtà, a farla entrare in noi, così da ossigenare un'interiorità altrimenti asfittica». Così Remo Bodei (Remo Bodei, *La vita delle cose*, Editori Laterza, Bari 2009) conferisce anelito di vita alle cose, materia inanimata che acquista senso nel nostro orizzonte percettivo ed emotivo. Secondo Bodei la filosofia e l'arte indicano la via per dare profondità alle cose e allargarne il significato nell'esperienza umana.

Per la chimica il senso delle cose viene dopo, prima esiste la materia di cui sono fatte le cose: gli atomi, le molecole, gli ioni che precedono qualsiasi altro significato relazionabile con la nostra interiorità. Il chimico vede e comprende le cose in un meta-universo che prescinde da ogni rapporto della cosa con la mappa spazio-temporale del nostro vissuto. Egli va al di là della percezione normale e travalica la figurazione che di esse ciascuno di noi costruisce: accarezza con la mano della sua disciplina ciò che nessun altro può cogliere. L'arte figurativa è materia che incarna la forma: tutti godono esteticamente della forma, solo i chimici entrano in sintonia con i meandri dell'incarnato.

Il bellissimo libro di Vincenzo Schettino, professore emerito di chimica fisica dell'Università di Firenze e fantastico docente di spettroscopia molecolare di chi scrive nel lontano 1978/79, conduce il lettore per i sentieri di questa percezione sui generis delle cose, in particolare delle tangibili cose artistiche, ma anche delle intangibili forme e simmetrie dell'arte figurativa, o delle cose più o meno astratte evocate dall'arte letteraria. Schettino muove

da un'esigenza circa l'unitarietà della cultura, una sorta di nuovo umanesimo che accetta il confinamento specialistico dei saperi come una sfida all'integrazione unitaria. Per rendere concretamente comprensibile questa sua idea circa l'assurda e artificiosa separazione in due culture, l'umanistica e la scientifica, nelle prime pagine del suo libro Schettino ricorda le parole quanto mai attuali del grande Russo, l'Artista della Tavola Periodica: «come, nella immaginazione di Dante, l'aria invisibile si affolla di esseri spirituali così, davanti agli occhi del più attento ricercatore, e specialmente davanti agli occhi di Clerk Maxwell, la massa invisibile dei gas si popola di particelle». E proprio con questo accostamento ardito, Dante e Maxwell, e con un'altra singolare coincidenza con la quale si conclude il II capitolo del libro, *Les Demoiselles d'Avignon* (1907) di Picasso e l'articolo di Albert Einstein del 1905 *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, il libro si snoda armoniosamente alla ricerca di nessi fra la chimica delle cose tangibili o intangibili e i significati e i sensi che le cose acquistano nell'arte e nella letteratura.

Così il lettore scopre aspetti inusitati di opere letterarie o pittoriche frequentate chissà quante volte, ma mai percepite in quelle sfaccettature materiali ed energetiche che l'Autore riesce ad offrirgli con un florilegio fantasmagorico di esempi strabilianti e ricchi di fascino. Il libro è una sorta di viaggio, quasi un sogno, nel quale il viandante è accompagnato alla riscoperta di luoghi e paesaggi spesso già visitati, Las Meninas e Tiepolo, i ponti medievali e il Duomo di Pisa o le colonne tortili del Duomo di Orvieto; Scherlock Holmes e Balzac, Primo Levi e Calvino, Lucrezio e Raymond Queneau. E la ri-visitazione è occasione di stupore, magnifica apertura di orizzonti inaspettati ed imprevedibili, quasi come se le tappe del pellegrinaggio si illuminassero repentinamente di bagliori dai mille colori e nel visto e rivisto apparisse improvvisamente una folla smisurata di nuove cose da guardare, ammirare, ricordare. E la mater-materia – come scriveva Levi – enigmatica e misteriosa come la Sfinge, magicamente si rivela portatrice di nuovi e inimmaginabili significati.

Luigi Dei

Direttore del Dipartimento di Chimica Ugo Schiff

Università degli Studi di Firenze

1

Introduzione

L'idea di scrivere un libro sulle interazioni tra chimica e arte è nata quasi per caso, a seguito della richiesta fattami di tenere una conferenza sull'argomento. Pur non potendo accettare l'invito, per la sovrapposizione con precedenti impegni, questa è stata l'occasione per mettere in ordine vecchi materiali che avevo raccolto nel corso degli anni e per riprendere varie note che avevo messo insieme. In questo modo il progetto di un volume su chimica e arte ha preso corpo ed è ben presto diventato per me quasi una sfida. Infatti, parlando con amici e colleghi del progetto, mi sono reso conto che le interrelazioni tra chimica e arte costituiscono una realtà acquisita e una prospettiva nota nel settore molto importante dell'utilizzo di tecnologie per la tutela, il restauro e la conservazione del patrimonio artistico e culturale. Anche se la presenza della chimica nella letteratura è piuttosto estesa, la possibilità che la chimica sia già di per sé oggetto di opere letterarie (poesia, narrativa, teatro) o che sia fonte di ispirazione per artisti appare a molti cosa improbabile o strana. Il mio proposito è stato quindi di portare elementi che possano far riflettere su questa concezione. Il problema è, in realtà, piuttosto complesso ed è necessario risalire alla fonte e cioè alla carenza di una percezione chiara che, nelle loro varie articolazioni, sia la scienza che l'arte si basano su processi conoscitivi della realtà esteriore o interiore e che perciò ci devono essere, in via di principio, metodi di lavoro, approcci, filosofie interpretative comuni o contigui.

Nel mondo odierno vediamo che, sia nelle scienze sperimentali che nelle scienze umane, ci sono evidenti tendenze centrifughe che si originano dallo straordinario aumento delle nostre conoscenze e dalla specializzazione portata all'estremo. L'idea della delimitazione delle competenze e delle abilità di individui, o di categorie di persone, ci è indubbiamente familiare, se non altro pensando alla definizione di professioni e mestieri. E questo si applica anche nel campo delle attività culturali, umanistiche e scientifiche. Il poeta e lo scultore da un lato, il chimico e il biologo dall'altro, lavorano con metodologie, approcci, strumenti che possono essere anche assai diversi. Ma non è questo il punto che deve interessare. Scienza ed arte ci offrono comunque metodi di indagine del mondo che ci circonda, indagine che può riguardare idee, concetti, realtà oggettuali e che si dipana trasformando le osservazioni in altro, secondo la percezione dell'autore, del protagonista, del potenziale fruitore. Il proposito di questo libro è di entrare in questo scenario comune dell'arte e della scienza, andando oltre le ovvie diversificazioni dei linguaggi, dei metodi, della specializzazione, alla ricerca di qualche denominatore comune.

Nel contesto delineato, focalizzare l'attenzione sulle interazioni tra chimica e arte può, forse, essere più difficile ma è particolarmente significativo perché la percezione della chimica è di per sé piuttosto frammentata. Nel 1800, ed in particolare dopo la scoperta dell'ossigeno e la geniale elaborazione teorica di Lavoisier, la chimica assurge a scienza di frontiera e, quindi, esercita un fascino su scrittori, poeti, artisti per il suo carattere innovativo e per i nuovi orizzonti che apre non solo nel campo delle innovazioni tecnologiche ma soprattutto come strumento di conoscenza della natura. In conseguenza, tematiche proprie della chimica, oppure metafore e allusioni alla chimica, diventano un patrimonio sempre più diffuso nelle varie manifestazioni artistiche. Questo peraltro non costituisce una reale novità in quanto già molto prima che la chimica si costituisse come una scienza autonoma, nel senso che intendiamo oggi, l'alchimia aveva fornito ampi materiali di ispirazione per l'arte, tanto più che la separazione disciplinare non era assolutamente sentita come argine di separazione tra arte e scienza, nelle loro diverse manifestazioni.

In tempi più recenti la percezione della chimica è cambiata, per lo meno presso il grande pubblico che tende a riconoscerne gli aspetti tecnologici o, come si dice con termini non proprio felici, la identifica come scienza sinte-

Introduzione

tica, cioè deputata a sintetizzare e produrre nuove sostanze di uso comune, o tecnologicamente avanzato, e quindi come motore dello sviluppo industriale ed economico. Oltre a questa visione che trascura o dimentica il formidabile potere conoscitivo di questa scienza, preoccupazioni di carattere ambientale ed etico, comuni all'uso della tecnologia, e il verificarsi di eventi catastrofici su scala globale hanno offuscato l'immagine di tutte le scienze e della chimica in particolare. Per questi motivi ripercorrere la strada delle interazioni tra la chimica e l'arte (pittura, architettura, letteratura nelle forme della poesia, della narrativa, del teatro) può essere particolarmente significativo per recuperare una corretta percezione della scienza come processo conoscitivo.

Se si guarda, ad esempio, alla presenza della chimica nella letteratura si scopre che, fin dai tempi remoti dell'alchimia, questa presenza è sterminata. Questo volume non pretende di coprire in maniera comprensiva queste presenze e queste interazioni, ma vuole semplicemente procedere per esemplificazioni di tematiche chimiche vere e proprie o di tematiche di più generica ispirazione chimica che hanno suscitato l'interesse di artisti. Lo scenario si compone di due diversi versanti che si sovrappongono. Da un lato ci sono chimici e scienziati che hanno trasfuso la loro personale esperienza professionale in opere artistiche e dall'altro artisti che hanno attinto a serbatoi di concetti, immagini, metafore della scienza. Sono due punti di partenza diversi per stabilire un ponte tra scienza e arte e per esplorare percorsi che dimostrino una convergenza e una unitarietà dei nostri processi conoscitivi.

I materiali presentati in questo volume sono organizzati nel modo seguente. Il Capitolo 2 discute le interazioni tra scienza e arte in termini generali partendo dalla famosa ipotesi delle due culture. Nel Capitolo 3 viene presentata una digressione sulla alchimia, per ripercorrere un periodo in cui la filosofia della natura era semplicemente un aspetto di una concezione unitaria del sapere. La persistenza fino ai nostri giorni di concetti, impostazioni e metafore dell'alchimia, come patrimonio diffuso della cultura popolare, è illustrata attraverso una interpretazione alchemica di alcuni miti o fiabe. Anche se le applicazioni delle tecnologie chimiche nel vasto e importante campo della conservazione, della tutela e del restauro del patrimonio culturale non fanno parte dell'oggetto di questo studio, si è ritenuto utile, per completezza, presentare un breve resoconto di questo aspetto delle interazioni tra chimica e arte nel Capitolo 4. Scopo del capitolo successivo è stato quello di stabilire un parallelismo tra processi costruttivi e interpre-

tativi di opere pittoriche o architettoniche e approcci a problemi chimici. In relazione a questo, verrà discussa la natura della chimica come architettura molecolare e quindi come straordinario strumento di costruzione di geometrie tradizionali o innovative a livello microscopico: l'armonia, la simmetria delle strutture molecolari e le loro relazioni con le proprietà e le funzionalità delle molecole gettano un ideale ponte di connessione tra il mondo molecolare dell'infinitamente piccolo, il mondo reale dei nostri sensi e l'universo dell'infinitamente grande. L'ultimo capitolo tratta in modo circostanziato delle interazioni tra chimica e letteratura. Dopo le correlazioni tra i mezzi espressivi della chimica e della letteratura, verrà esaminata la presenza della chimica nella poesia, nella narrativa e nel teatro. In tutti i casi lo scopo non è tanto quello di cercare una classificazione delle varie tipologie di interazione chimica-letteratura quanto, piuttosto, di dimostrare come scienziati che hanno parlato di chimica nelle loro opere artistiche e artisti che hanno trovato ispirazione nei paradigmi della chimica ci restituiscano un quadro di insieme che indica come la chimica, o più in generale la scienza, faccia parte di un inesauribile serbatoio di esperienze, di immagini che si trasfondono in maniera naturale nelle esperienze artistiche più varie. Nell'ultima parte di questo capitolo, quasi come un sommario dell'approccio generale che è stato seguito, viene discusso come le categorie che Italo Calvino ha magistralmente definito come caratterizzanti della letteratura trovino ampio e preciso riscontro come ineludibili categorie anche per la chimica.

Arte e scienza: i confini

Una visione ricorrente presso un vasto pubblico tende a rappresentare la scienza semplicemente, o prevalentemente, come funzionale all'innovazione e allo sviluppo economico. È naturalmente vero che il contributo della scienza allo sviluppo dell'umanità è indubitabile. Basti pensare che nel secolo scorso l'aspettativa di vita dell'uomo è aumentata in modo straordinario, passando da 45 anni all'inizio del secolo a oltre 75 anni alla fine del secolo. Il contributo della scienza per raggiungere questo risultato è stato determinante. Limitandoci a considerare la chimica, l'impatto delle tante realizzazioni nel campo della sintesi dei fertilizzanti azotati, dei nuovi materiali, della sintesi dei farmaci, della scienza dell'alimentazione è stato fondamentale per raggiungere questi risultati. Questa icona eminentemente utilitaristica della scienza è tuttavia incompleta, se non fuorviante, perché non rende giustizia all'intrinseco alto valore conoscitivo della scienza, al fascino e alla gratificazione estetica che essa fornisce e alle caratteristiche proprie della scienza di ricerca della purezza e della perfezione. Un gran numero di filosofi e di scienziati, e anche di scrittori e artisti, a cominciare dall'antichità, ha proclamato ad alta voce il rigore logico e la bellezza formale delle costruzioni scientifiche, stabilendo un collegamento fondamentale di grande contenuto estetico tra scienza e arte in opposizione alla spesso diffusa convinzione che queste siano due realtà distanti e non comunicanti, se non alloglotte o addirittura contrapposte.

I motivi profondi che spingono l'uomo a interessarsi della scienza e dei fenomeni naturali sono stati da sempre oggetto di riflessione, e così pure la comparazione tra l'ispirazione del poeta o dell'artista e quella del filosofo e dello scienziato. Per risalire alle origini, possiamo fare riferimento a Talete di Mileto, che Platone considera il primo dei Sette Savi e che è stato il primo filosofo del pensiero occidentale e anche il primo scienziato, particolarmente per le sue conoscenze di astronomia e geometria. Ci sono due aneddoti su Talete raccontati da Platone e da Aristotele, rispettivamente, che ci permettono di entrare direttamente nel centro del problema. Nel *Teeteto* di Platone (Platone, 2011) troviamo:

Si racconta anche di Talete, il quale mentre stava mirando le stelle e aveva gli occhi rivolti in alto, cadde in un pozzo; allora una servetta di Tracia, spiritosa e graziosa, lo motteggì, dicendogli che le cose del cielo si dava una gran pena di conoscerle, ma quelle che aveva davanti e tra i piedi non le conosceva affatto. [...] Questo motto si può ben applicare egualmente a tutti quelli che fanno professione di filosofia.

Vediamo, quindi, che i pregiudizi riguardo alla scienza, e nella fattispecie il topos dello scienziato che vive fuori dal mondo, con la testa tra le nuvole e tutto preso dai suoi studi, non sono certo una novità del mondo moderno. Ma se l'aneddoto di Platone allude a un'apparente inutilità dello studio e della conoscenza del mondo naturale, ben altro messaggio è contenuto nell'aneddoto riportato da Aristotele nella *Politica* (Aristotele, 2010):

Siccome, povero com'era, gli rinfacciavano l'inutilità della filosofia, dicono che [Talete], avendo previsto in base a calcoli astronomici un'abbondante raccolto di olive, ancora nel cuore dell'inverno, pur disponendo di una piccola somma, si accaparrò tutti i frantoi di Mileto e di Chio, dando una cifra irrisoria, perché non ce n'era richiesta alcuna; ma quando giunse il tempo della raccolta, poiché molti cercavano frantoi tutt'insieme e d'urgenza, li dette a nolo al prezzo che volle e, così, raccolte molte ricchezze, dimostrò che per i filosofi è davvero facile arricchirsi, se lo vogliono – e invece non è questo di cui si preoccupano.

Le motivazioni del poeta, del filosofo, dello scienziato sono altre, come Aristotele dice all'inizio della *Metafisica* (Aristotele, 1999):

Risulta poi da quelli che hanno prima filosofato che la sapienza o filosofia non abbia il fare per fine. Gli uomini hanno cominciato a filosofare, ora come in origine, a causa della meraviglia: mentre da prima restavano meravigliati di fronte alle difficoltà più semplici, in seguito, progredendo a poco a poco, giunsero a porsi problemi sempre maggiori; per esempio i problemi riguardanti i fenomeni della luna e quelli del sole e degli altri astri, o i problemi riguardanti la generazione dell'intero universo. Ora chi prova un senso di dubbio e di meraviglia, riconosce di non sapere; ed è per questo che anche colui che ama il mito è, in certo modo, filosofo; il mito infatti è costituito da un insieme di cose che destano meraviglia. Cosicché se gli uomini hanno filosofato per liberarsi dall'ignoranza, è evidente che ricercano il conoscere solo al fine di sapere e non per conseguire qualche utilità pratica. Dunque è fuor di dubbio che questa scienza non si ricerca per nessun uso fuori di lei.

Ovviamente il dibattito su scienza e arte si è approfondito dopo la rivoluzione scientifica e con il progressivo diffondersi della tecnologia.

2.1 Le due culture

La British Association for the Advancement of Sciences fu fondata nel 1831, anche come risposta al carattere elitario della Royal Society. In una delle prime riunioni della Association, il 24 giugno 1833, la lezione inaugurale fu tenuta da William Whewell (1794-1866), filosofo e storico della scienza ma anche appassionato cultore di discipline scientifiche. Al termine della conferenza, Thomas Coleridge intervenne con foga per sostenere che era sbagliato chiamare ancora con il nome di *filosofo naturale*, o *filosofo sperimentale*, chiunque si interessasse delle nuove scienze della natura. In risposta all'intervento di Coleridge, Whewell per la prima volta coniò il termine *scientist*, scienziato. Egli si rendeva ben conto del processo in corso di specializzazione e di separazione delle discipline scientifiche e che, mentre erano in uso termini specifici come chimico, matematico ecc., mancava un termine generale per i cultori delle scienze e propose il termine *scientist* per analogia con il termine *artist*. Whewell non era nuovo a coniare termini poi entrati in uso nelle scienze (a lui e a Michael Faraday si devono, ad esempio,

i termini *anodo* e *catodo* per i poli positivo e negativo di una batteria). Il termine scienziato si è affermato nell'uso comune solo all'inizio del secolo scorso, ma esso già rispondeva a una crescente realtà di specializzazione e diversificazione nel campo della cultura e della conoscenza.

Il moderno confronto tra scienza e arte ha comunque una lunga storia che inizia con la prima rivoluzione industriale e prosegue ininterrottamente. Un resoconto del dibattito tra scienza e arte, con particolare riferimento al dibattito letteratura-scienza, è stato riportato da A. Battistini (Battistini, 1977), con un'interessante antologia di scritti che riguardano i temi dei linguaggi letterari e scientifici, lo stile degli scienziati e i miti letterari delle scienze (vedi anche il resoconto di questo dibattito in Cartwright (Cartwright, 2005b)). Semplificando alquanto, possiamo concentrarci su tre momenti di questa storia, corrispondenti ai dibattiti tra:

- Francis Bacon e John Donne
- Thomas H. Huxley e Matthew Arnold
- Charles P. Snow e Frank R. Leavis

Cominciando dal primo di questi momenti, Francis Bacon (1561-1626) esalta le potenzialità della nuova scienza induttiva (Bacon, 1953; Rossi, 2004) e nel 1627 scrive l'opera utopica, poi pubblicata postuma, *Nuova Atlantide* (vedi Figura 2.1) (Bacon, 1659) in cui dipinge una società basata sulle capacità conoscitive e realizzatrici della nuova scienza. Nell'isola di Bensalem (una sintesi di Betlemme e Gerusalemme) un'élite di nuovi filosofi sperimentali fa capo all'istituzione più importante della comunità, *la Casa di Salomone*, dove vengono condotti esperimenti scientifici per comprendere e dominare la natura e per le relative applicazioni intese al progresso e al benessere della società. Bacone crede, quindi, che la formazione nelle nuove scienze della natura sia fondamentale. La visione di una società governata dai nuovi filosofi sperimentali non era condivisa dagli umanisti in un periodo ancora di affrancamento della scienza, come risuona nell'allarme del poeta metafisico John Donne (1572-1631): «Tutto va a pezzi. Tutta la coerenza è smarrita», che denuncia la rottura dell'unitarietà della conoscenza (Cartwright, 2005a,b), così esprimendosi nella sua poesia *The first anniversary*:

And new philosophy calls all in doubt,
The element of fire is quite put out;

The sun is lost, and the hearth, and no man's wit
can well direct him where to look for it¹.

Ovviamente, questa preoccupazione era espressa in un'epoca in cui l'unitarietà del sapere non era realmente ancora in discussione. John Donne, del resto, usa la scienza come fonte di immagini per la sua poesia, pur ritenendo la filosofia della natura di un livello inferiore rispetto alla fede religiosa.

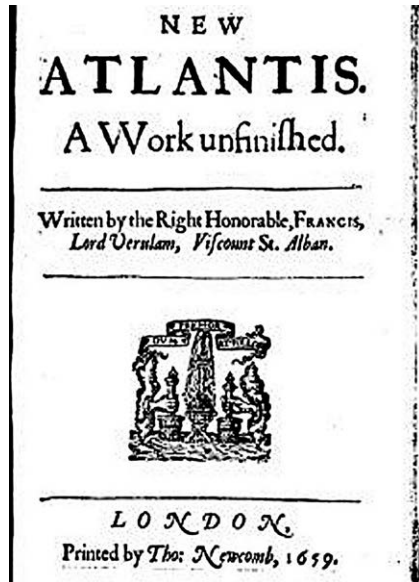


Figura 2.1: Copertina della prima edizione della *Nuova Atlantide* di Francis Bacon.

Il confronto/dibattito tra l'emergente sviluppo della scienza e la cultura tradizionale si approfondisce nei secoli successivi e, trascurando il periodo romantico che merita un discorso a parte (Holmes, 2008), possiamo individuare un passaggio importante nel dibattito tra Thomas H. Huxley (1825-1895) e Matthew Arnold (1822-1888) nella seconda metà del XIX secolo. La

¹ E la nuova filosofia mette tutto in dubbio, l'elemento fuoco è quasi cancellato; il sole è perduto, e la terra, e non c'è intelletto che possa ben indirizzare l'uomo alla sua ricerca. [TdA]

discussione riguarda soprattutto il tipo di educazione, scientifica o letteraria, più appropriato per le nuove generazioni. T. Huxley è stato uno scienziato autodidatta e un campione della meritocrazia scientifica. Nel suo saggio *Science and Education* (Huxley, 1894) sostiene che nella formazione dei giovani, bandita la politica e la teologia, un'istruzione e un'educazione puramente letterarie non siano adeguate e si batte per l'importanza della scienza in un'educazione liberale: «Per raggiungere una vera cultura un'educazione esclusivamente scientifica è altrettanto efficace che una esclusivamente letteraria». Comunque, Huxley si esprime per una formazione culturale equilibrata, laddove dice che «una formazione esclusivamente scientifica produrrà uno squilibrio mentale esattamente come una formazione esclusivamente letteraria». M. Arnold, poeta, saggista e critico, ha una visione diversa della cultura (Arnold, 1993; Chapple, 1986; Cartwright, 2005a) che per lui deve comprendere: «tutto quanto di meglio è stato pensato o detto nel mondo», una visione che tende a privilegiare il passato. Anche se apprezza la scienza e la sua capacità di trattare i fatti della natura, ne ha una percezione limitativa, mentre esprime una concezione totalizzante della letteratura:

Letteratura è una parola dall'ampio significato; può significare qualsiasi cosa scritta con le lettere o stampata in un libro. Gli *Elementi* di Euclide e i *Principi* di Newton sono letteratura.

Tuttavia, per Arnold la scienza sembra servire solo per dirci cose come il diametro del sole e della luna, e quindi il ruolo vitale per l'espressione dell'esperienza umana rimane esclusivo appannaggio della poesia.

In tempi più recenti il dibattito su scienza e arte si è ampliato e approfondito anche a seguito di una famosa conferenza del 1959, poi trasformata in un libro (Snow, 1964), in cui Charles Percy Snow, chimico e fisico per formazione ma anche romanziere e scrittore di saggi su vari argomenti culturali, usò per la prima volta l'espressione le *due culture* per caratterizzare la separazione tra cultura scientifica e umanistica, che a tutt'oggi rappresenta una delle limitazioni più importanti allo sviluppo di una cultura integrata nei paesi occidentali. La convinzione di Snow era che l'assenza di comunicazione tra mondo scientifico e mondo umanistico fosse uno dei mali che portavano alla mancata soluzione dei grandi problemi dell'umanità e che la diffusione della cultura scientifica, grazie alle sue capacità di influire sugli sviluppi dell'economia e della struttura organizzativa delle società, avrebbe

avuto un impatto significativo sul comportamento politico e sociale degli strati più colti della popolazione, indirizzandoli a un più maturo atteggiamento di comprensione dei problemi dei paesi sottosviluppati. La tesi di Snow era semplice: mentre gli scienziati, come tutte le persone acculturate, si interessano attivamente alla letteratura, alla musica, alla filosofia, all'arte, gli umanisti mostrano un riverente distacco e spesso una non celata ostilità nei confronti di matematica, fisica, chimica, biologia e in genere di tutte le discipline scientifiche. Questa visione è spesso il frutto della diffidenza secolare che un umanesimo di vecchio stampo nutre verso la scienza, diffidenza legata all'idea di una separazione insanabile tra le due culture che porta a guardare con sospetto alle conquiste scientifiche, nel timore che esse possano orientare lo sviluppo della società verso una forma di orwelliano potere dei tecnici, capace di condizionare la libertà e l'umanità delle società future. Ma John Tyndall (1820-1893), un grande fisico del XIX secolo, riferendosi come caso specifico alla letteratura, dice (Tyndall, 1872):

È stato affermato dai suoi oppositori che la scienza si separa dalla letteratura: ma questa affermazione, come molte altre, si origina da una scarsa conoscenza.

La presunta incomunicabilità con il mondo della scienza, a causa della ignoranza o scarsa conoscenza della scienza, è stata umoristicamente considerata dal duo inglese Flanders e Swann, un duo che ha composto e cantato canzoni comiche. Flanders e Swann dicono che si può parlare a uno scienziato non con un liguaggio normale ma solo con liguaggi specifici che solo loro possono comprendere, ad esempio rivolgendosi loro in questo modo:

Ah! H_2SO_4 Professor,
don't synthesise anything
I wouldn't synthesise.
Oh! and the reciprocal of Pi
to your good wife?²

L'approccio di Snow è di carattere politico, sociale ed economico. Ma al di là delle specifiche argomentazioni portate da Snow, la felice locuzione delle

² Ah! Professor H_2SO_4 / non sintetizzare nulla / che io non sintetizzerei. / Oh! e il reciproco di Pi / per la tua buona moglie. [TdA] [H_2SO_4 è la formula dell'acido solforico.]

due culture ha toccato nervi sensibili provocando un dibattito, anche estremamente polemico, particolarmente da parte di F. Leavis (Leavis, 1962), sul ruolo e sulla separazione della cultura umanistica e della cultura scientifica. Alla base di questa presunta separazione o inconciliabilità c'è una percezione utilitaristica del sapere scientifico come deputato allo sviluppo economico e al progresso tecnologico, a cui abbiamo già fatto riferimento.

2.2 Una prospettiva unitaria

Sotto certi punti di vista il dibattito sulle due culture appare un esercizio di carattere accademico. È evidente che tra arte e scienza, come diversi modi di espressione di realtà interne o esterne, ci saranno delle differenze. Del resto, differenze anche significative esistono già all'interno delle discipline scientifiche (tra chimica, biologia, matematica ecc.) o all'interno delle arti (pittura, scultura, letteratura ecc.). In uno scenario che vede una varietà di modi di espressione il problema da approfondire è se sia da preferire un approccio teso all'identificazione delle differenze tra i diversi modi di espressione per poi procedere alla ricerca di possibili interazioni o piuttosto un approccio che evidenzia un substrato comune che automaticamente illumina le possibili differenze e convergenze. Il primo approccio ha portato in passato, e forse ancora oggi, inevitabilmente a un *conflitto* di precedenza per cui le dizioni *scienza e arte* e *arte e scienza* indicherebbero una priorità tutta presunta. Limitandosi al comparto delle interazioni tra letteratura e scienza, ma gli argomenti hanno una validità più generale, il problema può essere impostato partendo da un'opinione di Ernst Mach (1838-1916), fisico, storico della scienza e filosofo (Mach, 1982), che è stata poi ripresa e approfondita da altri (Moser, 1989). Il punto di partenza vede un'origine comune per la letteratura e la scienza nell'ipotesi, nell'esperimento pensato (*gedankenexperiment*), come operazione mentale primigenia che poi, come mostrato nello schema della Figura 2.2, si sviluppa asimmetricamente, nella scienza verso l'esperimento scientifico reale, che deve sottostare alle condizioni controllate e determinate di una realtà materiale definita, e nella letteratura verso una descrizione della realtà completamente libera da vincoli. Questo si rifletterebbe nel linguaggio (Huxley, 1963) che nella scienza vuole una cautela verbale e il rigore di dire una sola cosa alla volta senza l'immaginazione pro-

pria della narrativa. Nella descrizione scientifica non ci sarebbe più spazio per la speculazione e per il racconto di fatti ipotetici e non provati.

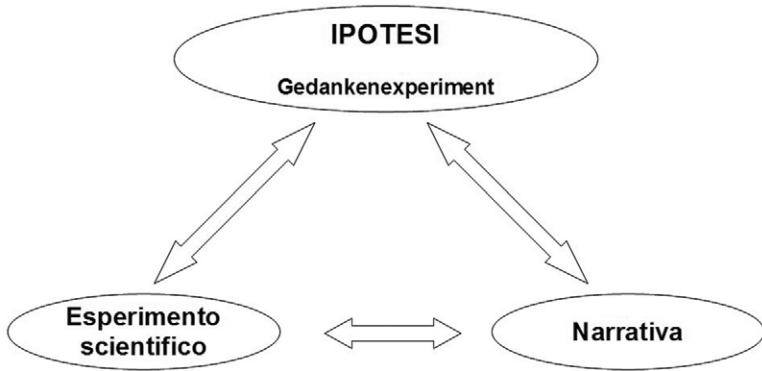


Figura 2.2: Schema generale del processo conoscitivo nella scienza e nella letteratura.

Secondo questo punto di vista, i modi di procedere della scienza e della letteratura sembrano divergere partendo dall'operazione mentale originaria. Ma una ricomposizione e un interscambio si ripropongono su varie linee. Infatti, la narrativa può estendersi a comprendere l'esperimento scientifico come una storia da raccontare, oppure la narrativa può a sua volta svilupparsi in una prospettiva sperimentale, secondo canoni eventualmente mutuati dalla scienza stessa, o, infine, il linguaggio della letteratura può porsi esso stesso come esperimento. Si tratta di concetti generali che trovano una continua concretizzazione nella letteratura. Alcuni di questi temi sono stati discussi da Aldous Huxley (Huxley, 1963) che ha affermato che la scienza è così im-

portante da richiedere l'attenzione di scrittori e poeti con la sua cornucopia di nuovi materiali per l'arte e cerca di illuminare le differenze tra scienza e arte trovando un confine nella diversità dei linguaggi.

Tuttavia, bisogna notare che in questa concezione l'esperimento scientifico è considerato in modo troppo schematico e monolitico. Dobbiamo in primo luogo rifarci all'osservazione di Dimitri Mendeleev, il padre della tavola periodica degli elementi, sul ruolo dell'immaginazione nel lavoro dello scienziato, un ruolo su cui torneremo più volte nel seguito:

Come, nell'immaginazione di Dante, l'aria invisibile si affolla di esseri spirituali, così, davanti agli occhi del più attento ricercatore, e specialmente davanti agli occhi di Clerk Maxwell, la massa invisibile dei gas si popola di particelle.

A parte questo, l'esperimento scientifico reale vuole interrogare la natura ma il risultato sarà condizionato da come la domanda viene posta (con quali strumenti, in quali condizioni) e la risposta sarà spesso, a sua volta, fonte di ulteriori domande. E anche quando tutto sembra chiaro, sappiamo che i modelli e le teorie emergenti possono sempre essere rimessi in discussione da nuove interpretazioni o da nuovi e più sofisticati esperimenti. Nella *Vita di Galileo* (Brecht, 1998) Bertold Brecht fa dire a Galileo: «E quello che troviamo oggi, domani lo cancelleremo dalla lavagna». Vediamo quindi che, anche accettando la cautela verbale che Aldous Huxley ritiene necessaria, il risultato dell'esperimento scientifico può spesso condurci a una struttura ancora aperta, mettendo in attesa la presunta rigidità del linguaggio della scienza rispetto alla assoluta libertà del linguaggio della letteratura.

La convergenza tra scienza e arte interviene in termini generali anche su un altro versante. La concezione che la scienza abbia un valore pratico per il progresso dell'umanità e per la conoscenza della natura e dell'ambiente può essere estesa anche all'arte. Secondo il punto di vista di molti, anche la letteratura si muove nella direzione di esplorazione del comportamento umano e di cambiamento della natura. Questo è esemplificato nel *teatro sperimentale* di Bertold Brecht in cui si allude alla prospettiva che, non solo l'autore, ma anche lo spettatore sia un grande trasformatore, capace di intervenire nei processi naturali e sociali: lo spettatore non dovrà più semplicemente accettare il mondo come è, ma deve dominarlo e trasformarlo. È una attitudine assai simile a quella che tradizionalmente si attribuisce alla scienza.

A più di mezzo secolo dalla pubblicazione del libro di Snow il rapporto tra cultura scientifica e umanistica è tuttavia abbastanza cambiato anche se la cesura da lui denunciata non è stata del tutto ricucita. Certamente il pensiero e il lascito dei grandi personaggi che sono stati protagonisti della storia culturale dell'occidente sono stati molto chiari. Già Platone aveva ammirato la bellezza formale dei poliedri regolari con tutte le facce eguali, convinto che sul piano conoscitivo essi facessero da tramite tra il disordine degli oggetti del mondo fisico e la perfezione del mondo iperuranio. In particolare, Platone fu attratto dalla bellezza simmetrica dei cristalli di pirite, molto diffusi nella Magna Grecia, largamente apprezzati dai Pitagorici che ne formalizzarono l'aspetto geometrico definendo il dodecaedro, poliedro ad alta simmetria, avente come facce pentagoni regolari. Questo solido fu adottato da Platone nel *Timeo* (Platone, 2003) per descrivere la forma dell'universo. Le suggestive regolarità dei cinque poliedri regolari, che da Platone presero il nome di solidi platonici, rappresentavano quindi la bellezza assoluta delle simmetrie formali che la geometria tridimensionale riesce a realizzare creando poliedri con tutte le facce identiche, cioè formate dagli stessi poligoni regolari, triangoli equilateri, quadrati e pentagoni, come Platone scrisse in toni entusiastici nel *Filebo* (Platone, 1995):

Ciò che io intendo per bellezza delle forme non è come intenderebbe il volgo ad esempio la bellezza dei corpi viventi, o la loro riproduzione a mezzo del disegno. Io intendo le linee rette e curve, le superfici ed i solidi, che derivano dalla retta e dal cerchio, con l'ausilio del compasso, della riga e della squadra. Poiché queste forme non sono belle come altre, a certe condizioni, ma sempre belle in sé, per natura, e sono fonte di particolarissimi piaceri.

Questa visione della bellezza formale degli oggetti geometrici e della importanza di una conoscenza unitaria della natura che ci circonda e della natura interna è stato un motivo ricorrente nei filosofi, negli scienziati e negli artisti fino ai nostri giorni. Lucrezio, il primo cantore delle trasformazioni della materia (Lucrezio, 1969), dice:

Ma niente è più bello dei templi sereni
edificati dai saggi, delle altezze ben munite
della sapienza, e dominarle

Jacobus Henricus van't Hoff, nella lezione inaugurale *Verbeeldingskracht in der Wetenschap* (Il potere dell'immaginazione nella scienza) tenuta il 10 novembre 1878 alla Reichsuniversität di Amsterdam in occasione della sua nomina a professore di chimica-fisica, difese il ruolo dell'immaginazione nell'indagine scientifica, presentando una serie di esempi che dimostravano come molti scienziati famosi avessero sviluppato la capacità di visualizzare nella loro ricerca le proprietà di oggetti immaginati senza averli mai visti. Van't Hoff stesso era divenuto famoso perché aveva visto con gli occhi della mente che un atomo di carbonio ha quattro valenze orientate ai vertici di un tetraedro, aprendo così la strada alla stereochimica, a una visione cioè tridimensionale della struttura molecolare che è alla base di tutta la chimica moderna. La bellezza delle strutture tridimensionali delle proteine, l'incredibile gioco spaziale della spirale elicoidale del DNA, la stupenda simmetria del fullerene, molecola disegnata nello spazio da esagoni e pentagoni di atomi di carbonio, fanno ormai parte della nostra cultura di ogni giorno che si è così arricchita di una spettacolare estetica del mondo invisibile.

È ormai opinione largamente diffusa nel mondo scientifico l'idea che nell'atto creativo l'artista e lo scienziato procedano entrambi a un processo di decodificazione e a una successiva ricomposizione della realtà che osservano. Secondo questa visione, il processo di decodificazione e ricomposizione dell'osservazione si ripete continuamente non solo per lo spettatore che osserva l'opera d'arte e la rivive in modo personale e originale, andando addirittura oltre l'ispirazione originaria dell'artista, ma anche per il lettore di testi scientifici che nella sua mente rielabora e assimila teorie scientifiche e risultati sperimentali. È evidente in questo approccio la stretta analogia metodologica tra l'artista e lo scienziato, il quale pure procede per decodificazione della realtà attraverso l'analisi, come premessa a una sintesi e rielaborazione che si esprimono con teorie e modelli scientifici. Come l'opera dell'artista vive un'esperienza dinamica attraverso la ricorrente presa di coscienza dello spettatore, analogamente la teoria scientifica ha una natura dinamica in quanto successivi esperimenti possono continuamente rimetterla in discussione. Vediamo quindi che sia l'arte che la scienza offrono strumenti per studiare la realtà interiore o esteriore, guardando a oggetti, situazioni e cercando correlazioni e interpretazioni, in un ideale parallelismo tra studio dell'artista e laboratorio dello scienziato. Questo concetto è mirabilmente espresso da Picasso che dice:

Lo studio del pittore dovrebbe essere un laboratorio. Lì uno non fa scienza come una scimmia ma inventa. La pittura è un'attività della mente.

In questo senso la ricerca di assonanze, collegamenti, denominatori comuni tra arte e scienza (e chimica) non appare una pretesa ma una naturale conseguenza di comunanze di metodo e di finalità.

È interessante osservare che le comuni definizioni di arte sembrano porre l'accento sul carattere creativo, spontaneo o in libertà dell'esperienza dell'artista. L'inventiva, l'estro, la genialità sono dei caratteri importanti dell'espressione artistica, ma bisogna riflettere sul fatto che molti artisti nel descrivere il loro lavoro pongono l'accento su un preliminare lavoro di ricerca che ha portato a definire il loro modo di porsi davanti alla realtà. E questo ricorre non solo per un pittore, ad esempio, che deve comunque fare una ricerca sulle proprietà dei materiali con i quali si vuole esprimere, ma in maniera più generale. Anche questo costituisce un parallelismo tra le attività dello scienziato e dell'artista.

2.3 Il linguaggio della scienza

Abbiamo prima accennato al problema del linguaggio della scienza e alla sua diversificazione dal linguaggio poetico e letterario e dal linguaggio comune. Numerosi aspetti di questo problema sono stati discussi da Battistini (Battistini, 1977). È un problema centrale, sul quale avremo modo di ritornare in seguito, ma è ora opportuno indugiare su alcune considerazioni generali. Il rinnovamento del linguaggio è esigenza che è stata posta fin dall'inizio della rivoluzione galileiana e muove da due convergenti motivazioni. Da un lato il rigore delle dimostrazioni e delle illustrazioni dei fatti naturali richiede un linguaggio preciso ed essenziale che rifugga dagli artifici della retorica, per concentrarsi su una descrizione di fatti che abbia una validità generale. Dall'altro, compare la necessità che la conoscenza dei fatti naturali e delle loro potenziali applicazioni assuma un carattere pubblico diventando patrimonio di un'udienza più vasta, oltre il cerchio degli specialisti. Paladina del rinnovamento del linguaggio della scienza, della filosofia naturale, è stata la Royal Society, fondata nel 1662, che pose la questione del linguaggio della scienza tra i suoi impegni statutari. Thomas Sprat (1636-1713), membro e pri-

mo storico della Society, nella sua *History of the Royal Society* (Sprat, 2003) dà voce a questa ambizione. Egli afferma che è una grave contaminazione rivestire le frasi della filosofia sperimentale con i modi della poesia e che la conoscenza della natura deve essere liberata dai colori della retorica:

Da tutti gli studi umanistici niente può essere subito ottenuto oltre questa cattiva ridondanza della frase, l'artificio della metafora e la volubilità della lingua che origina una grande confusione nel mondo.

La Royal Society ha cercato di porre rimedio a questo con:

una costante determinazione di rifiutare tutte le amplificazioni, le digressioni e le esagerazioni dello stile: con lo scopo di un ritorno alla primitiva purezza e concisione, quando gli uomini esprimevano così tante cose quasi con un ugual numero di parole. [La Royal Society] ha richiesto da parte di tutti i suoi membri un modo di parlare chiuso, nudo e naturale [...] preferendo il linguaggio degli artigiani, dei contadini e dei mercanti piuttosto che quello dei dotti.

Forse non è superfluo ricordare che i tempi in cui Sprat scrive sono ancora quelli della poetica barocca caratterizzata dall'uso di espressioni stravaganti ed eccessive, poetica che Giovan Battista Marino sintetizza nel verso: «È del poeta il fin la meraviglia».

Il programma della Royal Society si attuò rapidamente, proiettando la scienza verso una forma di sapere oggettivo che non ha bisogno di una specifica mediazione linguistica da parte dell'autore. In questo modo, il linguaggio della scienza assume un carattere impersonale in cui parole della lingua comune o letteraria assumono significati sempre più delimitati, trasformandosi in termini tecnici e, contemporaneamente, nuovi termini vengono coniati o importati da altre lingue o dal gergo dei mestieri e delle arti. Lo scenario che si crea è, quindi, quello di una divaricazione del linguaggio della scienza da quello dell'arte in cui il primo ha un carattere denotativo (designativo e conoscitivo) mentre l'altro ha invece un carattere descrittivo (connotativo e non conoscitivo).

Questo schema di ragionamento è certamente corretto ma troppo astratto, nel senso che tra un linguaggio perfettamente denotativo e uno perfettamente descrittivo c'è la possibilità, senza soluzione di continuità, di una serie

infinità di linguaggi con carattere intermedio, tra cui andrà compreso il linguaggio comune. In effetti, si è verificato che gli scrittori, non solo quelli che hanno esplorato e descritto i fatti, le teorie e le implicazioni delle scoperte scientifiche, hanno risentito del processo di rinnovamento e semplificazione del linguaggio indotto dalla scienza. D'altro canto, la necessità di trasmettere la scienza e le sue innovazioni rendendole accettabili dal più vasto pubblico ha richiesto agli scienziati una presentazione persuasiva delle loro scoperte, impossibile con un linguaggio puramente denotativo da specialisti, se non da iniziati. Questo atteggiamento è stato espresso esplicitamente da grandi scienziati.

John Tyndall proietta il ruolo della immaginazione dello scienziato, già menzionata in una sua precedente citazione (Tyndall, 1872), nella dimensione del linguaggio:

Volevo, se possibile, condurvi oltre la scena dei sensi e mostrarvi i meccanismi nascosti dei fenomeni ottici. Credo che sia giusto per uno scienziato rendere quelli a cui si rivolge partecipi del suo pensiero. Per liberare la sua mente, in prima istanza, da ogni dubbio e vaghezza e poi proiettare nel linguaggio – che non deve lasciare dubbi riguardo al suo significato – la idea definita che si è formato. Penso che molto sia possibile fare con una tale esposizione della scienza [...] scoprire in qualche modo le cose invisibili della natura. [...] La scienza avrà da guadagnare dalla simpatia pubblica così prodotta. [TdA]

Michael Faraday (1791-1868), grande chimico e fisico, che è stato anche presidente della Royal Society, ha studiato tra l'altro i fenomeni dell'elettricità e del magnetismo, interpretando le interazioni elettriche a distanza con l'idea delle linee di forza. Le linee di forza non si potranno mai osservare ma possono essere visualizzate attraverso la disposizione delle particelle di una polvere di ferro intorno ai poli di un magnete. Nella introduzione a *Experimental Researches in electricity* (Faraday, 1965) Faraday descrive l'idea delle linee di forza, precisando, per fare questo, di voler abbandonare temporaneamente una linea di ragionamento rigoroso per entrare in speculazioni riguardo alla natura delle linee di forza. Egli sostiene che il ricorso a speculazioni è una esigenza anche nello studio di altri fenomeni naturali e che non bisogna pensare che tali speculazioni siano inutili o dannose nella scienza. E precisa ulteriormente:

Esse [le speculazioni] devono sempre essere prese con beneficio di dubbio, e passibili di errore o cambiamento, ma sono meravigliosi aiuti nelle mani di uno sperimentale o di un matematico. Perché non solo servono a dare concretezza a un'idea vaga, conferendole qualcosa come una forma definita, ma possono, per deduzione e correzione, portare alla scoperta di nuovi fenomeni e produrre un avanzamento della verità fisica reale che, al contrario della ipotesi originale, diviene una conoscenza fondamentale certa. [TdA]

Nella concezione di Michael Faraday il ruolo dell'immaginazione nel lavoro dello scienziato va ben oltre l'aspetto della descrizione dei fatti ed altrove (Maxwell, 2001) egli dice:

Difficilmente puoi immaginare come io mi stia sforzando ad esercitare le mie idee poetiche proprio ora per scoprire analogie e remote immagini nel rispetto della terra, del sole e di ogni sorta di cose perché io penso che questo sia il vero modo (corretto dal nostro giudizio) per arrivare a una scoperta. [TdA]

Vediamo, quindi, che nel modo di pensare degli scienziati il racconto della scienza riacquista una dimensione narrativa che non contraddice il rigore richiesto dalle leggi naturali. Vale forse la pena ricordare che Italo Calvino ha definito Galileo il più grande scrittore della lingua italiana. Nel caso della chimica è lecito pensare che la struttura narrativa della disciplina sia stata ereditata dell'alchimia, di cui parleremo nel prossimo capitolo, che aveva un carattere intrinsecamente narrativo, almeno nel senso che le sostanze oggetto di interesse e le operazioni di laboratorio associate avevano una denominazione fantasiosa e comunque variabile a seconda dei vari alchimisti. Tracce di questa origine narrativa sono rimaste nel discorso della chimica come scienza moderna e, talora, anche nel linguaggio comune. Per meglio illustrare il punto possiamo considerare alcuni tra i più famosi esempi in cui questa dimensione narrativa della scienza è evidente.

Il secondo principio della termodinamica stabilisce l'impossibilità di un flusso spontaneo di calore da un corpo più freddo a uno più caldo senza spendere energia. Per lo stesso principio, in un recipiente contenente un gas, e che non possa cambiare volume o scambiare energia con l'ambiente esterno, la temperatura è uniforme e costante e non si può creare spontaneamente

un dislivello di temperatura al suo interno. Per illustrare questa impossibilità Maxwell (Maxwell, 2001) inventa una struttura puramente narrativa. Il gas è costituito da particelle, molecole o atomi, che nel recipiente si muovono in maniera disordinata, in tutte le direzioni e con tutte le velocità possibili, scontrandosi continuamente tra loro, a coppie, scambiando durante gli urti le velocità e le loro direzioni. La velocità media delle molecole è costante e determina la temperatura del sistema. Tuttavia, le velocità istantanee delle molecole hanno una distribuzione, alcune sono velocissime, altre molto lente e gruppi più consistenti hanno velocità prossime al valore medio.

Maxwell invita il suo lettore a immaginare che il contenitore del gas sia diviso nei comparti A e B con una stretta apertura tra i due, come mostrato nella Figura 2.3. Davanti alla apertura è posto un essere immaginario, il *demone di Maxwell*, dotato di capacità straordinarie. È capace, cosa impossibile per noi, di riconoscere la velocità delle singole molecole e, appostato davanti all'apertura, forse dotato di una racchetta, respinge le molecole veloci che tentano di passare da A a B e fa passare liberamente le molecole veloci da B ad A, senza modificarne le velocità e, quindi, senza spendere energia. Quando il diavolo di Maxwell avrà completato il suo lavoro, nel comparto A si saranno concentrate le molecole più veloci e si sarà generata una temperatura elevata mentre nel comparto B, con le molecole lente, si sarà generata una temperatura più bassa. Ma questo risultato è precluso per noi che non possiamo riconoscere la velocità delle singole molecole ed abbiamo solo una conoscenza statistica del sistema.

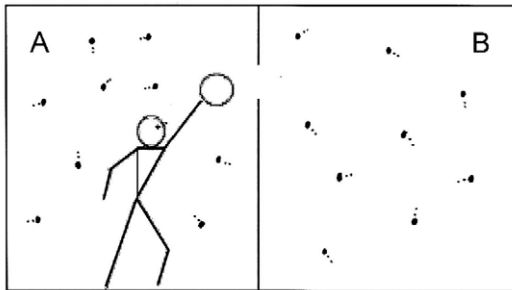


Figura 2.3: Il diavolo di Maxwell al lavoro.

Il diavolo di Maxwell è una meravigliosa invenzione narrativa che, senza l'ausilio del rigore della matematica e della meccanica statistica, serve per illustrare il principio di dissipazione dell'energia per cui, all'equilibrio, e qualunque sia la condizione iniziale, la temperatura dovrà essere uniforme in tutto il recipiente. Altrimenti, come fa il diavolo di Maxwell, potremmo creare liberamente energia. Come commenta William Thomson (Lord Kelvin) (Thomson, 2009) l'idea puramente meccanica del diavolo di Maxwell è di grande ausilio nella scienza fisica pura.

È interessante, come struttura narrativa della scienza, il famoso esperimento pensato del gatto di Schroedinger, ideato per spiegare il concetto fondamentale della meccanica quantistica della sovrapposizione degli stati secondo l'interpretazione della scuola di Copenhagen. Quando per un sistema microscopico (elettroni, atomi, fotoni) sono possibili stati diversi, esso è in una condizione di sovrapposizione, cioè esiste simultaneamente in ognuno degli stati possibili con una definita probabilità per ciascuno di essi. La situazione si risolve quando viene eseguita una determinazione sperimentale che localizzerà il sistema in uno degli stati possibili. Nell'esperimento pensato di Schroedinger un gatto viene posto in una scatola chiusa ermeticamente nella quale si trova un contatore Geiger contenente una piccolissima quantità di sostanza radioattiva. Nel corso di un'ora un atomo della sostanza radioattiva si potrà disintegrare con una probabilità del 50 per cento. Se l'atomo si disintegra il contatore Geiger registrerà un segnale che manderà un impulso a un martelletto e questo romperà una fiala contenente acido cianidrico. L'acido cianidrico provocherà la morte del gatto.

Dopo un'ora di attesa ci saranno due stati possibili per il sistema costituito dal gatto e dall'atomo radioattivo. Se l'atomo si è disintegrato, la fiala con l'acido cianidrico si sarà rotta e il gatto sarà morto. Se l'atomo non si è disintegrato il gatto sarà ancora vivo. La sovrapposizione di stati, ognuno dei quali ha la probabilità del 50 per cento, e il dilemma si risolveranno quando Schroedinger, l'osservatore, completerà l'esperimento aprendo la scatola. L'ingegnoso esperimento pensato, che può essere variamente interpretato, illustra importanti concetti della meccanica quantistica nella forma del racconto, andando oltre il complesso formalismo della fisica quantistica. Naturalmente, la trasposizione nel racconto dei concetti della meccanica quantistica dal mondo microscopico degli atomi a quello macroscopico conduce anche a una situazione paradossale.

Se da un lato gli scienziati hanno da sempre rivendicato il ruolo dell'immaginazione e dell'intuizione, oltre che nei procedimenti fondamentali della ricerca, anche nella struttura del linguaggio della scienza, e non solo a fini di divulgazione, dall'altro molti letterati e artisti, o interi movimenti culturali, hanno considerato i linguaggi della letteratura e dell'arte come esperimenti dei quali l'artista è il protagonista. Italo Calvino può essere considerato un esponente esemplare di queste tendenze che egli espone in maniera esplicita in *Cibernetica e fantasmi*, un saggio-conferenza del 1968 (Calvino, 2013) che, significativamente, ha per sottotitolo *Appunti sulla narrativa come processo combinatorio* e che, nella versione francese, è stato intitolato *La Machine Littérature* [La macchina letteratura]. Il discorso di Calvino inizia dall'analisi dell'origine e della struttura delle prime narrazioni umane e delle fiabe, che appaiono come varianti di un unico archetipo e sono scomponibili in una serie finita (anche se ampia) di parole o funzioni narrative elementari dalle cui permutazioni è possibile generare un numero illimitato di configurazioni; in maniera inaspettata e sorprendente queste permutazioni assumono nuovi significati e valori mitopoietici. Calvino estende questa visione alla letteratura e, più in generale, ai modi di esprimere il pensiero umano, nei quali egli riconosce un'intrinseca discontinuità, che consiste in fondamenti discreti (in senso matematico), in componenti che si possono scomporre e poi ricomporre secondo canoni combinatori (Bucciantini, 2003; Antonello, 2005; Aragona, 2008; Petrucciani, 1978).

Il discorso di Calvino va oltre le teorie estetiche della poesia come ispirazione, intuizione pura, per chiedersi come si arrivi concretamente alla pagina scritta, cosa che per Calvino avviene attraverso: «un'ostinata serie di tentativi di far stare una parola dietro l'altra seguendo regole» definite o estrapolabili da altri esperimenti o di nuova invenzione. Calvino spinge questo concetto all'estremo arrivando a immaginare lo scrittore come una macchina scrivente:

Lo scrittore quale è stato finora, già è macchina scrivente, [...] quello che la terminologia romantica chiamava genio o talento o ispirazione o intuizione, non è altro che il trovare la strada empiricamente, a naso tagliando per scorciatoie, là dove la macchina seguirebbe un cammino sistematico e coscienzioso, ancorché velocissimo e simultaneamente plurimo.

e trovando il momento fondamentale della letteratura nella lettura:

Scompaia dunque l'autore – questo enfant *gâté* dell'inconsapevolezza – per lasciare il suo posto a un uomo più cosciente, che saprà che l'autore è una macchina e saprà come questa macchina funziona.

Del resto, nell'introduzione a *Una pietra sopra* (Calvino, 2013) Calvino ribadisce l'idea del ruolo centrale del lettore:

Non voglio imporre una direzione di lettura unica: se ci sarà chi riceverà dal libro un'altra vicenda, non ha che da proporre la sua tesi e dimostrarla.

In un differente contesto il ruolo centrale del lettore e la morte dell'autore sono stati discussi anche da Roland Barthes (Barthes, 1988).

L'idea di un computer capace di replicare in maniera credibile l'attività di scrittura di un essere umano la ritroviamo nel racconto *Il versificatore* di Primo Levi (Levi, 2005). Un poeta, che per fini commerciali scrive su commissione, oberato dal lavoro si convince infine ad acquistare una macchina, il versificatore appunto, che scriverà per lui una volta che le avrà fornito le necessarie istruzioni e i dati di ingresso (l'argomento, il registro, la forma metrica, la determinazione temporale). Il poeta alla fine rimane entusiasta della macchina scrivente e conclude il racconto, che è nella forma teatrale, scrivendo: «Il testo che avete ascoltato, ad esempio, è stato scritto da lui [il versificatore]».

La letteratura è così vista come un gioco combinatorio su un dato materiale espressivo, con una sua logica interna dettata anche da vincoli che l'autore si autoimpone. Per una ampia bibliografia sulla letteratura combinatoria si può consultare on line la tesi di A. Martines *La letteratura combinatoria* (<http://www.geocities.com/athens/olympus/6043/>, 5 giugno 2014). Interessante anche il sito *Permutationen* di Cramen Florian. In questo contesto l'autore agisce come un esploratore che seleziona e cattura, tra gli infiniti percorsi possibili, quello che rivela un significato poetico inatteso. L'idea della scrittura e dell'espressione letteraria come esperimento e processo combinatorio non è nuova e ha una lunga storia. Licofrone, poeta tragico alessandrino, maestro della metafora e dell'anagramma, può essere considerato l'iniziatore, il primo a dare valenza letteraria al processo combinatorio della scrittura.

La scrittura e l'espressione letteraria come esperimenti combinatori hanno costituito il canone di base, negli anni Sessanta, del movimento francese dell'OULIPO (*OUvrier de Littérature POTentiel*, Opificio di letteratura potenziale), chiamato appunto opificio per denotarne il carattere sperimentale, al quale Calvino aderì (Menabou, 2008; Roubaud, 2008). Ma gli antecedenti, che gli aderenti all'OULIPO chiamavano plagi ante litteram, sono stati molteplici. Il poeta barocco tedesco Georg Philipp Harsdorffer (1607-1658) ha scritto il seguente distico:

Ernst, Kunst, Geld, Guth, Lob, Weib und Kind
Man hat, sucht, Fehlt, hofft und werschwind³.

È una *poesia proteiforme*: le permutazioni possibili di tutte le parole del distico generano 39916800 distici senza che cambi il significato primario. Un chiaro precursore dell'OULIPO è stato, all'inizio del 1900, Raymond Rousel. Nel suo *Comment j'ai écrit certains de mes livres* (Come ho scritto alcuni dei miei libri) spiega il procedimento con cui scriveva i suoi testi: sceglieva due parole simili ma con significati diversi (ad es. *Billard*, biliardo e *pillard*, predone) a cui aggiungeva altre parole uguali ma con diversi significati, per costruire due frasi come, ad esempio:

Le lettres du blanc sur les bandes du vieux billard⁴.

e

Le lettres du blanc sur le bandes du vieux pillard⁵.

Il racconto doveva obbedire al vincolo di iniziare con la prima frase e terminare con la seconda. Ma questo vincolo non pone limiti alla fantasia e all'immaginazione dello scrittore.

Un esponente di spicco dell'OULIPO è stato George Perec (1936-1985). Tra le sue opere possiamo citare un lipogramma di 300 pagine, costituito da una prima parte (*La scomparsa*) in cui non è utilizzata la vocale *e* e da una seconda parte (*Le ripetizioni*) in cui invece viene utilizzata solo la vocale *e*. In *Ulcerations*, parola costituita dalle 11 lettere più frequenti nel francese

³ Onore, arte, oro, bene, amore, donna e bambino / l'uomo li ha cercati, sentiti, sperati e perduti.

⁴ Le lettere tracciate col gesso bianco sulle sponde del vecchio biliardo.

⁵ Le missive inviate dall'uomo bianco a proposito delle orde del vecchio predone.

scritto, viene utilizzato un calcolatore per generare tutte le permutazioni di queste undici lettere: tra queste vengono selezionate 399 permutazioni che generano versi liberi con un significato compiuto. Perec è anche autore di *9691*, il più lungo testo letterario, costituito da circa 5000 lettere, palindromo, cioè costituito da una successione simmetrica del tipo abcde [. . .] edcba.

Un mirabile esempio della molteplicità delle forme espressive possibili lo troviamo negli *Esercizi di stile* (Queneau, 1983) di Raymond Queneau in cui si racconta un evento del tutto banale. Il narratore viaggia su un autobus della linea S di Parigi e vede un viaggiatore che si spintona con un altro nella calca per poi rapidamente catturare un posto libero. Successivamente, il narratore rivede lo stesso viaggiatore in un altro punto della città. Questa banale vicenda viene raccontata in 99 modi secondo canoni del tutto diversi tra loro, in tutti gli stili della retorica, della letteratura, della comunicazione ecc., a dimostrazione dell'ineusabile molteplicità dei modi espressivi possibili per uno stesso contenuto: il linguaggio come una infinita matrice espressiva entro la quale selezionare.

Un'opera sperimentale, mirabile esempio di *letteratura combinatoria*, è *Cent mille milliards de poèmes* (Centomila miliardi di poesie) di Raymond Queneau (Queneau, 1961). L'opera è costituita da 10 sonetti ognuno di 14 versi. I sonetti sono costruiti con le stesse rime e con una struttura grammaticale tale da rendere i versi intercambiabili: il verso n-simo di un sonetto può essere preso come verso n-simo di tutti gli altri possibili sonetti. Le quartine sono costituite da 40 parole diverse, e le terzine da venti parole diverse. Con gli scambi tra i versi si possono generare 10^{14} , cioè centomila miliardi di diversi sonetti. Nel sito <http://www.parole.tv/cento.asp> è possibile generare tutta questa miriade di sonetti. Ad esempio, i sonetti n. 1345000000001 (I) e 4369810000001 (II) sono i seguenti:

I

Le cheval Parthénon s'énerve sur sa frise
pour consommer un thé puis des petits gâteaux
une toge il portait qui n'était pas de mise
il ne trouve aussi sec qu'un sac de vieux fayots
Je me souviens encor de cette heure exeuquise
les gauchos dans la plaine agitaient leurs drapeaux
nous avons aussi froids que nus sur la banquise

lorsque pour nous distraire y plantions nos tréteaux
Du pôle à Rosario fait une belle trotte
aventures on eut qui s'y pique s'y frotte
lorsqu'on boit du maté l'on devient argentin
L'Amérique du Sud séduit les équivoques
exaltent l'espagnol les oreilles baroques
si la cloche se tait et son terlintintin

II

Du jeune avantageux la nymphe était éprise
pour consommer un thé puis des petits gâteaux
la critique lucide aperçoit ce qu'il vise
et tout vient signifier la fin des haricots
Du voisin le Papou suçote l'apophyse
du client londonien où s'ébattent les beaux
nous avons aussi froids que nus sur la banquise
lorsque pour nous distraire y plantions nos tréteaux
Du pôle à Rosario fait une belle trotte
aventures on eut qui s'y pique s'y frotte
lorsqu'on boit du maté l'on devient argentin
L'Amérique du Sud séduit les équivoques
exaltent l'espagnol les oreilles baroques
si la cloche se tait et son terlintintin

Si vede che alcuni versi sono uguali mentre altri sono completamente diversi, pur mantenendo il sonetto un suo significato.

Nell'introduzione a *Segni, cifre e lettere e altri saggi* Queneau (Queneau, 1981) scrive che, supponendo che siano necessari 45 secondi per leggere un sonetto, leggendo tutta la giornata per 365 giorni all'anno sarebbero necessari 190258751 anni (senza calcolare gli anni bisestili) per leggere tutti i possibili sonetti generati dai dieci sonetti iniziali. La letteratura combinatoria è la terra promessa, l'Eldorado della scrittura. Il lettore allora diventa il protagonista assoluto, immerso in un territorio in cui può smontare e rimontare a suo piacimento, seguendo regole prefissate, le tessere del racconto: il suo non è più solo un lavoro di immaginazione e di interpretazione ma è so-

prattutto un lavoro di costruzione della narrazione. Ad ogni lettore il suo romanzo.

In termini generali il concetto sottinteso a questa macchina fabbricatrice di poesie è che, anche se la poesia è ben altro che una semplice giustapposizione di versi, non c'è motivo perché un *bel verso* debba essere usato in una sola poesia e non possa dispiegare la sua bellezza e la sua armonia in una serie di poesie diverse.

L'opera di Queneau è un caso di combinatoria *esponenziale* ma ci sono altre regole combinatorie che offrono al lettore gradi di libertà più o meno estesi. Calvino è stato affascinato dalla letteratura combinatoria e *Il castello dei destini incrociati* (Calvino, 2014a) rientra in questa categoria. Un gruppo di viaggiatori si ritrova al termine di una lunga giornata di cammino in un castello nel bosco. Dopo aver cenato, i viaggiatori scoprono di avere tutti perso la parola, forse a causa di un sortilegio. Ciò nonostante vogliono tutti raccontare la loro storia. In successione, ognuno dei viaggiatori sceglie una carta dal mazzo dei Tarocchi Viscontei (tarocchi del XV secolo) che l'oste, o l'ospite, ha messo sul tavolo. La carta scelta, attraverso il suo simbolismo, identifica le caratteristiche del narratore. Ogni storia, tutta da interpretare, si dipana attraverso le carte che successivamente il narratore sceglie e dispone sulla tavola. Ma il significato di ogni carta è mutevole e dipende da quella che la precede e da quella che la segue. Quando tutti i dodici narratori avranno raccontato la loro storia, i tarocchi si troveranno disposti sulla tavola in un quadrato, una matrice nella quale si può scorrere da destra a sinistra e dall'alto in basso, o viceversa, ripercorrendo tutte le storie possibili. In questo modo, però, le storie raccontate e possibili si incrociano, perché finiscono per avere delle carte in comune. Da un numero finito di elementi, le carte dei tarocchi, è possibile costruire un numero illimitato di combinazioni e successioni e quindi di storie.

Una struttura matriciale è ancora alla base de *Le città invisibili* (Calvino, 2014b) di Calvino, un racconto che l'autore immagina fatto a poliedro con conclusioni dappertutto scritte lungo i suoi spigoli. Marco Polo viaggia negli sconfinati domini dell'impero di Kublai Kan e a ogni ritorno riferisce a Kublai Kan sulle città misteriose ed evanescenti che ha visitato. Alla fine della storia Marco Polo ha visitato 55 città, classificate in 11 categorie diverse (*città della memoria, città del desiderio, città dei segni* ecc.), cinque per ogni categoria. La struttura del racconto si può organizzare in una matrice

rettangolare di 11 righe e 15 colonne, come mostrato nella Figura 2.4, nella quale i contenuti delle varie storie sono disposti in una fascia diagonale della matrice⁶.

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | | | | | | | |
|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|-----------|-------|------|-------|-------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | Memoria | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | Desiderio | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | Segni | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | Sottili | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Scambi | | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Occhi | | | | | |
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Nome | | | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Morti | | | |
| | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Cielo | | |
| | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Continue | |
| | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Nascoste |

Figura 2.4: Strutturazione matriciale de *Le città invisibili*. I capitoli si sviluppano verticalmente (da I a IX) e da sinistra a destra. Ogni riga comprende le cinque città definite dal termine sulla estrema destra.

Il racconto si articola in nove capitoli; i capitoli I e IX contengono il rapporto su 10 città, gli altri capitoli il rapporto su 5 città. A esempio, come si vede dalla Figura 2.4, il capitolo V contiene, in ordine, storie de *Le città sottili*, *Le città e gli scambi*, *Le città e gli occhi*, *Le città e il nome*, *Le città e i morti*. Ogni capitolo ha quattro tipologie di città in comune con quello che lo precede e quattro con quello che lo segue. Guardando la matrice nella figura il racconto si sviluppa dall'alto verso il basso e da sinistra verso destra. A sua volta ogni capitolo è inquadrato tra un colloquio iniziale e uno finale tra Marco Polo e Kublai Kan. Anche se il libro ha questa struttura interna rigida, l'immaginazione e la fantasia dell'autore si muovono incuranti di questi vincoli.

⁶In linguaggio tecnico indicando con i e j una riga e una colonna della matrice, rispettivamente, vengono occupate le posizioni con i che va da 1 a 11 e con j che va da i a $i+4$. Ad esempio se $i = 4$ (cioè siamo nella quarta riga) sono occupate le posizioni delle colonne 4, 5, 6, 7 e 8.

Naturalmente la natura combinatoria della scrittura si presta a sconfinare nel gioco di parole:

Il procedimento della poesia e dell'arte [...] è analogo a quello del gioco di parole; è il piacere infantile del gioco combinatorio che spinge il pittore a sperimentare disposizioni di linee e colori e il poeta a sperimentare accostamenti di parole; a un certo punto scatta il dispositivo per cui una delle combinazioni ottenute seguendo il loro meccanismo autonomo [...] si carica di un significato inatteso o di un effetto impreveduto cui la coscienza non sarebbe arrivata autonomamente.

Ma questo è in qualche modo una dimostrazione delle infinite possibilità espressive che il linguaggio letterario così concepito possiede, possibilità che si manifestano anche quando lo scrittore decide di agire entro vincoli e restrizioni autoimposti. Un esempio lo troviamo in una curiosa poesia, *Aiuole per Queneau*, nella forma di lipogramma vocalico progressivo, dedicata da Calvino a Queneau:

Aiuole obliate gialle d'erba, sa
un cupo brusio smuovervi, allusione
ad altre estati, cetonia blu-violetta,
enunciando noumeni oscuri: tutto fu,
sarà ed è in circolo: dunque è sempre
presente nelle eterne senescenze
e effervescenze d'ere, nel serpente
d'etere, seme, cenere, erbe secche

Nei primi versi le cinque vocali compaiono inizialmente in un certo ordine e poi gradualmente scompaiono, a una a una, per ricomparire nello stesso ordine in cui sono scomparse: nei primi due versi la successione delle vocali è:

AIUOE OIAE IAE EA A
U UO UIO UOEI AUIOE

Nel terzo e quarto verso la successione delle vocali è come nel primo e nel secondo ma invertite, mentre nel quart'ultimo verso ogni vocale compare due volte di fila:

AA EE II OO UU EE EE

e, infine, gli ultimi tre versi contengono esclusivamente la vocale E.

Le possibilità permutative e commutative sono illimitate. Interessante, in questo ambito, è *Il Piccolo sillabario illustrato* di Calvino, un insieme di brevissimi testi costituiti dalla successione di cinque sillabe formate dalla stessa consonante e dalle cinque vocali in ordine; ogni testo ha una sua spiegazione di lettura che discende da una possibile storia. Ad esempio, il testo con la consonante S viene letto così: il protagonista si informa dal portiere di uno stabile se una donna che a lui interessa è in casa a un piano superiore; il portiere gli risponderà in senso positivo o negativo. Dopo numerose ripetizioni della domanda e della risposta il dialogo con il portiere si semplifica in modo estremo per diventare:

SA SE? SI, SO. SU!

Divertente in questo contesto un palindromo interlinguistico di Primo Levi in cui, invertendo la successione delle lettere, si passa da un testo inglese a un testo italiano con significati completamente diversi:

in arts it is repose to life | è filo teso per siti strani.

L'arte combinatoria della scrittura continua a esercitare un fascino irresistibile in molti contesti. In un concorso, *Scelte (im)possibili, strade parallele*, indetto dal Liceo Scientifico Fermi di Salò, è risultato vincitore Andrea Corradini con la seguente poesia palindroma costituita da una parola centrale, LEGGERE, preceduta da 46 parole e seguita dalle stesse 46 parole in ordine inverso. È quindi una poesia *centrosimmetrica* (da «Il venerdì di Repubblica», n. 1355, 7 marzo 2014):

Palindroma poesia, la quale sì, legger deve essere
in questo mondo pazzo;
tutto sembra, pesantemente,
affondar nell'oceano e sparire.
Invece, mondi vedendo
e volando, campi e colli,
ella passò e passò nuovamente.
Questa scelta fu possibile,

essendo parallele strade:
come sopra anche sotto.
Da *LEGGERE* da sotto, anche sopra,
come strade parallele.
Essendo possibile, fu scelta.
Questa nuovamente passò e passò
ella colli e monti, campi volando
e vedendo mondi invece sparire
e nell'oceano affondar pesantemente.
Sembra tutto pazzo, mondo questo in essere
Deve legger-si quale la poesia palindroma

Il gioco di parole può naturalmente sconfinare nel comico; ma questo per Calvino non costituisce una banalità o una limitazione, perché il comico, l'ironico, il grottesco che inaspettatamente emergono da una permutazione delle parole sono una dimostrazione di come con la combinatoria si possa uscire dalla limitatezza o dall'univocità di una rappresentazione:

Preferisco disporre intorno a me una congerie di elementi disparati e non saldati tra loro: le scienze della natura oltre alle scienze umane, l'astronomia e la cosmologia, il deduttivismo e la teoria dell'informazione. E non per caso, contemporaneamente all'esplorazione delle possibilità espressive dei linguaggi scientifici, sostengo la dimensione comica, grottesca dell'immaginazione.

Una traccia della struttura permutativa del linguaggio e dei legami con la scienza può già essere riconosciuta nel duplice significato della parola greca *stoicheion* che da un lato indica *lettera, parola* e dall'altro *elemento materiale* o atomo. Il processo combinatorio di accostamento di lettere o parole trova un'analogia nel processo combinatorio degli atomi a formare tutte le sostanze materiali, come già nella intuizione di Lucrezio che vedremo in un successivo capitolo.

Allargando il discorso oltre la dimensione combinatoria del linguaggio, Calvino adotta le possibilità di formalizzazione della scienza come principio di organizzazione della materia letteraria in una concezione della letteratura come processo conoscitivo:

Già l'atteggiamento scientifico e poetico coincidono: entrambi sono atteggiamenti insieme di ricerca e di progettazione, di scoperta e di

invenzione. [...] La via per rendere una la cultura del nostro tempo, altrimenti così divergente nei suoi discorsi specifici, è proprio in questo comune atteggiamento.

Per Calvino (Antonello, 2005) il linguaggio:

permette di avvicinarsi alle cose (presenti e assenti) con discrezione e attenzione e cautela, col rispetto di ciò che le cose (presenti o assenti) comunicano senza parole.

Come nell'articolazione del linguaggio il processo combinatorio fa emergere elementi di ordine o elementi poetici dalla marea informe delle infinite possibilità, così nel mondo naturale si osserva una successione continua di stati caotici dai quali può improvvisamente emergere un ordine, in un'alternanza perenne di stati di perfezione e stati indistinti (Porro, 2004). In *I cristalli* (Calvino, 2012) Qwfwq e la sua compagna Vug dialetticamente si confrontano tra l'ambizione di Qwfwq per un mondo ideale, come un unico cristallo infinito perfettamente definito, e la predilezione di Vug per le imperfezioni, le irregolarità dalle quali si sente attratta.

2.4 Singolari coincidenze

Un'analisi di ampio respiro delle assonanze e delle connessioni tra arte e scienza è stata fatta da A.I. Miller (Miller, 2001, 2004). Miller parte dalla coincidenza temporale (1905 e 1907), apparentemente fortuita, di due rivoluzioni culturali:

- La rivoluzione dell'arte figurativa introdotta da Picasso che, nel dipingere il famoso *Les Femmes d'Alger (O. J. R. M.)* (1907) e dare inizio al cubismo, sovverte la concezione dello spazio. Secondo Miller, Picasso realizza in questo modo un suo vero e proprio progetto di ricerca e riduce la rappresentazione delle forme a una rappresentazione geometrica nella quale non ci sono punti o sistemi di riferimento privilegiati. Nella rappresentazione dello spazio fisico, quindi, Picasso introduce un concetto di relatività che permette di far coesistere sulla tela una molteplicità di punti di vista e di approcci alla realtà.

- Con una «sorprendente» simultaneità temporale Albert Einstein pubblica su *Annalen der Physik* (17 (1905) 891-921) l'articolo *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sulla elettrodinamica dei corpi in movimento) con il quale generalizza la relatività galileiana stabilendo che non è possibile distinguere tra due sistemi che si muovono di moto rettilineo uniforme. Di conseguenza, non esistono sistemi spaziotemporalmente di riferimento privilegiati.

Vediamo, quindi, che contemporaneamente uno scienziato e un artista pervengono, rispettivamente nella dimensione del tempo e dello spazio, alla stessa concezione relativistica dell'assenza di simultaneità assolute. Per entrambi la nostra visione dei fenomeni è condizionata dalla molteplicità dei possibili punti di osservazione.

Miller si interroga sulla possibile pura casualità della coincidenza temporale delle scoperte di Einstein e Picasso e si chiede se questa coincidenza debba essere semplicemente attribuita ad un non ben definito spirito dei tempi che permeava la cultura del primo Novecento.

Steve Martin, attore, autore e musicista americano, in una commedia scritta e rappresentata nel 1993: *Picasso at the Lapin Agile* (Picasso al Coniglio Svelto), di cui in Figura 2.5 è mostrata una locandina, immagina che Picasso e Einstein si incontrino in un locale parigino, il *Lapin Agile* di Montmartre effettivamente frequentato da Picasso ai suoi tempi, nel 1904 alla vigilia delle loro grandi scoperte. Nella commedia Einstein e Picasso insieme ad altri personaggi, sono protagonisti di un dibattito sul valore del genio e del talento. Steve Martin vuole, con questa opera, porre l'accento sulle analogie del processo creativo e sul ruolo dell'immaginazione nella scienza e nell'arte.

In effetti, non esistono documenti che possano far pensare a un possibile incontro reale tra questi due personaggi. La tesi di Miller è tuttavia diversa. Miller sostiene che comunque ci sia stata una comune fonte di ispirazione che egli identifica nella nuova geometria di Poincaré e di Hilbert, alla quale Einstein aveva un accesso diretto come fisico mentre, Miller documenta, Picasso ne ebbe una conoscenza indiretta mediata dai matematici componenti del suo circolo culturale parigino. Generalizzando le conclusioni di Miller possiamo dire che esistono dei percorsi conoscitivi, delle linee di tendenza, a volte espliciti e riconoscibili e a volte oscuri e difficili da decifrare, che accomunano gli sviluppi e i cambiamenti della scienza e dell'arte.

Arte e scienza: i confini

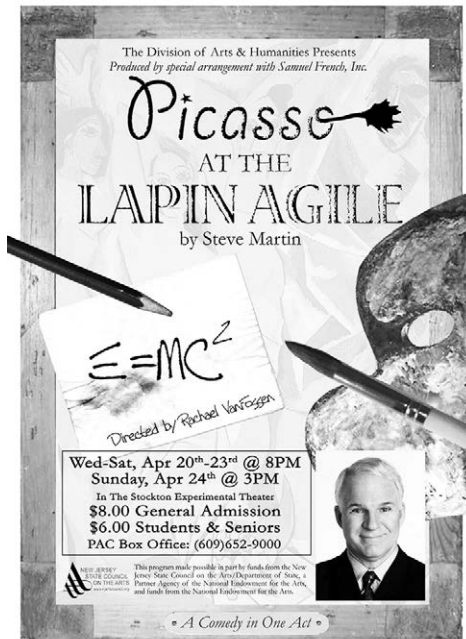


Figura 2.5: Manifesto di una rappresentazione di *Picasso at the Lapin Agile* di Steve Martin.

Ma forse è appropriato sintetizzare questi concetti con due citazioni, una di un artista (A. Salmon):

[le Demoiselles] sono dei problemi nudi, numeri bianchi sulla lavagna.
Viene posto il principio che

$$\text{pittura} = \text{equazione} \quad (2.1)$$

La pittura, quindi, diventa una scienza.

e una di uno scienziato (H. Poincaré):

Lo scienziato non studia la natura perché utile; la studia perché si com-
piace in essa e si compiace perché è bella.

Calvino sintetizza questi concetti scrivendo che:

Una vera opera d'arte, poema, statua, melodia, è una forma ideale che preesiste nelle possibilità della lingua, del marmo, delle note e che l'artista scopre come si scopre un teorema.

Partendo dalle considerazioni generali presentate sopra, in questo libro ci proponiamo di ricercare e identificare le aree di sovrapposizione, gli intrecci possibili, le comunanze metodologiche di approccio alla realtà tra chimica ed arte nelle sue varie manifestazioni e cioè nella pittura, nell'architettura e nell'elaborazione di strutture geometriche funzionali, nella letteratura e in particolare nella poesia, nella narrativa e nel teatro. Anche se la nostra attenzione sarà focalizzata sulla chimica, gli argomenti trattati hanno una valenza più ampia come discorso unitario delle interazioni tra arte e scienza in generale.

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

L'alchimia è stata un fenomeno complesso, con origini che affondano nella notte dei tempi (Bizzarri, 2004; Calvesi, 1986; Califano, 2010; Eliade, 1977, 2001; DiMaria, 2002; Picchi, 1979). Sotto certi aspetti l'alchimia è stata il precursore della chimica come scienza moderna ed è opportuno iniziare la nostra analisi specifica con uno sguardo a questi antecedenti in quanto ci sono nell'alchimia atteggiamenti, procedure, modi di dire stratificati in una lunga tradizione che non si sono cancellati del tutto nella chimica moderna, se non altro nella forma di allusioni.

L'alchimia, come alchimia operativa, è stata una protochimica che, pur senza il rigore della scienza moderna, è stata praticata da sperimentatori che hanno messo a punto procedure di laboratorio (calcinazione, distillazione, separazione e combinazione di sostanze, purificazione, scoperta di nuove sostanze) che, con infiniti perfezionamenti, si sono trasferite nella chimica moderna come patrimonio fattuale. È interessante, dal nostro punto di vista, che nell'alchimia la descrizione delle procedure e delle sostanze abbia avuto un carattere *fantastico*, con nomi e designazioni che non hanno una corrispondenza specifica con il mondo reale o caratteristiche propriamente denotative. Molto spesso le stesse sostanze o procedure sperimentali sono designate in modi alternativi. In questo modo il linguaggio dell'alchimia viene ad assumere una struttura intrinsecamente narrativa che, con la transizione verso la chimica moderna, non è stata completamente perduta.

L'immaginazione e la variabilità delle denominazioni sono, d'altra parte, la conseguenza della tradizione esoterica e mistica dell'alchimia, un sapere con caratteristiche iniziatiche che può essere rivelato solo a una ristretta cerchia di cultori capaci di comprenderne il significato profondo, oltre le righe, e che deve rimanere segreto per la gente comune. Solo chi conosce la *chiave di lettura* potrà comprendere i segreti di questa filosofia. L'aspetto più peculiare, e per noi di maggiore rilevanza, è che le trasformazioni della materia sono solo un momento di una più generale trasformazione della condizione umana verso uno stato originario di perfezione e rigenerazione: una concezione unitaria della natura e dei nostri processi conoscitivi.

3.1 La Grande Opera

Lasciando da parte tutte le pratiche chimiche o protochimiche sviluppate dagli alchimisti nel corso dei secoli, consideriamo l'impianto generale e le implicazioni dell'*opus alchemico* o Grande Opera. La trasmutazione della materia dallo stato grezzo a uno stato di perfezione avviene attraverso vari stadi durante i quali la materia prima muore e va in putrefazione (*nigredo*), successivamente viene dissolta e purificata (*albedo*) per poi essere ricongiunta attraverso la distillazione (*citrinitas*) fino alla finale sublimazione (*rubedo*) per raggiungere la perfezione dell'oro incorruttibile.

Alle tappe della trasformazione della materia corrisponde un analogo percorso della vita interiore e della realizzazione spirituale dell'alchimista che in effetti non è un semplice tecnico ma un artefice che deve osservare regole di condotta precise e rigorose, come sono riportate, ad esempio, nel *De secretis Naturae* di Arnaldo da Villanova, e cioè: l'alchimista è un filosofo perché tratta i segreti filosofici; deve avere risorse proprie per almeno due anni, in modo da poter provare e riprovare; non deve lavorare per conto di qualcuno per non essere sottoposto e dover rivelare i segreti: «usa il tuo proprio pane e così sarai libero»; se scopre la scienza deve ringraziare Dio e donarla ai poveri; non deve rivelare i segreti a nessuno. Queste regole danno un'immagine dell'alchimista molto lontana da quella tradizionale del millantatore e dell'illusionista.

La quadripartizione del processo di trasformazione della materia trova un riscontro in una uguale partizione degli umori, degli elementi fondamentali, del giorno, delle stagioni dell'anno e della vita umana, come riportato

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

nella tabella 3.1, a rappresentare una visione unitaria della natura e una circolarità delle trasformazioni che continuamente si ripetono. Questa circolarità del divenire è rappresentata dal serpente che si morde la coda, l'uroboro¹, mostrato nella Figura 3.1:

| | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| <i>nigredo</i> | <i>albedo</i> | <i>citrinitas</i> | <i>rubedo</i> |
| <i>melanconico</i> | <i>flemmatico</i> | <i>collerico</i> | <i>sanguigno</i> |
| <i>terra</i> | <i>acqua</i> | <i>aria</i> | <i>fuoco</i> |
| <i>notte</i> | <i>alba</i> | <i>meriggio</i> | <i>tramonto</i> |
| <i>inverno</i> | <i>primavera</i> | <i>estate</i> | <i>autunno</i> |
| <i>vecchiaia</i> | <i>fanciullezza</i> | <i>giovinezza</i> | <i>maturità</i> |

Tabella 3.1: Quadripartizione delle trasformazioni della materia, degli umori, della realtà e del divenire delle cose.



Figura 3.1: Uroboro, il serpente che si morde la coda, simbolo della ciclicità delle cose.

La prima fase dell'opus alchemico, *nigredo*, è mirabilmente rappresentata nell'incisione di Durer *Melancholia I*, mostrata nella Figura 3.2, un'immagine enigmatica e ricca di simboli e richiami. La situazione angosciosa della prima fase dell'opus è illustrata dall'atteggiamento pensoso della figura centrale, scura in volto (*nigredo*), e dal sole nero: è la fase della materia al nero che

¹ Per il mito dell'uroboro si rimanda a *L'uroboros* di Borges (Borges, 1962).

verrà redenta nel corso dell'opus, come ci dice il fatto che la figura centrale è alata e quindi si risolleverà dalla sua condizione iniziale verso uno stato finale di perfezione. A questo allude anche il fatto che il sole nero, eclissato, è attraversato da un arcobaleno.



Figura 3.2: A. Durer, *Melancholia I* (Musei Civici di Novara).

L'immagine del sole nero redento, in questo caso dall'arte, ritorna nel celebre dipinto di Giorgio De Chirico *Sole su cavalletto*, una tela di cui esistono più varianti. È una rappresentazione arcaica ed enigmatica nella quale, in un ambiente che rassomiglia a un palcoscenico, su un cavalletto, si vede un sole acceso e splendente, collegato da un lungo cavo al sole spento, nero, che appare sullo sfondo attraverso una finestra. In alcune versioni della tela il sole è accompagnato dalla luna. La tela vuole rappresentare il mistero della natura e la metamorfosi dell'energia solare. In alcune varianti il cavo di collegamento è completamente nero, mentre in altre esso diventa giallo oro avvicinandosi al palcoscenico con il sole sul cavalletto a significare una gradualità della metamorfosi.

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

Nella Meloncolia di Durer l'atteggiamento positivo verso un stato di perfezione e purificazione è simboleggiato anche dal quadrato di Durer, mostrato nella parte in alto a destra dell'incisione e riprodotto nella Figura 3.3. È una matrice numerica magica nella quale, come simbolo di perfezione, la somma di ogni riga o di ogni colonna o delle diagonali è uguale a 34, numero formato da 3 e 4. Il primo corrisponde ai tre principi del mondo materiale (zolfo, sale, mercurio), i cui simboli sono rappresentati nella Figura 3.4 sopra le tre teste del dragone alchemico, oppure ai tre principi *corpo, anima e spirito*. Il numero 4 si riferisce evidentemente alla quadripartizione della Grande Opera e della natura, di cui abbiamo già parlato.

| | | | |
|----|----|----|----|
| 16 | 3 | 2 | 13 |
| 5 | 10 | 11 | 8 |
| 9 | 6 | 7 | 12 |
| 4 | 15 | 14 | 1 |

Figura 3.3: Il quadrato magico di Durer.

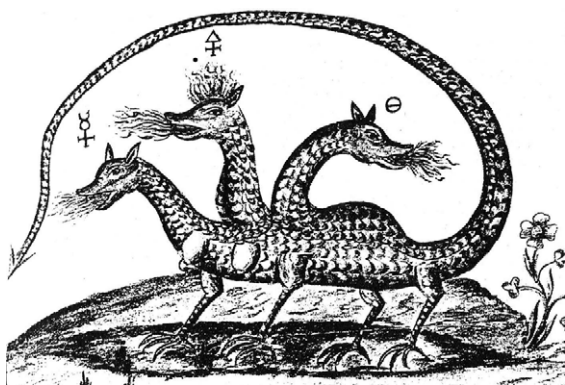


Figura 3.4: Simboli dello zolfo, del mercurio e del sale sulle tre teste del dragone alchemico.

Nell'opus alchemico il processo di trasformazione della materia non si riduce a pratiche di laboratorio più o meno complesse ma viene concepito come componente di un più generale processo di conoscenza delle realtà esteriori e interiori non disgiunte, processo che richiede le quattro ruote del carro filosofico (ancora il numero 4 !), simbolicamente rappresentate nella Figura 3.5 e cioè le orme della natura da seguire fedelmente, il bastone della ragione, gli occhiali dell'esperienza e dello studio e la lanterna che permette di illuminare e discernere. Il saggio, attraversando le sette fasi della trasformazione, rappresentate dai sette gradini della scala della Figura 3.6 e corrispondenti alle fasi della calcinazione, sublimazione, soluzione, putrefazione, distillazione, coagulazione e tintura, raggiungerà il palazzo della verità, della materia prima.

Una allegoria veramente originale dell'aspirazione conoscitiva propria dell'alchimia si ritrova in una decorazione dello Stanzino delle Matematiche (o Stanza dell'Architettura Militare) nella Galleria degli Uffizi di Firenze, fatto costruire da Ferdinando I per esibire la sua collezione di strumenti e di testi scientifici. Nella decorazione che viene mostrata nella Figura 3.7 si vedono due personaggi che contemplanò il primo delle figure geometriche (un cerchio inserito in un quadrato) e il secondo una lucerna, la lucerna della sapienza. I personaggi hanno per cappello un alambicco dal quale distilla un liquido della sapienza che ricade sui libri di due altri personaggi, libri sui quali sono nuovamente rappresentate figure geometriche: è la metafora della distillazione (processo chimico per eccellenza) come processo della conoscenza (Levi, 1988):

[...] distillare è bello. Prima di tutto perché è un mestiere lento, filosofico e silenzioso, che ti occupa ma ti lascia tempo di pensare ad altro, un pò come andare in bicicletta. Poi perché comporta una metamorfosi: da liquido a vapore (invisibile), e da questo nuovamente a liquido; ma in questo doppio cammino, all'in su ed all'in giù, si raggiunge la purezza, condizione ambigua ed affascinante, che parte dalla chimica ed arriva molto lontano [...] e finalmente, quando ti accingi a distillare, acquisti la consapevolezza di ripetere un rito ormai consacrato da secoli, quasi un atto religioso, in cui da una materia imperfetta ottieni l'essenza, l'usia, lo spirito, ed in primo luogo l'alcool, che rallegra l'animo e riscalda il cuore.

Uno sguardo alle origini: l'alchimia



Figura 3.5: Il percorso di conoscenza seguendo la natura.



Figura 3.6: Il saggio potrà raggiungere il palazzo della verità scalando i sette gradini della trasformazione (calcinazione, sublimazione, soluzione, putrefazione, distillazione, coagulazione e tintura).

Lo studiolo e la fonderia di Cosimo I nel XVI secolo sono un esempio interessante di convivenza, nello stesso ambiente culturale, dell'alchimia e dei connessi processi protochimici con altre attività di carattere artistico comeoreficeria, lavorazione del vetro ecc. (Conticelli, 2012).



Figura 3.7: Metafora della distillazione come processo della conoscenza. Galleria degli Uffizi – Decorazione dello Stanzino delle Matematiche. (Su concessione del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo)

Lo scopo di questo breve excursus nell'alchimia non è un nostalgico tentativo di ritorno a un passato che ha solo alcuni addentellati con la chimica come scienza moderna, ma ha voluto mettere l'accento sulla necessità di non considerare la chimica (o la scienza in generale) come uno strumento per fare cose di utilità pratica, cioè nei suoi aspetti tecnologici, ma come un processo conoscitivo della natura che ci circonda e che, come tale, non si contrappone ma si sovrappone e si integra con altri approcci come quelli dell'arte. È sulla base di questa impostazione che vogliamo cercare di identificare aree di sovrapposizione o di contiguità tra la chimica e le rappresentazioni che possono essere fornite dalla pittura, dalla architettura o dalla letteratura.

Le concezioni proprie dell'alchimia, della unitarietà del processo conoscitivo e della rilevanza dello studio della natura per l'elevazione spirituale, non si esauriscono con la stagione dell'alchimia ma ritornano costantemente nel pensiero di scienziati e artisti fino ai nostri giorni. In Primo Levi, una figura particolarmente emblematica come chimico praticante e scrittore allo stesso tempo, troviamo (Levi, 1988):

[...] farsi signore della materia [...] mi ero iscritto a chimica perché a questa nobiltà mi volevo mantenere fedele [...] vincere la materia è

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

comprenderla, e comprendere la materia è necessario per comprendere noi stessi.

e ancora, in *Tradurre Kafka* (Levi, 1990):

[...] nel mio scrivere, nel bene e nel male, sapendolo o no, ho sempre teso a un trapasso dall'oscuro al chiaro, come [...] potrebbe fare una pompa filtro, che aspira acqua torbida e la espelle decantata, magari sterile.

Allo stesso modo i richiami al vecchio mondo dell'alchimia possono ritornare nella descrizione della realtà chimica di oggi (Levi, 1988):

[...] il cerio, elemento di cui non sapevo nulla, salvo [...] che esso appartiene alla equivoca ed eretica famiglia delle Terre Rare, e che il suo nome non ha nulla a che vedere con la cera, e neppure con il suo scopritore; ricorda invece (grande modestia dei chimici d'altri tempi!) il pianetino Cerere, essendo stati il metallo e l'astro scoperti nello stesso anno 1801; e questo era forse un affettuoso ironico omaggio agli accoppiamenti alchimistici: come il Sole era l'oro e Marte il ferro, così Cerere doveva essere il cerio.

In *Mercurio* (Levi, 1988), un racconto di fantasia del *Sistema periodico*, troviamo:

Lui e Maggie facevano insieme lunghe passeggiate, e li ho sentiti parlare delle sette chiavi, di Ermete Trismegisto, dell'unione dei contrari e di altre cose poco chiare. [...] che era tempo di iniziare la Grande Opera; che come il cielo, anche la terra ha la sua rugiada; che la caverna era piena dello Spiritus Mundi; poi si è rivolto apertamente a Maggie e le ha detto: Vieni qui stasera, faremo la bestia a due schiene. [...] Il mercurio, per la loro opera, sarebbe indispensabile, perché è spirito fisso volatile, ovvero principio femminile, e combinato con lo zolfo, che è terra ardente maschile, permette di ottenere l'Uovo Filosofico, che è appunto la Bestia con due Dossi, perché in essa sono uniti e commisti il maschio e la femmina.

3.2 Miti, fiabe e alchimia

Se facciamo riferimento ai più antichi documenti scritti sull'argomento di cui abbiamo notizia, anche senza averli materialmente, un'alchimia occidentale esisteva già nel III secolo avanti Cristo. È tuttavia probabile che siano esistiti documenti scritti ancora anteriori di cui non abbiamo notizia e che l'origine dell'alchimia si perda nella notte dei tempi e che sia inizialmente stata tramandata attraverso una tradizione orale (Eliade, 1977; Pernety, 1987). Si ritiene che la culla dell'alchimia occidentale sia stato l'antico Egitto attraverso la figura mitica di Ermete Trismegisto (Ermete tre volte grande). Ermete discendeva da Thot, dio egizio delle scienze, il cui figlio Agathodemon avrebbe generato Ermete. Ma, certamente, nell'alchimia egizia dovevano essere confluite più antiche tradizioni del Vicino Oriente. Le lontane origini dell'alchimia possono essere fatte risalire alle pratiche metallurgiche che definivano palesemente reali trasformazioni della materia e che venivano tramandate di padre in figlio con carattere iniziatico e di segretezza, un carattere specifico di tutta l'alchimia (Eliade, 2001, 1977). In una visione mitica, i segreti dell'alchimia sarebbero stati rivelati all'origine dei tempi solo ad alcuni personaggi leggendari rimanendo occultati e gelosamente custoditi per essere, in una fase successiva, nuovamente partecipati a una selezionata ristretta cerchia di iniziati. Questa visione di una rivelazione primigenia può far comprendere come simboli, reminiscenze o stereotipi dell'alchimia possano essere presenti nel più remoto immaginario collettivo e si possano quindi riconoscere nei miti, nelle fiabe e nelle tradizioni popolari.

Dom Pernety (Pernety, 1983) nel suo *Dizionario mitico-ermetico*, alla voce Fiume, fa risalire le favole popolari a tempi remoti:

Gli antichi Filosofi Ermetici che hanno inventato le Favole, hanno preso spessissimo i fiumi e i torrenti come simboli allegorici del loro mercurio o acqua mercuriale, e personificando i fiumi li hanno immaginati padri di parecchie Ninfe, delle quali hanno dato i nomi secondo quello che volevano designare per volatile nella materia della Grande Opera.

Di questa persistenza della simbologia alchemica abbiamo un segno in certe immagini (vedi Figura 3.8) del XV arcano dei Tarocchi (Il Diavolo) nelle quali sul braccio destro del diavolo c'è la parola *solve* e sul braccio sinistro la parola *coagula*, chiari riferimenti alla dissoluzione e alla coagulazione che

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

si compiono nell'opera alchemica. Dom Pernety (Pernety, 1987) ha fatto una complessa analisi delle tradizioni e dei miti egizi e greci. Il punto di partenza di Pernety è che gli antichi miti raccontano delle storie impossibili e talora assurde e, certamente, non credibili secondo il nostro senso comune. La sola possibile spiegazione è che oltre la vicenda esteriore dei miti, accessibile come racconto fantastico a un ascoltatore o lettore comune e ingenuo, ci sia un significato nascosto che allude a pratiche ermetiche e alchemiche. Questo reale significato dei miti può essere compreso solo da adepti che hanno un'appropriata preparazione spirituale attraverso un'iniziazione e non deve essere divulgato a un pubblico impreparato. Sulla base di questo Pernety presenta un'interpretazione alchemica dettagliata di tutti i miti dell'antichità. Più di recente un'analisi in termini alchemici dei miti e delle fiabe è stata discussa da Sermonti (Sermonti, 2009) e da Brocchi (Brocchi, 2010) ed è interessante esaminare qui alcuni esempi per meglio comprendere l'origine della persistenza di metafore e riferimenti alchemici anche nel linguaggio comune dei nostri giorni, come già riferito nella sezione precedente.



Figura 3.8: Il Diavolo: il XV arcano dei Tarocchi.

3.2.1 Gli argonauti e il vello d'oro

Il mito del vello d'oro e del viaggio degli Argonauti è particolarmente interessante. La storia è molto complessa, anche per via delle tradizionali varianti multiple, ma in essenza racconta di Diomede/Giasone, figlio di Esone, che, dopo essere stato educato in tutte le arti dal centauro Chirone, rivendica il regno di Iolco in Beozia, usurpato al padre dallo zio Pelia. Pelia pone come condizione per cedere il regno che Giasone riporti in patria il vello d'oro portato da Frisso in Colchide e appeso nel bosco di Ares, dove era custodito da un terribile drago che non dormiva mai. Giasone fece costruire la nave Argo e, raccolti 50 eroi da tutta la Grecia, intraprese l'avventuroso viaggio riuscendo infine nell'impresa anche grazie all'aiuto di Medea, figlia di Eeta, re della Colchide dove il vello era custodito.

In piazza Vittorio Emanuele in Roma si può ammirare la Porta Alchemica, quello che resta della villa del Marchese Massimiliano di Palombara, che alla fine del 1600 costituiva l'ingresso del laboratorio alchemico del marchese. Sullo stipite della porta si legge l'incisione: «Il drago esperio custodisce l'ingresso del magico giardino e senza Ercole Giasone non potrebbe gustare le delizie della Colchide», mentre una incisione della villa, ormai scomparsa, diceva: «Oltrepassando la porta della villa lo scopritore Giasone ottiene il vello di Medea in gran copia». Si tratta di due iscrizioni che chiaramente alludono ai significati simbolici del mito. Il recupero del vello d'oro non ha il semplice significato di recupero di un oggetto di grande valore ma quello di conquista simbolica di uno strumento di liberazione del regno di Iolco dai mali da cui era afflitto. Il vello d'oro è quindi un mezzo di redenzione, come converrebbe all'oro alchemico. Una allusione di tipo alchemico troviamo del resto negli attributi o nel significato del nome Giasone e cioè *scopritore*, come nell'incisione riportata sopra, o *guaritore*.

Sermonti (Sermonti, 2009) suggerisce un altro richiamo alchemico nell'associazione con il cambio di colore, dal nero al bianco e infine al rosso, che avviene durante il viaggio degli Argonauti, come nell'opera alchemica. Seguendo i consigli di Fineo, re di Salmidesso nella Tracia, gli Argonauti prima attraversano il mare delle rocce Ciane (blu scuro) per entrare nel Mar Nero: è un passaggio che significa il confine con il nero dell'aldilà. Successivamente la spedizione raggiunge il fiume Iris, argenteo (che richiama l'albedo), e infine raggiunge la terra dei Calibi, lavoratori del ferro rugginoso che può essere associato con il rosso (rubedo). Interessante anche il passaggio delle

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

rocce Ciane, dette anche Simpleiadi, rocce che si muovono continuamente stritolando le navi che cercano di attraversarle. Seguendo il consiglio di Fineo, Giasone manda davanti alla nave Argo una colomba bianca che sfugge alla stretta delle Simpleiadi, che riescono solo a mozzare le penne della coda: mentre le rocce si ritirano gli Argonauti remano energicamente e la nave Argo riesce, sia pure a stento, a superare il passaggio. La colomba che vola allude alla sublimazione verso l'alto, un'altra fase fondamentale della opera alchemica a secco.

Una ulteriore connotazione alchemica troviamo in Medea che, innamorata di Giasone, lo aiuta nella sua impresa, fornendogli, ad esempio, gli unguenti di cui coprirsi per soggiogare vittoriosamente i tori dagli zoccoli di bronzo che sputavano fiamme, una delle prove che Giasone deve superare. Naturalmente potremmo considerare Medea semplicemente una maga, ma la connotazione alchemica è assai evidente in una successiva scena dopo il ritorno degli Argonauti in Grecia. Medea convince le figlie di Pelia a uccidere il padre, farlo a pezzi e metterlo a cuocere in una caldaia con speciali farmaci che lei ha preparato, con la promessa di farlo ritornare poi a nuova giovinezza. È chiara la simbologia alchemica di questa operazione. La rinascita attraverso la putrefazione e la morte è un esempio della circolarità del divenire, come abbiamo già visto. La caldaia rigeneratrice, dell'immortalità, che ridona la giovinezza attraverso la morte, è un tipico mito indoeuropeo. Nella tradizione celtica il dio Dagda, il dio buono associato alla guerra, al quale erano attribuiti i miracoli, era il possessore del calderone dell'immortalità ed era chiamato nella Gallia *il Rosso dalla scienza perfetta*. Il calderone aveva la proprietà di non svuotarsi mai e di non lasciare mai nessuno affamato. Secondo la mitologia celtica i defunti tuffati e cotti nel calderone risuscitavano e acquistavano l'immortalità. Il calderone di Gundestrup è un recipiente di origine celtica alto 42 cm e di 59 cm di diametro, risalente al II secolo a.C. e conservato nel Museo Nazionale di Copenhagen. Il calderone è rivestito da 13 pannelli di argento (un altro pannello è forse andato perduto) sui quali sono incise scene che lo fanno sicuramente considerare un recipiente rituale. In uno dei pannelli interni è rappresentato un personaggio che sembra immergere, o estrarre, un uomo da un recipiente, una scena che può essere interpretata come purificazione attraverso l'immersione, o la cottura, nel calderone. Significativamente, del resto, Medea viene definita maga iperborea.

3.2.2 Il mito di Proserpina

Un mito che si presta a una lettura alchemica è il mito di Proserpina (Persefone). Proserpina o Core (fanciulla), figlia di Giove e Demetra, mentre coglie fiori presso la fonte Aretusa, viene rapita da Ade e diviene regina degli inferi. Lo strappo dei fiori, come rivedremo in seguito, è un momento di violazione gravido di conseguenze. Demetra cerca disperatamente la figlia e quando il Sole le rivela che la giovinetta è stata trasportata agli inferi intercede presso Giove perché la figlia ritorni. Ma Proserpina ha già mangiato il cibo degli inferi e Giove può solo ottenere che Proserpina viva per otto mesi all'anno nell'Olimpo e per i restanti quattro mesi negli inferi. Proserpina è quindi la rappresentazione di una doppia realtà perennemente in divenire: la fanciulla che risorge ogni anno a nuova vita e la regina degli inferi. Il ritorno agli inferi (la morte, l'oscurità, la notte) e la rinascita hanno una precisa corrispondenza con la idea alchemica del continuo divenire, della circolarità della natura, che abbiamo discusso nella sezione precedente.

3.2.3 Cappuccetto rosso

Come rappresentazione di una antica sapienza le fiabe non sono poi troppo dissimili dai miti e si muovono su dimensioni multiple che includono intenti puramente narrativi o educativi ma anche contenuti evocativi e allusivi che si prestano a diverse e mutevoli suggestioni e interpretazioni. Italo Calvino nella presentazione delle sue *Favole italiane* (Calvino, 1978) riporta un proverbio toscano che richiama la variabilità dei significati delle fiabe: «La novella nun è bella, se sopra nun ci si rappella.» È significativo che, sia pure con un grande spettro di varianti, le stesse fiabe siano presenti in civiltà molto diverse tra loro e apparentemente non comunicanti.

La fiaba di *Cappuccetto rosso* è ricca di simboli e di richiami alchemici che possono essere ricondotti a pratiche metallurgiche. Cappuccetto viene mandata dalla nonna malata per portare cibo e medicine. La bambina, quindi, svolge la funzione di messaggero come il dio Mercurio, intermediario e portatore di farmaci. Il viaggio di Cappuccetto assume un significato alchemico-simbolico in quanto è diretta verso la nonna, la *grossmutter*, la grande madre, la Sorgente. Allusivamente la casa della *Grande Madre* è posta su noccioli, alberi dai frutti protetti dal guscio, tradizionalmente simbolo della saggezza interiore. Inoltre la casa si trova sotto tre grandi querce che, a

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

loro volta, sono simbolo di vita, di stabilità e forza e simbolo anche dell'uomo completo per il legame con la terra e la materialità attraverso le radici e con il cielo attraverso lo sviluppo e l'altezza dei rami e del fogliame. Il viaggio di Cappuccetto ha quindi i connotati del percorso alchemico di rigenerazione. Il cappello rosso della bambina richiama il cappello frigio, segno distintivo dell'iniziato. Vediamo questo copricapo in molte raffigurazioni e, per esempio, nella figura dell'alchimista che si trova in Notre Dame di Parigi, come mostrato in Figura 3.9.

La forma del cappello frigio dell'iniziato, del resto, ricorda chiaramente quella dell'alambicco, strumento base dell'opera alchemica per via umida. Il colore rosso del cappello richiama poi la metallurgia del mercurio ed esattamente il minerale rosso, il cinabro, da cui si ottiene il mercurio metallico. Il viaggio di rigenerazione di Cappuccetto verso la Grande Madre è quindi come il processo durante il quale dal materiale grezzo, cinabro, si estrae il mercurio splendente. Questa assimilazione di Cappuccetto con il mercurio, metallo liquido che facilmente si amalgama con gli altri metalli, trova un altro riscontro nel fatto che Cappuccetto, mentre attraversa il bosco, dimenticando i buoni consigli della mamma, familiarizza con il lupo estraneo, cedendo alle sue lusinghe.



Figura 3.9: Alchimista che indossa il cappello frigio dell'iniziato in Notre Dame di Parigi.

Il primo passaggio del viaggio di Cappuccetto è nel bosco ombroso, buio,

nella selva oscura che pure richiama la prima fase, nigredo, dell'opera alchemica. Cappuccetto si attarda nel bosco a raccogliere fiori per la nonna. Lo strappo dei fiori può essere visto come segno di violazione che prelude ad una discesa nella oscurità più profonda che si verificherà tra breve. È evidente in questo caso la analogia con il mito di Proserpina che abbiamo visto prima. Quando Cappuccetto arriva finalmente nella casa della nonna verrà inghiottita nel nero più profondo della pancia del lupo. Ma questo sarà solo un passaggio obbligato verso la rigenerazione, che avverrà quando il cacciatore aprirà la pancia del lupo e Cappuccetto, liberata, ritornerà a nuova vita riunendosi con la nonna, la Grande Madre originaria. La pancia del lupo sarà poi riempita con una grossa pietra, la materia ormai inanimata, dalla quale è stato estratto il mercurio puro. Nella visione alchemica il percorso di conoscenza è difficile e tortuoso e possiamo trovare un simbolo di questo nel fatto che Cappuccetto, entrata nel bosco, devia dalla strada che la avrebbe portata direttamente all'origine.

Il motivo di un percorso di rigenerazione che porta a conquistare o a recuperare una condizione spirituale e umana originaria perduta, o mai veramente avuta, ricorre con costanza in quasi tutte le fiabe come, per citarne solo alcune, in quelle di Cenerentola, di Biancaneve, di Pinocchio. Tralasciamo questo canovaccio generale che è di per sé evidente, indipendentemente dalle varianti, per indugiare su alcuni simboli più specifici o particolari che possono essere interpretati in chiave alchemica.

3.2.4 Cenerentola

Cenerentola (ci atteniamo qui alla versione dei fratelli Grimm) nella sua vicenda passa dalla oscurità della cucina accanto al fuoco e dalla commistione con il grigiore della cenere allo splendore del palazzo del principe. Nella prima fase (la cenere, il fuoco) è stata vista (Sermonti, 2009) una analogia col processo alchemico della nigredo e della calcinazione: più specificamente Sermonti vi riconosce un parallelismo con l'alchimia e l'estrazione dello zolfo. Questo è suggerito in particolare dall'episodio che avviene in preparazione del primo ballo, quando, alla richiesta di Cenerentola di partecipare al ballo, la matrigna pone, per due volte, la condizione che Cenerentola separi le lenticchie versate e mescolate nella cenere. Si tratta di una prova non nuova nella sua stranezza in quanto è analoga alla prima prova a cui vie-

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

ne sottoposta Psiche nel mito di Amore e Psiche (Apuleio, 1955; Bernardini, 2012), quando Venere le chiede di separare i chicchi di un gran mucchio di frumento, orzo, miglio, papavero, ceci e lenticchie. Come Psiche viene soccorsa nell'impresa impossibile da un esercito di formiche, così Cenerentola viene aiutata dagli uccellini. Nella singolarità della prova si può vedere una corrispondenza con la cernita preliminare dei minerali provenienti dalla solfatara prima della estrazione dello zolfo giallo e splendente, cioè di Cenerentola vestita per il ballo.

Come nella fiaba di Cappuccetto Rosso, anche nella fiaba di Cenerentola compare l'albero di nocciolo con le sue proprietà purificatrici. È singolare che per andare al ballo del principe Cenerentola, sotto l'albero, chieda al nocciolo di rivestirla in modo regale con una pioggia di oro e argento splendenti. Questa pioggia dall'albero può essere una reminiscenza della antica pratica alchemica di estrazione del mercurio, pratica in cui il minerale di cinabro veniva bruciato all'aperto sotto un albero e il mercurio liberato sublimava condensandosi sulle foglie dell'albero da cui veniva poi fatto ricadere. Anche in questo caso riconosciamo un richiamo con il mito di Amore e Psiche: la seconda prova per Psiche è di raccogliere i fili di lana d'oro di pecore ferocissime. Una prova che Psiche supererà scuotendo le fronde degli alberi a cui i fili d'oro sono rimasti attaccati.

Al termine dei primi due balli nel palazzo del principe, arrivata l'ora, Cenerentola fugge andando verso l'alto, la prima sera rifugiandosi nella colombaia, la seconda sera salendo su un albero di pero. La salita verso l'alto richiama il processo della sublimazione che avviene nell'estrazione dello zolfo (o del mercurio). Dopo il ballo della terza sera, invece, Cenerentola scappa verso il basso discendendo le scale, come lo zolfo fuso che infine si raccoglie al termine della estrazione. È significativo, anche simbolicamente, che la rigenerazione di Cenerentola avvenga in tre stadi (i tre balli), numero magico dell'alchimia, come abbiamo visto.

3.2.5 Pinocchio

La fiaba di Pinocchio inizia con il pezzo di legno, un semplice pezzo di legno da catasta, che si lamenta in attesa dei colpi che mastro Ciliegia si appresta a dargli. Abbiamo quindi un oggetto inanimato che, in nuce, ha già un principio vitale. Questo è assai vicino all'idea dell'alchimia che le sostanze

minerali, i metalli, nel grembo della terra, siano in realtà in un processo di trasformazione, con tempi molto lunghi, verso il metallo per eccellenza, l'oro, e che il ruolo dell'alchimista sia quello di favorire, accelerare un processo che comunque la natura avrebbe portato a compimento nei suoi tempi. Nella fiaba il ruolo dell'alchimista è svolto da mastro Geppetto che con la sua arte dà forma a un burattino che comunque saprà ballare, tirare di scherma e fare i salti mortali. Naturalmente questa trasformazione è incompleta e la successiva maturazione della personalità di Pinocchio avverrà grazie all'opera della Fatina Turchina nelle sue varie personalizzazioni di fatina del sogno, fata bambina, mamma.

Il percorso di redenzione è, come sempre, difficoltoso, tortuoso e pieno di insidie e inizia con la fase del caos, quando il burattino, appena formato, è subito irriverente verso Geppetto, fugge di casa, fa condurre Geppetto in prigione e, infine, tira il martello contro il Grillo parlante. Oscuramente, o in maniera occasionale, Pinocchio sente il desiderio di redenzione come quando, trasformato in cane da guardia sospira: «se potessi nascere un'altra volta» o quando confida alla fata: «Sono stufo di far sempre il burattino. Sarebbe ora di diventare anch'io un uomo». Ma nel suo percorso Pinocchio devia continuamente dalla via maestra verso una vera conoscenza: invece di andare a scuola viene attratto dal suono dei pifferi e si ritrova nel teatro dei burattini, cede alle lusinghe del gatto e della volpe, decide di seguire Lucignolo verso il paese dei balocchi. Il processo alchemico di rigenerazione avviene necessariamente attraverso la morte, la nigredo, la putrefazione, come abbiamo già visto. Questo passaggio obbligato viene sperimentato ripetute volte dal burattino. La prima volta è quando, addormentatosi vicino al caldano, i suoi piedi bruciano in cenere e l'intervento del fuoco ha un chiaro significato alchemico di purificazione. Poi la circostanza si ripete quando rischia di essere bruciato da Mangiafuoco e ancora quando viene impiccato alla grande quercia e quando finisce in prigione. Una equivalenza con la nigredo si ha alternativamente quando si è trasformati in una condizione umiliante. Il burattino sperimenta nuovamente questo allorché viene trasformato in un cane da guardia, o quando, nella caverna del pescatore verde, viene ridotto nello stato di un pesce da frittura e, infine, quando nel paese dei balocchi si ritrova trasformato in un asino. Quest'ultima vicenda richiama ancora il precedente illustre di Lucio che, nelle *Metamorfosi* di Apuleio (Apuleio, 1955), subisce la stessa sorte.

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

Durante il suo complicato cammino Pinocchio intravede anche spiragli verso la fase dell'albedo: durante l'inseguimento degli assassini gli appare la casina bianca come la neve e, successivamente, il Colombo lo solleva verso l'alto per trasportarlo verso la spiaggia alla ricerca di Geppetto. Ma la lumaca che si affaccia alla finestra della casa della Fatina gli ricorda, se necessario, che il percorso di rigenerazione è lento e difficile e non ci sono scorciatoie. La fase finale del percorso di Pinocchio avviene, secondo uno stereotipo, nel ventre del Pesce-cane, dove finalmente vede la luce e si avvia verso il ritorno al padre e alla sua trasformazione finale in bambino. Un chiaro simbolo alchemico si trova certamente nell'episodio in cui il burattino semina gli zecchini d'oro nel campo dei miracoli con i tre elementi della terra, dell'acqua e del sale.

3.3 Alchimia nella *Divina Commedia*

Le conoscenze di Dante Alighieri della scienza dei suoi tempi, nei più svariati campi che vanno dall'astronomia, all'ottica, alle scienze naturali, alla matematica ecc. sono state documentate ampiamente (Boyde and Russo, 1995; Boyde, 1984, 1995) e si riflettono in molte sue opere e nella *Divina Commedia* in particolare. Qui vogliamo soltanto soffermarci su alcuni passi della *Commedia* che, ad una lettura sotto le righe, possono prestarsi a una libera interpretazione in termini di tipo esoterico o alchemico. Si tratta di una libera lettura che non vuole scoprire intendimenti espliciti del poeta ma vuole solo evocare suggestioni possibili.

Nella lettera a Cangrande della Scala (Epistola XIII) Dante scrive:

Ad evidentiam itaque dicendorum sciendum est quod istius operis non est simplex sensus, uno dici potest polisemos, hoc est plurium sensuum; nam primus sensus est qui habetur per litteram, alius est qui habetur per significata per litteram. Et primus dicit litteralis, secundus vero allegoricus sive moralis sive anagogicus. (Per chiarire quanto stiamo per dire, occorre sapere che non è uno solo il senso di quest'opera: anzi, essa può essere definita polisensa, ossia dotata di più significati. Infatti, il primo significato è quello ricavato da una lettura alla lettera; un altro è prodotto da una lettura che va al significato profondo.

Il primo si definisce significato letterale, il secondo, di tipo allegorico, morale oppure anagogico). [TdA]

Il poeta stesso (Alighieri, 1955) ci invita esplicitamente a guardare oltre il significato letterale dei versi del suo poema alla ricerca di significati nascosti. Nel canto IX dell'Inferno, quando Dante e Virgilio sono bloccati dai demoni che non vogliono aprire le porte della città di Dite, il poeta ritorna sul concetto dei significati nascosti dei suoi versi che solo lettori preparati possono penetrare:

O voi ch'avete li intelletti sani,
mirate la dottrina che s'asconde
sotto il velame delli versi strani

Un avvertimento che ritorna ancora esplicitamente nel canto VII del Purgatorio:

Aguzza qui, lettor, ben gli occhi al vero,
che 'l velo è ora ben tanto sottile,
certo che 'l trapassar dentro è leggero.

Le interpretazioni possibili della *Divina Commedia* sono ovviamente molteplici. Poiché Dante, come molti poeti dello *Stil Novo*, potrebbe aver fatto parte della setta dei *Fedeli d'Amore*, una derivazione dell'*Ordine Templare*, è possibile cercare nella *Divina Commedia* simboli esoterici o riferimenti all'alchimia (Contro, 2005; Botteril, 1995), che il poeta doveva certamente conoscere. Si può tra l'altro notare che nelle rappresentazioni pittoriche (vedi Figura 3.10) Dante è generalmente presentato con un cappuccio rosso, che richiama il berretto frigio dell'iniziato.

Un riferimento esplicito all'alchimia si trova solamente nel canto XXIX dell'Inferno quando Dante, nella decima bolgia, viene attirato prima da Grifolino d'Arezzo, abile alchimista, che gli confessa di essere dannato come falsatore di metalli:

Ma nell'ultima bolgia delle diece
me per l'alchimia che nel mondo usai
dannò Minos, a cui fallar non lece

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

Accanto a Griffolino si trova Capocchio, grande contraffattore di cose e persone, che Dante doveva aver conosciuto e che, dopo aver partecipato con Dante a battute sul carattere dei senesi, si fa riconoscere dicendo:

aguzza ver me l'occhio
sì che la faccia mia ben ti risponda:
sì vedrai ch'io son l'ombra di Capocchio,
che falsai i metalli con l'alchimia:
e te dee ben ricordar, se ben t'adocchio,
com'io fui di natura buona scimia



Figura 3.10: Rappresentazione di Dante con il cappuccio rosso: simbolo di iniziazione?

C'è un altro grande alchimista che viene menzionato nella *Commedia*, sia pure sotto *mentite spoglie*, ovvero nel girone degli indovini e dei negromanti (Inferno XX), cioè di quelli che:

vollero veder troppo avanti

Si tratta di Michele Scoto, autore di una *ARS ALCHIMIAE*, che era stato astrologo presso la corte di Federico II:

Quell'altro che ne' fianchi è così poco,
Michele Scotto fu, che veramente
de le magiche frode seppe il gioco

Scoto doveva essere ben conosciuto nella Firenze del tempo perché viene anche menzionato da Boccaccio nella Nona Novella come *gran maestro di negromanzia*.

L'alchimia menzionata esplicitamente nella *Commedia* è l'alchimia operativa, con connotazioni negative; ma oltre questa c'era un'altra alchimia che Dante doveva pur conoscere. È qui opportuno ricordare che Dante, pur lapidariamente rifiutando l'atomismo di Democrito, pone comunque Democrito nel limbo accanto ai grandi non cristiani dell'antichità e non nel girone degli epicurei e degli eretici (Inferno IV):

Poi ch'innalzai un poco più le ciglia,
vidi il maestro di color che sanno
seder tra filosofica famiglia.
Tutti lo miran, tutti onor li fanno:
quivi vid'io Socrate e Platone,
che 'nnanzi a li altri più presso li stanno;
Democrito, che 'l mondo a caso pone

Tra le molte allusioni ed analogie di carattere politico, religioso e morale che troviamo nella *Divina Commedia* possono essere cercate anche allusioni di tipo esoterico o alchemico. Il percorso di Dante attraverso l'Inferno, il Purgatorio e il Paradiso ha per fine una purificazione interiore non speculativa ma pratica, come detto ancora nella Epistola XIII:

Dicendum est breviter quod finis [...] est removeere viventes in hac vita de statu miserie et perducere ad statum felicitatis. Genus vero philosophie sub quo hic [...] proceditur, est morale negotium, sive ethica, quia non ad speculandum, sed ad opus inventum est. (Per parlare brevemente, l'obiettivo della *Commedia* [...] consiste nell'allontanare i viventi, durante la loro esistenza, dallo stato di miseria spirituale, per condurli alla salvezza. La branca della filosofia, sotto la quale procedono l'opera e questa parte, è quella della morale, ossia l'etica; infatti l'opera tutta, e questa parte, non è finalizzata alla speculazione del pensiero, bensì a un risultato concreto.) [TdA]

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

Questo trova una evidente analogia nella Grande Opera dell'alchimia. Questa analogia è avvalorata dai tre passaggi dell'Inferno, che ricorda la nigredo, prima fase dell'Opera, del Purgatorio, che richiama l'albedo come seconda fase dell'Opera, e del Paradiso, la rubedo, che completa l'opera di purificazione. Il percorso del poeta comincia in una *selva oscura* che è tradizionalmente simbolo della prima fase della Grande Opera. La discesa agli inferi, all'interno della terra, come primo passaggio dell'opera di purificazione, viene espressa dall'acronimo del *VITRIOLUM* alchemico: *Visita Interiora Terrae, Rectificando Invenies Occultum Lapidem, Veram Medicinam* (Visita l'interno della terra, rettificando troverai la pietra nascosta, la vera medicina).

Una associazione con questo trapasso *alchemico* di purificazione dall'Inferno, al Purgatorio, al Paradiso si può ritrovare nel canto XIX dell'Inferno quando Virgilio descrive a Dante la statua del *Veglio di Creta*:

Dentro dal monte sta dritto un gran veglio,

...

La sua testa è di fin oro formata
e puro argento son le braccia e 'l petto,
poi è di rame infino a la forcata;
da indi in giuso è tutto ferro eletto,
salvo che 'l destro piede è terra cotta;
e sta 'n su quel, più che 'n su l'altro, eretto.

Procedendo dal basso verso l'alto, la statua è costituita da terra cotta (materia grezza), poi da ferro eletto, rame, argento e, infine, oro. Vediamo quindi una trasformazione dalla materia grezza all'oro, come accade nella grande opera alchemica. Ma, naturalmente, ci sono altre interpretazioni del complesso simbolismo del veglio di Creta che attengono alla situazione politica dei tempi di Dante o all'evoluzione delle epoche della storia umana (Boyde, 1984).

Il passaggio tra i tre regni del viaggio di Dante è accompagnato anche dalla tipologia dei minerali e dei metalli che si incontrano (Boyde, 1984). Infatti nell'Inferno i materiali menzionati tendono a essere di tipo vile e di colore scuro. Nel canto XVIII il muro del nono cerchio è:

tutto di pietra e di color ferrigno.

Nel canto XXIII Dante incontra gli ipocriti puniti sotto pesanti cappe di piombo, metallo simbolo della materia pervenuta al nero nell'opera alchemica:

Elli avean cappe con cappucci bassi
dinanzi agli occhi, [...]
ma dentro tutte di piombo e gravi tanto
che Federigo le mettea di paglia

Nel Purgatorio, come regno della speranza, troviamo invece riferimenti a metalli e pietre preziose, già dall'inizio nella descrizione del cielo stellato:

dolce color d'oriental zaffiro

Nel canto VII così viene descritto lo spettacolo del suolo della Valletta:

Oro ed argento fino e cocco e biacca
indico legno lucido e sereno
fresco smeraldo in l'ora che si fiacca

I riferimenti alle pietre preziose abbondano poi massimamente nel Paradiso, e fra esse il diamante (II):

quasi adamante che lo sol ferisse

il rubino (XIX e XXX):

parea ciascuna rubinetto in cui
raggio di sole ardesse sì acceso
quasi rubin che oro circonscrive

e lo zaffiro (XXIII)

onde si coronava il bel zaffiro
del qual il ciel più chiaro s'inzaffira

Una ricorrenza costante nella *Commedia*, per la quale possiamo trovare una corrispondenza alchemica, è quella del numero 3, un numero magico dell'alchimia, come abbiamo visto. A parte le tre fasi del percorso dantesco, all'inizio il poeta trova, ad ostacolarne il percorso, tre belve, la lonza, il leone e la lupa. Di quest'ultima Virgilio dice:

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

molti son gli animali a cui s'ammoglia
e più saranno ancora

E questo suggerisce una associazione con il mercurio dei savi, principio femminile volatile dell'alchimia, capace di amalgamare gli altri metalli. Al contrario, il leone potrebbe essere associato con la parte fissa, il principio maschile. La lonza, che per prima sbarra la strada al poeta, è descritta come:

di pel maculato era coverta

e questa molteplicità di colori può essere un richiamo alle numerose trasformazioni che la materia deve subire prima di raggiungere la perfezione dell'oro filosofale. Tra le tante circostanze in cui ricorre il numero 3 c'è quella dei colori del vestito di Beatrice, verde, bianco e rosso. Questi sono anche i colori delle tre teste di Lucifero. Tenuto conto che nell'alchimia il verde è spesso alternativo al nero, ritroviamo qui ancora una corrispondenza con le tre fasi principali della Grande Opera.

Abbiamo già visto più volte che il percorso alchemico è un percorso arduo che non tutti sono in grado di affrontare. Così Virgilio ammonisce Dante:

A te convien tenere altro viaggio

Oppure:

Più lunga scala convien che si saglia,
non basta da costor esser partito

Il poeta è impaurito e dubbioso:

E qual è chi si disvuol ciò che volle,
e per nuovi pensier cangia proposta,
sì che dal cominciar tutto si tolle,
tal me feci io in quella oscura costa,
perché, pensando, consumai la 'mpresa
che fu nel cominciar sì tanto tosta.

La difficoltà dell'impresa richiede una guida (prima Virgilio, poi Beatrice e San Bonaventura). Virgilio incoraggia Dante:

Perché non sali il diletto monte
ch'è principio e cagion di tutta gioia?

E lo rassicura sulla sua assistenza

e io sarò tua guida
e trarratti di qui per luogo eterno,

Rincuorato dalle parole di Virgilio Dante si sente pronto al viaggio:

Tu m'hai con desiderio il cor composto
sì al venir con le parole tue,
ch'io son tornato nel primo proposto.

Un'altra associazione alchemica che troviamo è nel carattere del fuoco purificatore:

e vederai color che son contenti
nel foco, perché speran di venire
quando che sia alle beate genti

Ma quando l'opera è compiuta, l'oro filosofale è incorruttibile da ogni fuoco; Beatrice dice:

Io son fatta da Dio, sua mercé, tale,
che la vostra miseria non mi tange,
né fiamma d'esto incendio non m'assale.

3.4 Chaucer: *Il garzone del canonico*

I riferimenti espliciti all'alchimia che, come abbiamo visto, sono rari nella Divina Commedia, sono invece molto evidenti nelle *Canterbury Tales*, un ritratto ironico della società inglese dei tempi di Geoffrey Chaucer (1343-1400), il padre della letteratura inglese. Un intero racconto: *The Canon's Yeoman's tale* (Il racconto del garzone del canonico), il secondo del Frammento VIII, è interamente dedicato all'alchimia.

Un canonico e il suo garzone affannosamente raggiungono la comitiva dei pellegrini diretti a Canterbury e chiedono di unirsi alla compagnia.

Uno sguardo alle origini: l'alchimia

L'oste, alquanto meravigliato dal loro arrivo e dal malarnese in cui si trova il canonico, chiede se siano capaci di raccontare qualche storia. Il garzone prontamente risponde garantendo sulle capacità e abilità del suo padrone, sia pure in maniera contraddittoria. Prima dice che il suo padrone è così abile che: «tutta questa strada su cui stiamo cavalcando, fino alla città di Canterbury, lui potrebbe tranquillamente rivoltarla sottosopra e lastricarla tutta d'argento e oro», rivelando così che il canonico è un esperto alchimista. Successivamente però, anche in risposta alle perplessità dell'oste sul malarnese del canonico, il garzone dice:

[...] prendiamo denaro a prestito, ora una sterlina o due, ora dieci o dodici, a volte anche di più, facendo credere, o almeno sperare, che d'ogni sterlina potremmo farne due. Tutto ciò naturalmente è falso. [...] La scienza però ci si pone sempre davanti e, per quanti scongiuri facciamo, non riusciamo mai a raggiungerla: corri corri, finisce sempre per ridurci a mendicare.

Il canonico è insospettito dalle parole del garzone: «Scopri quello che invece dovresti tenere nascosto», e si allontana. Così il garzone diventa il protagonista del racconto.

Nella prima parte il garzone descrive l'attività di alchimista che il canonico svolge con la sua assistenza, dando un quadro dell'alchimia come pratica fallimentare e truffaldina:

Ecco che vantaggio c'è a far pratica di alchimia! Questa viscida scienza m'ha ridotto al punto che [...] non posseggo più nulla. [...] Quando dobbiamo metterci a esercitare questa magica arte, ci diamo l'aria di persone molto istruite usando leziosi termini dottrinali. [...] A ogni modo, che si tratti d'una persona istruita o meno, il risultato è sempre lo stesso. Vi giuro infatti sulla mia anima che in alchimia, quando abbiano ben fatto, riescono tutti nello stesso modo, cioè falliscono tutti! È la pietra filosofale, detta elisir, che tutti noi cerchiamo: certo, se la ottenessimo, allora ci rinfrancheremmo abbastanza. Ma giuro davanti a Dio del cielo che, con tutta la nostra arte, per quanto facciamo, pur con tutta la nostra abilità, da noi essa non vuol venire.

Eppure la speranza è dura a morire:

[...] se nel nostro animo non si insinuasse qualche buona speranza ad illuderci, pur fra tante pene, di potere un giorno riuscire. Certe illusioni e speranze sono ostinate e dure a morire, e c'è gente, vi assicuro, che continua a cercare.

Al di là di questa connotazione negativa data alla pratica dell'alchimia, Chaucer mostra di avere una conoscenza, se non di prima mano, approfondita dell'alchimia (Schuler, 1984; Duncan, 1968) descrivendo un inventario di recipienti di laboratorio, di minerali e di altre sostanze e di procedure del laboratorio:

Eh sì, ne occorrono di cose nel nostro mestiere! Io non so citarvele tutte con ordine, perché sono ignorante. [...] Orpimento e sublimato di mercurio, litargirio tritato sopra il porfido, ciascuno nella sua giusta quantità di onces [...] non ci servono a nulla: la nostra fatica è inutile. [...] Lasciate almeno che vi citi in ordine, come mi è stato insegnato, i quattro vapori e i sette corpi. Li ho sentiti così spesso elencare dal mio padrone! Il primo vapore è quello dell'argento vivo, il secondo dell'orpimento, il terzo del sale ammoniaco e il quarto dello zolfo. In quanto ai sette corpi, eccoveli subito: Sol sta per oro, Luna per noi vuol dire argento, Marte ferro, Mercurio si chiama l'argento vivo, Saturno il piombo, Giove lo stagno, e Venere, per la stirpe di mio padre, il rame.

È come una magia del numero sette, che qualcuno si è azzardato a interpretare come un presagio della tavola periodica degli elementi, una magia che rivive, ad esempio, nella Brocchetta di Ripacandida mostrata nella Figura 3.11. Si tratta di una tazza di forma sferica del V sec a.C. ritrovata in una tomba femminile. Al centro è dipinto l'universo con la terra sferica (con il fulmine che si sprigiona dal suo centro) circondata dai sette corpi celesti, il sole, la luna e i cinque pianeti. Una linea curva che si origina dal bordo della decorazione per arrivare sulla terra è stata interpretata come percorso di un meteorite che sarebbe arrivato sulla terra, un evento di cui ci sarebbe traccia nella *Meteorologia* di Aristotele. Lo strano atteggiamento di una figura umana sul bordo superiore della decorazione, appoggiata su un solo piede, con l'altro sollevato, sarebbe una indicazione del sommovimento provocato dalla caduta del meteorite.

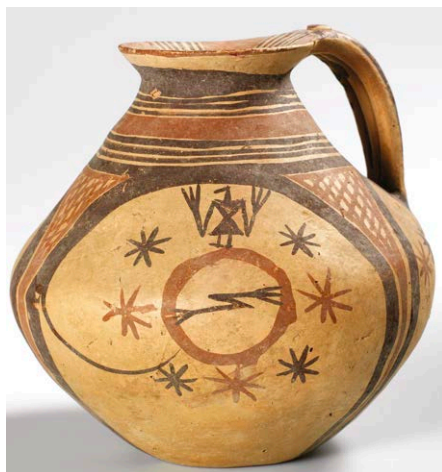


Figura 3.11: La magia del numero sette nella Brocchetta di Ripacandida – V sec a.C. – Museo archeologico nazionale del Melfese (su concessione del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo. Direzione Generale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Basilicata. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Basilicata).

Nella seconda parte del racconto il garzone illustra la storia di un canonico alchimista, forse il suo padrone o forse un altro canonico, che imbroglia un ingenuo prete e gli carpisce 40 sterline creando, con abile destrezza di mano, l'illusione che con l'alchimia sia possibile trasformare in oro metalli vili. Ma anche in questa seconda parte il garzone cambia tono, perché dopo questa visione ecclesiastica e diffamatoria dell'alchimia, nella parte finale troviamo citazioni dai testi classici dell'alchimia e in particolare dal *Rosarium Philosophorum* e dal *De Secretis Naturae* di Arnaldo da Villanova e dalla *Epistola solis ad lunam crescentem* alternativamente attribuita a Senior Calid Filius Hamil e a Platone. Riportiamo qui di seguito i versi finali del racconto:

bisogna ch'io vi dica subito quel che insegnano gli alchimisti filosofi.
Ecco per esempio, quel che dice Arnaldo da Villanova nel suo *Rosarium*: dice testualmente così: Nessuno può decomporre il mercurio all'insaputa di suo fratello. (Chi veramente per primo affermò questa

cosa fu Ermete, il padre degli alchimisti, il quale diceva: non muore drago senza che venga ucciso anche suo fratello; dove drago sta per mercurio e per suo fratello lo zolfo, ambedue ricavati da sol e luna). E perciò, attenti alle mie parole, nessuno s'affanni a perseguire questa arte senza saper comprendere l'animo e la lingua dei filosofi; stolto chi agisce altrimenti, perché questa scienza e dottrina è il segreto dei segreti, per dio! Vi fu anche un discepolo di Platone, il quale, come attesta il suo libro *Senioris*, si rivolse al suo maestro e in tutta franchezza gli fece questa domanda: Ditemi, qual'è veramente il nome della pietra segreta? Titanos, Platone pronto gli rispose. E questo che cos'è? chiese il discepolo. Magnesia, rispose Platone. Va bene, messere, ma con ciò? È sempre ignotus per ignotius. [...] Per favore, buon messere, che significa magnesia? Un'acqua composta da quattro elementi, disse Platone. Per favore, buon messere, continuò l'altro, ditemi almeno da che fonte scaturisce. Ah no, fece Platone, questo mai! Ogni filosofo ha giurato di non rivelarlo a nessuno, né di scriverlo in alcun modo in qualche libro. Si tratta infatti di qualcosa così caro e grato a Cristo, ch'egli non vuole sia rivelato, se non là dove piaccia alla sua divinità d'ispirare l'uomo o per difendere chi a lui sia gradito; Ecco questo è tutto.

Questi versi finali del poema, con le citazioni dei famosi alchimisti, hanno nei secoli successivi valso a Chaucer la fama non solo di essere nella corrente principale della poesia alchemica ma anche di essere un grande alchimista: *O Universal Padre of Science*. Infatti questa ultima parte del poema è ripetutamente citata in testi e raccolte alchemiche dei secoli successivi e tra questi nel *Teatrum Alchemicum Britannicum* del 1652, un commentario e raccolta di poemi alchemici di Elias Ashmole (1617-1692), il grande collezionista d'arte, storico e alchimista (le cui collezioni sono andate poi a costituire l' Ashmolean Museum).

Il racconto del garzone del canonico, entro un'opera che descrive la società inglese dell'epoca nei suoi vari aspetti, e la sua fortuna successiva illustrano quanto fosse radicata una conoscenza delle pratiche alchemiche nell'immaginario popolare e come le tracce di questa conoscenza possano essere rimaste vive fino ai nostri giorni.

4

La chimica per l'arte

Un'opera d'arte, nell'ambito delle arti figurative (pittura, scultura, architettura ecc.), è costituita fisicamente da un complesso sistema di materiali sui quali l'artista si è esercitato per esprimere il suo pensiero. Da un punto di vista delle proprietà dei materiali costitutivi è evidente come tra chimica e arte ci sia una interazione, interazione che è tradizionalmente identificata nella dizione di scienza e tecnologia per i beni culturali con le sue numerose sfaccettature.

Nella scelta dei materiali l'artista ha certamente un interesse a svolgere una ricerca con il chimico per trovare, per selezione, quelli più adatti per la sua espressione artistica. La storia dell'evoluzione dei materiali per la pittura nel corso del tempo, dalle epoche più remote fino ai nostri giorni, è stata raccontata da Adriano Zecchina, un chimico con la passione per la pittura (Zecchina, 2012). Il libro racconta come l'evoluzione della pittura e delle tipologie di rappresentazione figurativa si intreccino con la disponibilità di nuovi materiali, ottenuti in gran parte grazie al progresso delle procedure chimiche di estrazione, preparazione e purificazione, oltre che all'allargamento della circolazione delle merci e delle informazioni.

I materiali che costituiscono l'opera d'arte sono in continuo contatto con l'ambiente esterno e quindi con le condizioni termodinamiche e con la composizione chimica dell'ambiente circostante. I materiali pittorici e di supporto, i materiali metallici e lapidei possono, a seconda delle condizioni,

modificarsi o alterarsi nel corso del tempo. Sono processi fisici o chimici molto complessi che, molto spesso, si realizzano in tempi assai lunghi. Le condizioni esterne sono molto varie e includono la temperatura e le sue variazioni, l'esposizione alla luce, l'umidità, la composizione chimica dell'aria circostante, la composizione delle piogge per i materiali lapidei tenuti all'esterno. Mentre oggi c'è una crescente attenzione per il controllo preventivo dell'ambiente di conservazione delle opere d'arte, anche per una più chiara percezione del valore sociale del patrimonio artistico, un'analoga attenzione non sempre c'è stata in passato. Non è quindi raro il caso di opere d'arte antiche che si sono alterate più o meno profondamente. In questo contesto la chimica può svolgere un ruolo fondamentale. Grazie ai sofisticati metodi di analisi disponibili, la chimica costituisce uno strumento insostituibile per il monitoraggio dello stato di conservazione delle opere d'arte e per i successivi interventi di restauro e conservazione. L'analisi preliminare è un passaggio fondamentale. Ma occorre tenere conto delle peculiarità dell'opera d'arte e soprattutto della sua unicità che non permette il prelievo di campioni per l'analisi. Tuttavia i progressi delle tecniche analitiche vengono incontro a queste esigenze in due modi alternativi. Tecniche microanalitiche consentono analisi accurate su campioni microscopici di dimensioni estremamente ridotte il cui eventuale prelievo non altera minimamente l'opera d'arte. Ci sono inoltre tecniche analitiche non distruttive *in situ* che non richiedono prelievi di alcun genere.

La conoscenza precisa dello stato fisico e chimico di un'opera d'arte è essenziale per comprenderne lo stato di conservazione o di degrado e per fare previsioni sui potenziali fattori di degrado futuri. A questo può seguire l'elaborazione di strategie di pulitura, di consolidamento e di efficacia e durata di interventi di protezione. È semplice rendersi conto dell'importanza della caratterizzazione chimica e fisica dei materiali che costituiscono un oggetto d'arte se si pensa, per esempio, a opere pittoriche che ovviamente usano pigmenti o coloranti e cioè sostanze che possono essere intrinsecamente labili per esposizione alla luce. Ma ci sono molti aspetti riguardanti la conoscenza, la gestione e la fruizione del patrimonio artistico sui quali la chimica contribuisce positivamente. Oltre quello a cui abbiamo già accennato, lo studio e il confronto dei materiali può essere essenziale per l'attribuzione delle opere d'arte a singoli artisti o a scuole, per scoprire le fonti di approvvigionamento dei materiali, e quindi per aprire finestre conoscitive su rotte e flussi

commerciali, per stabilire connessioni culturali tra produzioni artistiche in luoghi diversi, per datazioni di opere d'arte e manufatti, per scandagliare i metodi di lavorazione dell'artista e anche il travaglio che ha portato a definire l'opera d'arte nella sua configurazione definitiva.

Ma forse è opportuno illustrare queste considerazioni generali con alcuni esempi tra i tanti. Nella Figura 4.1 viene mostrata la capacità di penetrazione di varie radiazioni (nell'infrarosso, nel visibile e nell'ultravioletto) in uno strato pittorico. Ancora più profonda è la capacità di penetrazione dei raggi X. Questo può permettere di portare in luce aspetti nascosti dell'opera e delle procedure seguite dall'artista.

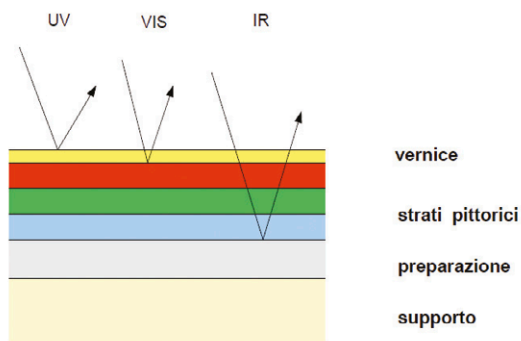


Figura 4.1: Penetrazione della luce infrarossa, visibile e ultravioletta in uno strato pittorico.

Nella tela della *Madonna con Bambino* di Domenico Beccafumi, conservata nella Pinacoteca Nazionale di Siena, il Bambino è tenuto con il braccio destro dalla Madonna. Ma il pittore ha avuto un ripensamento. Ciò è reso evidente dalla radiografia del dipinto mostrata nella Figura 4.2. I raggi X, penetrando ben al di sotto dello strato pittorico fianle, mostrano chiaramente che il pittore aveva posto inizialmente il bambino sul braccio sinistro della Madonna, salvo ripensarci nella versione definitiva della tela.



Figura 4.2: Radiografia della *Madonna con Bambino* di Domenico Beccafumi, Pinacoteca Nazionale di Siena, su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo, Opificio delle Pietre Dure di Firenze, Laboratorio Scientifico.

La Figura 4.3, invece, mostra un documento medievale fotografato in luce normale e in fluorescenza ultravioletta. La fluorescenza ultravioletta permette di visualizzare in modo molto chiaro un testo scritto altrimenti invisibile (Hain et al., 2003).

La Figura 4.4 mostra a sinistra un dettaglio di un dipinto della scuola di Francesco Granacci. Sulla destra è riportato lo spettro SERS (una tecnica spettroscopica a elevata sensibilità particolarmente adatta per coloranti)

del pigmento della tonaca rossa (tratteggiato). Lo spettro viene confrontato con lo spettro SERS dell'acido chermesico. Il confronto permette la chiara identificazione del colorante usato dall'artista (Leona, 2009).



Figura 4.3: Visione di un particolare di un documento medievale fotografato in luce normale (a sinistra) e in fluorescenza ultravioletta (a destra) (da Hain et al. 2003, per concessione)

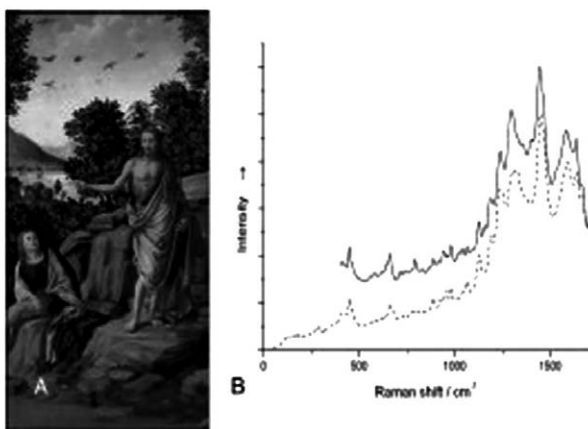


Figura 4.4: Particolare di un dipinto della scuola di Giotto (a sinistra) e spettro SERS della tonaca rossa (tratteggiato) e dell'acido chermesico (continuo) (a destra) (da Leona, 2009 per concessione da PNAS).

Nella Figura 4.5 è mostrato il percorso completo di analisi e di restauro di un dipinto, partendo dalla situazione iniziale, ripresa in luce normale e in

luce ultravioletta, infrarossa e in luce radente, per determinarne lo stato di conservazione e i necessari interventi conservativi, fino alla fase intermedia del restauro e alla fase finale dopo il restauro (Granata, 2009).

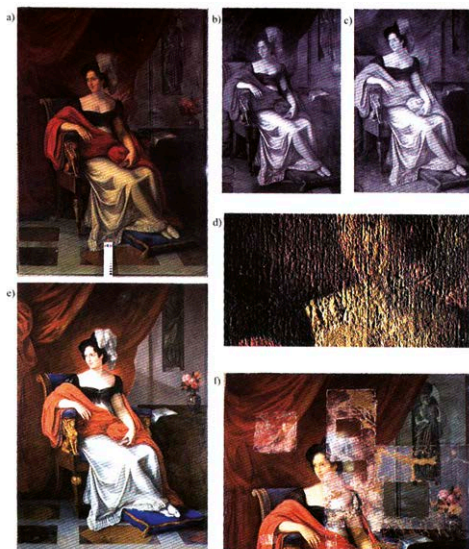


Figura 4.5: Vincenzo Camuccini, Lucia Migliaccio, Museo Duca di Martina, Napoli. Prima del restauro in luce visibile (a), in luce ultravioletta (b), in luce infrarossa (c), in luce radente (d). Durante il restauro in luce visibile (f). Dopo il restauro in luce visibile (e) (da Granata 2009 per concessione di Loghia Edizioni).

I problemi di datazione che possono essere affrontati con metodi chimici e fisici sono particolarmente importanti in archeologia. Nel campo della storia egea un problema di grande rilevanza è la datazione del periodo dei secondi palazzi a Creta (periodo neopalaziale minoico) associato alla eruzione vulcanica nell'isola di Santorini. Con i metodi archeologici tradizionali di datazione relativa basata sulla comparazione con la datazione nota della civiltà egiziana, l'eruzione del vulcano di Santorini è collocata intorno al 1540 a.C.. Scavi nell'isola di Santorini hanno portato alla luce resti di alberi

La chimica per l'arte

di ulivo sepolti al momento della eruzione. Analisi al radiocarbonio eseguite su un ramo di ulivo rinvenuto durante gli scavi ad Akrotiri, Santorini, il sito rimasto *intatto* sotto lo strato di tefra lasciato dall'eruzione del vulcano, sembrano collocare l'eruzione al 1613 a.C., circa 100 anni prima della datazione archeologica (Friedrich and Heinemeier, 2009). Questa datazione rimette in discussione *certezze* archeologiche ponendo nuovi problemi interpretativi sulla storia minoica.

Non è certo questa la sede per dibattere questa complessa questione. Si vuole solo mettere in evidenza come i metodi chimici e fisici applicati a opere e reperti e l'interazione tra scienza e arte non solo possono dare risposte a specifiche domande ma servono anche a sollevare delle questioni e dei problemi interpretativi e sono quindi una sorgente di problematiche di ricerca.

5

Chimica, molecole e il mondo delle forme

Nel secondo capitolo, e in parte anche nel successivo, abbiamo cercato di illustrare da un punto di vista generale come l'ispirazione alla base del lavoro dell'artista e dello scienziato e i meccanismi dei processi conoscitivi della scienza e dell'arte possano avere caratteristiche comuni o simili. Vogliamo ora dare una valenza concreta a questi concetti, mettendo alla prova le enunciazioni generali discusse in precedenza in casi reali e concentrando inizialmente la nostra attenzione sulle arti figurative (pittura, architettura). Quello che ci proponiamo di fare è di prendere in considerazione opere pittoriche o architettoniche per verificare se i meccanismi di analisi e di interpretazione del loro significato e del loro valore estetico trovino poi un più o meno fedele riscontro in meccanismi interpretativi applicati a specifici modelli e teorie scientifici. Il nostro riferimento particolare, ma certamente non esclusivo, sarà alla chimica e alla struttura delle molecole. Eviteremo di addentrarci nei formalismi e nei dettagli di modelli scientifici per guardare semplicemente alle procedure generali, anche se il lettore interessato troverà alcuni riferimenti bibliografici specifici. Poiché il discorso si riferisce a casi ben definiti anche se emblematici, i risultati devono essere intesi come tentativi di definire paradigmi interpretativi da aggiornare o ridefinire caso per caso.

5.1 Chimica e pittura

5.1.1 *Las Meninas* di Velazquez

Volendo considerare possibili approcci comuni tra chimica e pittura, concentriamo la nostra attenzione su un'opera che è universalmente considerata la rappresentazione pittorica per antonomasia, e cioè *Las Meninas* di Diego Velazquez, un olio su tela di grandi dimensioni (318x276 cm) dipinto dall'artista nel 1656, nel periodo della sua maturità, e custodito a Madrid nel Museo Nacional del Prado. La sagoma dei personaggi e degli oggetti rilevanti rappresentati nella scena e la loro disposizione spaziale sono mostrate nella Figura 5.1, insieme con la linea dell'orizzonte e con le linee di prospettiva che convergono nel punto di fuga. Luca Giordano, che ebbe modo di ammirare la tela alcuni anni dopo la sua realizzazione, ne rimase entusiasta definendola *la teologia della pittura*. Più di recente la tela è stata definita *la filosofia dell'arte* (Thomas Lawrence) e c'è un generale consenso che, nella pittura occidentale, questa opera costituisca una delle più grandi espressioni della rappresentazione pittorica (Alpers, 1983b). Il numero di studi apparsi per interpretare il significato di questa opera è straordinario; oltre ai lavori che saranno citati nel seguito, una elencazione di studi monografici è riportata in (Carminati, 2011; Nova, 1997).

A prima vista la rappresentazione è semplice: sembra trattarsi di una scena di corte in una sala dell'Alcazar, dimora del re di Spagna Filippo IV. I personaggi rappresentati sulla tela sono tutti ben identificati, grazie alla descrizione di Palomino, primo biografo di Velazquez. Al centro della scena, in primo piano, troviamo l'infanta di Spagna Margherita d'Asburgo (all'età di 5 anni) assistita da due damigelle d'onore, a sinistra Dona Maria Augustina Sarmiento che le porge da bere, a destra Dona Isabela de Velasco. Ancora più a destra la nana Mari-Barbola e il nano Nicolasito Pertusato nell'atto di molestare col piede un mastino accovacciato. In secondo piano, dietro la seconda damigella, Dona Marcella de Ulloa, una dama di compagnia addetta al servizio delle dame di corte, che conversa con il cavaliere *guardadamas* Don Diego Ruiz de Ascona. Nella parete di sfondo della sala uno specchio posto al centro riflette l'immagine della coppia reale Filippo IV e Marianna. Subito a destra dello specchio si apre una porta che mostra un corridoio con alcuni scalini sui quali indugia un personaggio, José Nieto Velazquez, ma-

resciallo di casa della regina, nell'atto di uscire o, forse, di entrare nella sala. Sulla estrema sinistra, infine, vediamo il retro di una grande tela posta su un cavalletto e il pittore Diego Velazquez con il pennello e la tavolozza che, per un momento, ritrae la sua attenzione dalla tela, sulla quale sta dipingendo una rappresentazione il cui contenuto ci è precluso.



Figura 5.1: Diego Velazquez, *Las Meninas*, 1656. Sagome dei personaggi e degli oggetti della rappresentazione con la linea dell'orizzonte e alcune linee prospettiche che convergono nel punto di fuga.

In prima istanza, quindi, il quadro sembra un'istantanea della vita di corte che cristallizza gli attori della scena in una posizione precisa rappresentata con grande naturalismo, ma quale sia il vero contenuto o significato della

scena appare misterioso o ermetico. Il carattere ambiguo ed ermetico della rappresentazione emerge già dal titolo del quadro, sia quello attuale, *Las Meninas*, in quanto le damigelle d'onore non sembrano svolgere un ruolo di particolare importanza se non di dare rilievo alla figura dell'Infanta, sia quello originario, risalente al 1666, *La Senora emperadriz con sus damas y una enana*, né, infine, quello dato nel 1734 come *La familia del senor rey Phelipe IV*.

Le chiavi di lettura del dipinto sono state molteplici. Basti pensare che Pablo Picasso, dopo avere ammirato la tela, ha dipinto ben 58 riproduzioni diverse di *Las Meninas* nel tentativo di penetrarne tutta la molteplicità dei significati nascosti. In una conversazione sull'arte con Sebartés, Picasso ha affermato:

Si alguien se pusiese a copiar Las Meninas, totalmente con buena fe, an llegar a cierto punto y si el que las copiara fuera yo, diria: Y si pusiera ésta un pochito más a derecha o a la izquierda? Yo probaria de hacerlo a mi manera, olvidandome Velazquez. (Se qualcuno si mettesse a copiare Las Meninas, completamente in buona fede, arrivato a un certo punto e se a copiarla fossi io, direi: E se mettessi questo un poco più a destra o più a sinistra? Io proverei a farlo a modo mio, dimenticandomi di Velazquez). [TdA]

a significare la molteplicità dei significati che sarebbe possibile estrarre dalla scena.

Un'osservazione che costituisce un buon spunto iniziale di riflessione è che nella tela sono rappresentati insieme personaggi di assai diverso livello sociale, dall'infanta alla coppia reale, sia pure presente solo attraverso l'immagine riflessa nello specchio, alle dame di corte, agli ufficiali, ai due nani e, infine, al pittore, per non parlare del mastino. Considerato il rigido rituale che vigeva nella corte spagnola del tempo, questa commistione di personaggi è stata interpretata come un segnale, o un auspicio, di un cambiamento/sovvertimento dell'ordine sociale che l'artista esprime come l'emergere di un comune nuovo sentire (Leppanen, 2000). È una interpretazione possibile che, però, forse non tiene conto dei rapporti armoniosi che esistevano tra Velazquez e Filippo IV il quale, nella fattispecie, era anche il committente dell'opera.

Secondo questa stessa linea di approccio, la presenza, come figura importante della rappresentazione, dell'artista è stata interpretata come una rivendicazione del ruolo della pittura, allora considerata al livello di attività artigianale, come un'attività artistica nobile. In questo senso la circostanza può ben essere vista come ambizione personale dell'artista Velazquez, a lungo perseguita, a un riconoscimento nobiliare, che in effetti egli ottenne alcuni anni dopo. Si dice, del resto, che la croce rossa sul petto di Velazquez, segno di un'appartenenza nobiliare, sia stata apposta in una fase successiva direttamente da Filippo IV.

Secondo questo stesso schema interpretativo, è stato suggerito un parallelo con la vicenda e i rapporti tra un grande artista del passato, Apelle, e il suo mentore Alessandro Magno. La vicenda, come celebrazione o rivendicazione del potere e della nobiltà della pittura, è stata immortalata da Giovan Battista Tiepolo nella tela *Alessandro e Compaspe nello studio di Apelle*, una versione della quale, conservata nel Paul Getty Museum di Los Angeles, è mostrata nella Figura 5.2. La vicenda è stata raccontata da Plinio nella sua *Historia Naturalis*. Compaspe era «la più bella delle mantenute di Alessandro» e Alessandro volle che un ritratto di Compaspe fosse eseguito da Apelle, il più grande pittore del tempo. Durante le lunghe sedute di posa, rappresentate nella tela, Apelle si innamorò della bellissima Compaspe e Alessandro, accortosi di questo, decise di regalare Compaspe al pittore, come compenso per la sua opera. È una metafora della autorità costituita che si inchina di fronte all'arte, metafora che sarebbe stata ripresa da Velazquez in *Las Meninas*.

In maniera del tutto contraria il dipinto è stato interpretato come celebrazione ed esaltazione della regalità (Snyder, 1985). Il sovrano non è fisicamente presente nella scena e, come tale, è in qualche modo invisibile e inaccessibile al popolo. Ma la sua presenza si evince dalla sublimazione dell'immagine sua e della regina nello specchio, posto al centro della rappresentazione. Una presenza invisibile, quindi, ma immanente nell'immagine riflessa. Nessuno dei personaggi della scena presta attenzione allo specchio ma il sovrano, attraverso l'immagine riflessa nel punto centrale della parete terminale e della tela, è in realtà l'assoluto punto di riferimento della rappresentazione. La sovranità si materializza poi nella figura della infanta, erede al trono, posta in evidenza nel punto centrale della scena, subito al di sotto dello specchio con l'immagine riflessa del sovrano.



Figura 5.2: Giovan Battista Tiepolo. Alessandro e Compaspe nello studio di Apelle. Paul Getty Museum.

Altre ricostruzioni narrative della scena sono possibili, alla ricerca delle occasioni di confluenza dei personaggi nello studio del pittore, della loro eventuale reazione a eventi inattesi come, ad esempio, l'arrivo (o la dipartita?) dei sovrani per una seduta di posa. Tuttavia, l'attenzione maggiore dei critici d'arte e degli storici del pensiero è stata rivolta al messaggio del dipinto come filosofia della rappresentazione e cioè al dipinto come *rappresentazione della rappresentazione*. Partendo dalla mirabile esegesi di Foucault nel primo capitolo di *Le parole e le cose. Una archeologia delle scienze umane* (Foucault, 1978), l'analisi si sviluppa in generale sulla base della complessa costruzione geometrica della scena, del gioco prospettico e della corrispondenza degli sguardi (Snyder and Cohen, 1980; Searle, 1980; Steinberg, 1981; Snyder, 1985; Alpers, 1983b; Schmitter, 1996). Per analisi più recenti vedi Finocchi (Finocchi, 2006) e Gugleta (Gugleta, 2011). Una antologia dei vari approcci interpretativi è stata riportata da Nova (Nova, 1997). Non è nostro proposito avventurarci nell'interpretazione epistemica dell'opera ma vogliamo con-

centrarci, per i nostri fini, sulla composizione geometrica e prospettica della scena e su alcune sue conseguenze e implicazioni.

Un'analisi topologica

L'analisi di *Las Meninas* in termini prospettici e di strategie spaziali della composizione si basa sulla presunzione che la tela sia stata dipinta secondo i canoni della prospettiva lineare albertiana (o italiana o meridionale) che sono sinteticamente illustrati nella xilografia di Durer del pittore che ritrae un nudo femminile, mostrata in Figura 5.3.



Figura 5.3: Albrecht Durer, 1525. Disegnatore della donna coricata.

Secondo questo approccio, esemplificato dalla presenza tra il pittore e il soggetto di una griglia di riferimento, il pittore riproduce quello che vede guidato dal suo punto di vista e non per mera imitazione di una realtà obiettiva. Ampliando il discorso, il pittore, e lo spettatore dopo di lui, vede uno spettacolo mediato da un suo condizionamento culturale.

A questo approccio si può contrapporre un canone nordico o olandese secondo il quale il pittore capta il mondo esterno per come esso è effettivamente, senza griglie di riferimento e senza sovrastrutture o preconcetti; l'oggetto della rappresentazione ci offre una realtà che esiste di per sé, indipendentemente dall'artista. Secondo alcuni autori la complessità e l'ambiguità di *Las Meninas* discende dal fatto che Velazquez non si sarebbe servito di un unico canone ma avrebbe mescolato i due canoni già detti sopra, oltre ad attingere parzialmente al canone barocco che, al contrario, si propone di rappresentare il non rappresentabile (Alpers, 1983b,a).

Stabilita questa premessa generale, l'osservazione di *Las Meninas* mostra che sei dei personaggi della scena (il pittore, l'infanta, una damigella, la nana, il Guardadamas e il maresciallo spettatore nel vano della porta) guardano, come mostrato in Figura 5.4, oltre la tela, fuori di essa, verso di noi spettatori o verso il modello del pittore (i reali di Spagna), proiettando quindi la scena fuori della scena stessa. Alternativamente, la scena si proietta al di fuori o noi spettatori siamo attratti dentro la scena e diveniamo partecipi della rappresentazione. Nel rapporto di corrispondenze e reciprocità, e nel gioco degli sguardi, i personaggi della scena acquistano nuovi significati oltre la loro statica collocazione.



Figura 5.4: *Las Meninas*. Direzione degli sguardi dei personaggi della scena verso il modello/spettatore.

L'ambiguità della scena viene esaltata dal fatto che il punto di attrazione esterno degli sguardi non si identifica automaticamente con il punto di vista dettato dalla prospettiva. Tradizionalmente, il punto di fuga, rispetto al quale il punto di vista si pone simmetricamente fuori della tela, coincide con il punto focale della rappresentazione. Questo, ad esempio, è del tutto evidente nell'*Ultima cena* di Leonardo da Vinci nella quale le linee di prospettiva convergono nel volto di Gesù Cristo, che è indubbiamente il punto centrale della scena. Il punto di vista privilegiato è necessariamente fuori della tela al centro della stessa, in corrispondenza con il punto di fuga. La situazione non è la stessa nel caso di *Las Meninas*. Infatti, il punto di fuga della scena (come mostrato nella Figura 5.1) si colloca sull'avambraccio del maresciallo spettatore nel vano della porta in fondo alla sala, un punto che sembra irrilevante per l'osservazione della scena. Questo apre la possibilità di molteplici punti di osservazione tra i quali lo spettatore può scegliere divenendo protagonista della rappresentazione. Questa molteplicità eventualmente conferma l'ipotesi già discussa che Velazquez non obbedisca rigorosamente a uno specifico canone prospettico.

Scorrendo lungo la tela il gioco di reciprocità che rende lo spettatore protagonista della scena si ripete. Un nuovo punto di attrazione è il pittore. Velazquez ritrae per un momento la sua attenzione dalla tela a cui sta lavorando per guardare verso il modello, che è stato o sarà ritratto sulla tela, o verso di noi spettatori che come intrusi ci scambiamo con il modello. Si crea quindi una triangolazione, mostrata in Figura 5.5, tra il pittore, il modello/spettatore e la tela invisibile e questo nuovamente evidenzia l'importanza delle relazioni tra personaggi e oggetti della rappresentazione nella lettura della scena.

Proseguendo nell'analisi lungo queste linee è infine possibile scoprire nuove correlazioni tra i personaggi della rappresentazione, sottolineate da nuovi elementi di simmetria che emergono (Steinberg, 1981). Proiettando la disposizione dei personaggi sul pavimento della sala si ottiene il risultato mostrato nella Figura 5.6 che mostra come i personaggi si possano aggregare in triadi che si caratterizzano per le funzioni svolte dai loro componenti. Un triangolo interno, quasi isoscele, comprende l'infanta, la damigella alla sua sinistra e la nana, accomunate dallo sguardo diretto fuori della tela verso lo stesso punto (come abbiamo già visto nella Figura 5.4). Ai vertici di un triangolo più grande, ma quasi simile, vediamo l'altra damigella, la da-

ma di corte e il nano che sono indifferenti a quello che succede all'esterno e sono concentrati nelle loro azioni, rispettivamente di servizio all'infanta, di conversazione e di gioco. Il terzo triangolo costituito dai tre personaggi maschili domina tutta la scena: essi guardano verso l'esterno ma allo stesso tempo sembrano controllare il resto dei protagonisti nella sala. Queste triadi si aggiungono a un'ulteriore triangolazione tra il sovrano, la regina e lo spettatore che, come abbiamo visto, si alternano nella posizione di riferimento fuori della tela e nella immagine riflessa nello specchio.



Figura 5.5: Triangolazione degli sguardi tra il pittore, il modello/spettatore e la tela invisibile.

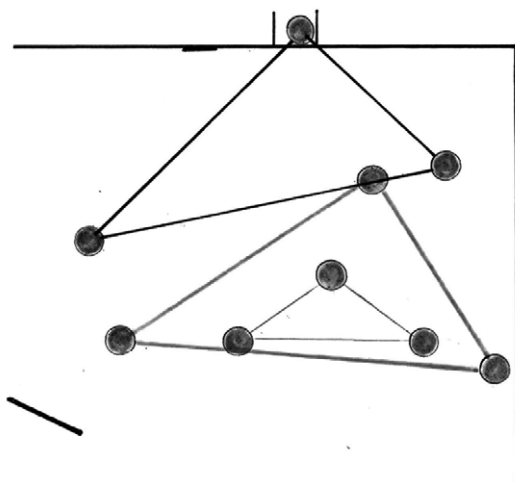


Figura 5.6: *Las Meninas*. La disposizione dei personaggi nella sala e le triangolazioni possibili tra di loro.

Guardando la scena nel suo complesso Foucault (Foucault, 1978) identifica, come ulteriore elemento di simmetria e strutturazione geometrica della rappresentazione, una conchiglia elicoidale che partendo dal pittore e dalla tela scorre lungo la parete di sfondo della sala per ripiegare infine fino alla finestra sulla estrema destra, avvolgendo tutti i personaggi. Meno genericamente, se ci concentriamo sul nucleo centrale della scena, lasciando da parte la tela misteriosa, la parte superiore della parete in fondo con i quadri e il soffitto, vediamo che tutta la scena viene racchiusa in un perfetto rettangolo aureo, come mostrato nella Figura 5.7¹. I personaggi del quadro si trovano allora iscritti in una spirale logaritmica il cui fuoco cade tra l'infanta e la damigella inginocchiata.

¹ Il rettangolo aureo è un rettangolo in cui le lunghezze dei lati a e b sono nel rapporto $a/b = 1.618$. Esso ha la proprietà che se si sottrae un quadrato di lato uguale al lato minore b del rettangolo, quello che rimane è ancora un rettangolo aureo. Una spirale logaritmica si inserisce perfettamente in un rettangolo aureo. Le proporzioni del rettangolo aureo risultano esteticamente particolarmente gradevoli (Corbalan, 2013).

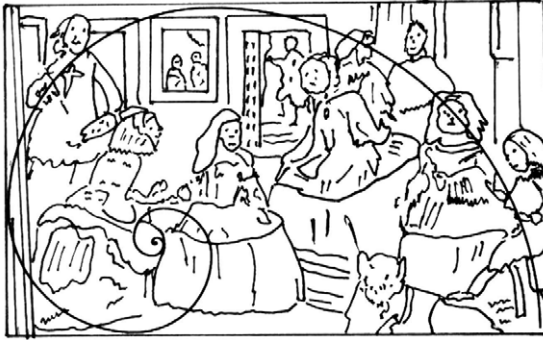


Figura 5.7: *Las Meninas*. Parte centrale della scena iscritta in un rettangolo aureo con i personaggi inseriti entro una spirale logaritmica.

Il continuo rimando tra l'interno e l'esterno della scena, tra il visibile e l'invisibile, si ripete ancora. Sulla parete di fondo della scena lo specchio con l'immagine riflessa dei sovrani splende di una luce propria, che non sembra provenire né dalla grande finestra laterale sulla destra della tela né dal vano oltre la porta aperta. Lo specchio non riflette nulla di quello che è contenuto nella scena. L'artificio dello specchio è assai frequente nella pittura e la sua funzione è di rendere qualcosa che è già presente nella scena, visto da una diversa angolatura o prospettiva. Questo è, ad esempio, evidente nella *Venere allo specchio* di Diego Velazquez in cui la dea è ritratta dal di dietro e lo specchio restituisce le fattezze del volto della dea. Un altro esempio, peraltro più ambiguo, è il *Ritratto dei coniugi Arnolfini* di Jan van Eick. Il pittore ritrae la coppia, riccamente abbigliata, in piedi in una sala sulla cui parete di fondo è uno specchio convesso che riflette non solo la coppia di spalle ma una porta nella quale compaiono due personaggi, esclusi dalla scena principale quale è vista dal pittore. Nel caso di *Las Meninas* lo specchio riflette qualcosa che è completamente fuori dalla scena, e quindi si proietta anch'esso competentemente fuori dalla scena per restituire qualcosa di invisibile, assumendo il valore di uno specchio metaforico. Ma, d'altra parte, anche lo specchio preserva un carattere di invisibilità in quanto nessuno dei personaggi della scena sembra prestarvi attenzione, nonostante la sua posizione centrale. La stessa sensazione di rimando e reciprocità ci è offerta dal maresciallo oltre la

porta sulla parete di fondo: l'ambiguità del suo atteggiamento, se in entrata o in uscita, crea ancora una alternativa tra il dentro e il fuori.

La scena dipinta si offre, quindi, con una molteplicità di centri di riferimento: il pittore, la tela misteriosa, lo specchio, il maresciallo spettatore, l'infanta che incombe in primissimo piano. Questi centri non si escludono vicendevolmente ma si alternano in successione continua mentre osserviamo la scena. E la reciprocità appare come un carattere fondamentale della struttura in quanto la tela dipinta con i suoi personaggi guarda qualcosa di esterno alla scena, il modello o noi osservatori, per i quali il quadro stesso è la scena da osservare.

Abbiamo descritto la geometrizzazione della scena di *Las Meninas* seguendo piuttosto fedelmente l'analisi di Foucault (Foucault, 1978). Ma quale è il significato di tutto questo dal nostro specifico punto di vista? La scoperta di questa rete di correlazioni e di rimandi nella rappresentazione fa perdere importanza ai personaggi nella loro staticità: quello che conta e assume significato non è la disposizione dei personaggi in sé quanto le relazioni e le interazioni reciproche. Nella analisi della tela, alla ricerca dei suoi significati, ci siamo dovuti affidare a considerazioni squisitamente topologiche.

5.1.2 Chimica e topologia

In un interessante articolo Vicens (Vicens, 2011) ha stabilito un parallelo tra questo approccio topologico e quello usato nella chimica dal cosiddetto *principio topochimico* (Cohen and Schmidt, 1964; Schmidt, 1971). Il principio si applica alle reazioni chimiche nello stato solido che presentano delle peculiarità. Una normale reazione chimica in fase gassosa o in un liquido (o in soluzione) richiede necessariamente l'incontro o l'urto di due molecole, un urto che provocherà la rottura di alcuni legami chimici e la formazione di nuovi legami, con la trasformazione in prodotto. Ma un urto richiede che le molecole si possono muovere più o meno liberamente. Nello stato solido, invece, le molecole occupano posizioni fisse in un reticolo cristallino e la loro mobilità è nulla o, più esattamente, estremamente ridotta. Le molecole e gli atomi nel cristallo si muovono, oscillano intorno alle loro posizioni di equilibrio con ampiezze che crescono aumentando la temperatura, con una dinamica così descritta in una poesia di Roald Hoffmann dal titolo *An Unusual State of Matter* (Uno stato inusuale della materia):

AN UNUSUAL STATE OF MATTER

In the stream sands of North Carolina
one finds monazite, the solitary
mineral. In its crystalline beginning
there was order, there was a lattice.
and the atoms – cerium, lanthanum,
thorium, yttrium, phosphate – danced
round their predestined sites,
tethered by their massless springs
of electrostatics
and by their neighbors bulk.
They vibrated,
and sang
in quantized harmony
to absent listeners,
to me².

Dobbiamo quindi aspettarci che nel solido la capacità delle molecole di reagire diminuisca drasticamente a causa della ridotta mobilità atomica. Questo fatto è in generale verificato sperimentalmente. Tuttavia, è stato trovato che ci sono reazioni chimiche che avvengono più facilmente nello stato solido. Il principio topochimico afferma che nei solidi possono, evidentemente, avvenire solo reazioni che richiedono spostamenti atomici minimi ma che nei solidi le molecole si possono autoorganizzare (o essere costrette a farlo) nella maniera più opportuna (dettata dalla loro forma e dalle interazioni reciproche) (*ingegneria dei cristalli*) (Desiraju et al., 2011) in modo che i gruppi reattivi siano orientati e affacciati reciprocamente per rendere possibili alcune specifiche reazioni.

Come esempio, consideriamo la reazione nello stato solido del cianoacetilene, una molecola lineare costituita da idrogeno H, carbonio C e azoto N, con formula di struttura mostrata in Figura 5.8. Le molecole di cianoacetilene possono reagire tra loro per formare lunghe catene polimeriche e

² UNO STATO INUSUALE DELLA MATERIA. Nelle sabbie fluviali della Carolina del Nord / si trova la monazite, il solitario / minerale. Nella sua origine cristallina / c'era ordine, c'era un reticolo. / E gli atomi, cerio, lantanio, - torio, ittrio, fosfato, danzavano / intorno ai loro siti predestinati, / incatenati dalle molle senza peso / dell'elettrostatica / e dalle masse dei loro vicini. / Vibravano / e cantavano / in un'armonia quantistica / per ascoltatori assenti, / per me. [TdA]

questa reazione avviene più agevolmente nello stato solido. Nella Figura 5.9 è mostrata la disposizione delle molecole in uno strato planare del reticolo cristallino. Si vede che nelle molecole che giacciono nello stesso piano del cristallo ci sono coppie di atomi di carbonio disposte nella maniera ottimale per unirsi a formare nuovi legami e lunghe catene polimeriche. Le piccole oscillazioni portano questi atomi a distanze utili a formare i nuovi legami, come mostrato nella figura.



Figura 5.8: Formula di struttura del cianoacetilene.

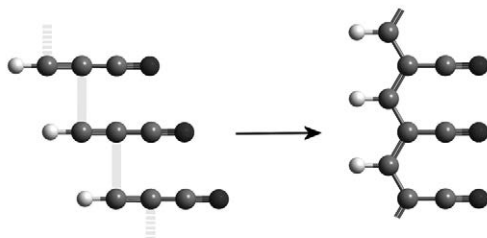


Figura 5.9: Reazione topochemica nel cristallo di cianoacetilene. A sinistra è mostrata la disposizione delle molecole in un piano del reticolo cristallino. La reazione avviene tra molecole nello stesso piano. I legami si formano tra il terzo atomo di una molecola e il secondo di quella sottostante. A destra è mostrata la struttura del polimero che si forma dopo la reazione.

Quello che il principio topochemico mette in luce è che per le reazioni chimiche nello stato solido il ruolo fondamentale è giocato dalle interazioni, dalla disposizione reciproca, dalle correlazioni, dai rimandi tra le molecole, che sono i personaggi di questa rappresentazione, correlazioni che contano più delle proprietà individuali³. Infatti le stesse reazioni non avvengono nel

³ In realtà è stato mostrato (Bini and Schettino, 2014; Ciabini et al., 2007) che le piccole oscillazioni delle molecole intorno alle loro posizioni di equilibrio nel cristallo generano delle

liquido o avvengono con molta più difficoltà. Vediamo quindi che un approccio topologico sostanzialmente simile può essere applicato per leggere un dipinto come *Las Meninas* e per interpretare un fenomeno chimico.

La osservazione di Vicens riguardante il principio topochemico è in definitiva solo un caso particolare e può essere estesa più in generale allo stato cristallino e alla *chimica supramolecolare*. La struttura e le proprietà di un cristallo dipendono, infatti, sostanzialmente dalla topologia del sistema e cioè dalla disposizione geometrica, dalle distanze e orientazione reciproca, dalle interazioni delle molecole che riempiono il reticolo cristallino. Nella Figura 5.10 è mostrata la disposizione delle molecole nella cella elementare del cristallo di anidride carbonica:

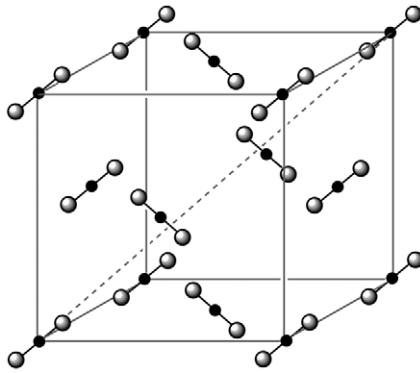


Figura 5.10: Rappresentazione della struttura cristallina e dell'impacchettamento delle molecole di anidride carbonica nel cristallo di ghiaccio secco.

Le molecole sono situate ai vertici della cella elementare cubica e ai centri delle facce e sono orientate lungo le varie diagonali del cubo, come indicato esplicitamente per due delle molecole mostrate in figura. In effetti, ci sono geometrie di insieme, strutture cristalline, che si ripetono anche cambiando gli attori (le molecole), preservando un ordine e una regolarità sorprendenti. Ad esempio, nel caso che stiamo discutendo, si trova che in opportune con-

fluttuazioni istantanee delle posizioni e distanze atomiche che sono essenziali per avvicinare ulteriormente le molecole e perché la reazione avvenga.

dizioni di temperatura e di pressione, le molecole lineari di azoto $N \equiv N$, ossigeno $O = O$, acetilene $H - C \equiv C - H$ e altre molecole lineari, indipendentemente dalle differenze strutturali, cristallizzano in strutture cubiche topologicamente identiche a quella della anidride carbonica $O = C = O$ mostrata nella Figura 5.10. Questo indica che a determinare l'impacchettamento delle molecole nella struttura cristallina sono le loro interazioni reciproche, che sono molto simili in questo caso, piuttosto che la struttura interna delle molecole.

Gli stessi criteri topologici sono alla base anche della chimica supramolecolare (Lehn, 1995) che studia insiemi di molecole, uguali o diverse tra loro, che si organizzano in superstrutture, supramolecole, che sono tenute insieme da interazioni più deboli senza la formazione di nuovi legami chimici, per formare oggetti che hanno proprietà diverse da quelle dei singoli componenti. Un esempio particolarmente illustrativo è quello dei cosiddetti *clatrati idrati* (Sloan, 1998) che sono aggregati di molecole di acqua, H_2O , che ha la struttura mostrata in Figura 5.11, e di altre molecole.

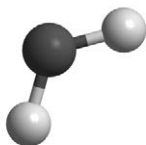


Figura 5.11: Formula di struttura della molecola dell'acqua H_2O .

Nei clatrati idrati un certo numero di molecole di acqua si autorganizza per formare delle gabbie che al loro interno possono inglobare, nascondere, una molecola di un'altra specie. Nella Figura 5.12 è mostrata la struttura del clatrato idrato di metano: al centro della gabbia si trova una molecola di CH_4 , la cui struttura molecolare è mostrata in Figura 5.24. La cosa notevole è che la gabbia delle molecole di acqua non può esistere da sola e viene stabilizzata solo dalla presenza della molecola ospite, sequestrata al suo interno. Determinanti per la stabilità del sistema sono le interazioni repulsive tra la molecola ospite e le molecole di acqua della gabbia. Senza la molecola in-

trappolata la gabbia collasserebbe per formare il normale ghiaccio. È affascinante osservare la struttura di altissima simmetria della gabbia del clatrato idrato, struttura che è quella del dodecaedro, uno dei solidi platonici di cui parleremo in seguito, anch'esso mostrato in Figura 5.12⁴.

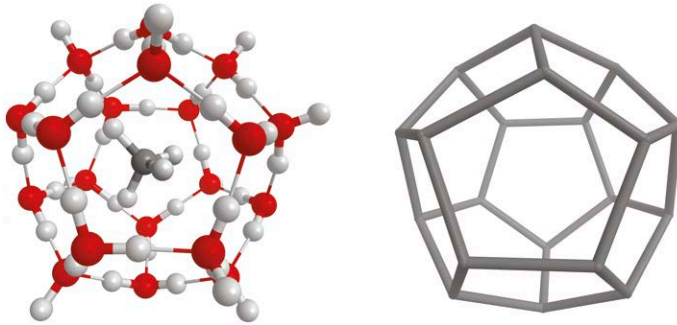


Figura 5.12: Struttura del clatrato idrato di metano (a sinistra) e del dodecaedro (a destra).

In conclusione, in queste ultime due sezioni abbiamo considerato un dipinto, *Las Meninas* di Velazquez, universalmente considerato un prototipo, un paradigma, della rappresentazione pittorica, e abbiamo visto che possiamo esplorarne il significato attraverso una analisi della topologia della rappresentazione, e cioè sulla base delle relazioni e delle interazioni tra gli elementi della rappresentazione. È un approccio non dissimile concettualmente da quelli che possiamo incontrare nella chimica e abbiamo illustrato questo,

⁴Un clatrato idrato è stato osservato per la prima volta (Sloan, 1998; Ceppatelli et al., 2011) nel 1811 da Sir Humphrey Davy che, gorgogliando acido cloridrico in acqua osservò la formazione di uno strano ghiaccio (il clatrato appunto) a temperatura ben al di sopra dello zero. Per molti anni i clatrati idrati sono stati considerati una curiosità di laboratorio, anche per la stranezza della loro formula di struttura. Verso la metà del secolo scorso la struttura a gabbia è stata finalmente chiarita e si è scoperto che i clatrati idrati si trovano in natura. I clatrati idrati di metano sono molto abbondanti nei fondali marini e nelle calotte polari. È stato stimato che la quantità di carbonio contenuta nei clatrati idrati di metano presenti sulla terra è il doppio di quella contenuta nei depositi petroliferi e nelle miniere di carbone. Il clatrato idrato di metano è anche costituente importante della calotta polare del pianeta Marte e potrebbe costituire una sorgente di acqua, idrogeno, ossigeno e materiali energetici in future esplorazioni robotiche o umane del pianeta.

in particolare, in riferimento alla topochemica (cioè alle proprietà delle reazioni chimiche in fase solida), alle proprietà e alla struttura dei cristalli e delle supramolecole dove i comportamenti chimici sono dettati non tanto, o non solo, dai singoli componenti quanto dalle loro reciproche disposizioni spaziali e dalle loro interazioni.

5.2 Chimica come architettura molecolare

In quell'universo che Salvatore Califano (Califano, 2011) ha definito «il mondo artificiale della chimica organica» il chimico, dopo un lungo percorso di ricerca, ha imparato a districarsi, disaggregando e ricomponendo le complesse molecole naturali nei loro componenti, gruppi di atomi (*gruppi funzionali* secondo il linguaggio della chimica) o, infine, negli atomi costituenti. Gli atomi sono i mattoni fondamentali degli edifici molecolari in cui essi si dispongono in una precisa successione e in una definita organizzazione geometrica spaziale dettate dalla distribuzione degli elettroni intorno ai nuclei atomici. Il bagaglio di esperienze accumulato ha anche consentito al chimico di sintetizzare nuove molecole, non esistenti in natura, inventando così nuove geometrie e nuove funzionalità. In questa visione la chimica è il corrispettivo dell'architettura nel microcosmo atomico.

La metafora della chimica come architettura molecolare è stata limpidamente descritta da Primo Levi in un racconto (*Azoto*) del *Sistema periodico* (Levi, 1988) parlando dell'allossana

[...] mi affrettai a rinfrescarmi la memoria sulla composizione e sulla struttura dell'allossana. Eccone il ritratto dove O è l'Ossigeno, C il Carbonio, H l'Idrogeno (Hydrogenium) ed N l'azoto (Nitrogenium). È una struttura graziosa non è vero? Fa pensare a qualcosa di solido, di stabile, di ben connesso. Infatti, accade anche in chimica, come in architettura, che gli edifici belli, e cioè simmetrici e semplici, siano anche i più saldi: avviene insomma anche per le molecole come per le cupole delle cattedrali e per le arcate dei ponti. E può anche darsi che la spiegazione non sia poi remota né metafisica: dire «bello» è dire «desiderabile», e da quando l'uomo costruisce, desidera costruire con la minima spesa ed in vista della massima durata, e il godimento estetico che prova nel contemplare le sue opere viene dopo. [...] è pro-

babile [...] che la bellezza vera, quella in cui ogni secolo si riconosce, sia quella delle pietre ritte, delle carene, della lama di scure e dell'ala dell'aereo.

L'allossana è una molecola usata come additivo nei rossetti e con la proprietà di produrre i sintomi del diabete se iniettata in animali e la sua struttura è mostrata nella Figura 5.13:

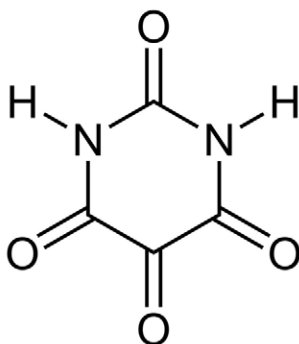


Figura 5.13: Struttura dell'allossana

La metafora ha numerose sfaccettature che la rendono interessante. Un edificio del mondo reale è fatto di adatti materiali e ha un ordine costruttivo, un aspetto e una solidità meccanica che devono rispondere alle esigenze della sua funzionalità. Allo stesso modo una molecola è caratterizzata dagli atomi costituenti, dalla successione e dall'ordine spaziale dei legami chimici e dalla forza degli stessi legami, caratteristiche che rendono conto delle sue proprietà fisiche e chimiche. Le proprietà meccaniche di un edificio reale sono definite dalla resistenza e dall'elasticità in risposta a sollecitazioni esterne. Le stesse caratteristiche possono essere definite per una molecola in termini dell'energia dei legami chimici, della loro elasticità e della flessibilità dell'edificio molecolare rispetto a piccole o grandi deformazioni e rotazioni della struttura intorno a specifici legami chimici. Nella Figura 5.14, riprodotta da (Venturi et al., 2012), sono mostrate due molecole complesse la cui struttura molecolare tridimensionale è paragonata a quella di edifici o strutture del

mondo reale, alla cupola del Battistero di Pisa e all'arcata di un ponte medievale. La Figura mostra chiaramente come la metafora di Primo Levi abbia una corrispondenza precisa con la realtà.

Nella Figura 5.15 viene mostrata la struttura di una complessa molecola di sintesi. Senza entrare nei dettagli chimici della struttura, si vede che la parte superiore della molecola è costituita da una porzione sferica: è la molecola del fullerene, alla quale abbiamo accennato in precedenza e sulla quale ritorneremo ancora in seguito. Il fullerene è legato, quasi appoggiato, a una porzione inferiore della struttura che ha la forma di un calice (calixarene). Questa complessa struttura illustra la capacità della chimica di sintesi di produrre molecole che simulano strutture comuni del mondo fisico. Questa molecola è stata paragonata (Venturi et al., 2012) a un trofeo sportivo come la famosa coppa Rimet del calcio.

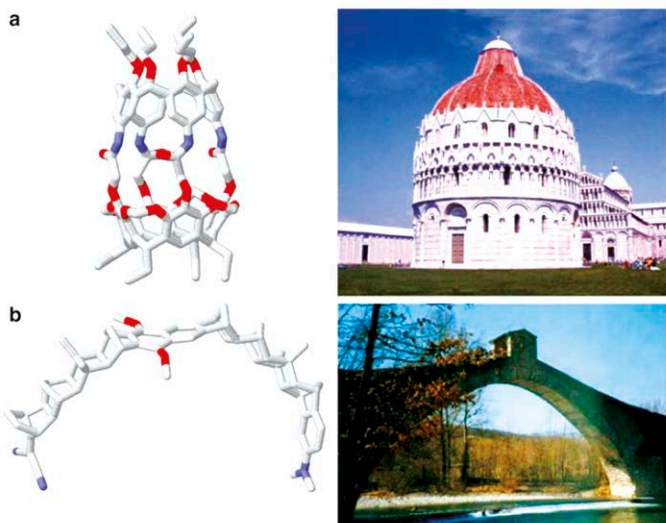


Figura 5.14: Strutture molecolari nanometriche confrontate con la cupola del battistero di Pisa e con il ponte medievale di Olina (Modena).

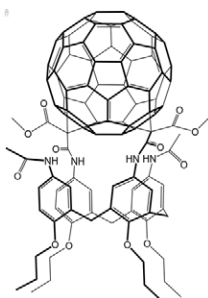


Figura 5.15: Struttura di un sistema supramolecolare complesso: analogo della coppa Rimet del calcio nel mondo microscopico.

5.2.1 Molecole e simmetria

L'idea di bellezza associata alla scienza, e alla chimica in particolare, è stata discussa da Hoffmann (Hoffmann, 2006, 1988a,b, 1989a,b) e da altri (Schummer et al., 2007) e può essere vista sotto vari aspetti, che si riferiscono alla forma e alla funzionalità delle molecole create dal chimico in laboratorio, alla semplicità e nitidezza delle procedure di sintesi, alla forma delle leggi scientifiche, alla modellistica che spiega e interpreta gli esperimenti, all'armonia e periodicità dei movimenti degli elettroni, degli atomi e delle molecole. Tuttavia, i valori estetici intrinseci associati alla chimica sono legati principalmente alla simmetria delle molecole e si richiamano alla concezione platonica che l'armonia sia una misura della bellezza della natura.

La capacità della chimica di costruire molecole e sistemi complessi con nuove e originali strutture tridimensionali è straordinaria. Nella Figura 5.16 sono mostrate le strutture che possono assumere i fiocchi di neve, minuscoli cristalli di ghiaccio, forme che esprimono due apparentemente contrastanti proprietà, la grande variabilità delle possibili strutture e il loro conformarsi a una rigida simmetria esagonale.

La simmetria nel mondo della chimica può essere considerata a un livello intuitivo come proporzione tra le varie parti di una molecola o tra le parti e il tutto, in una prospettiva in cui la geometria delle molecole ripete le forme degli oggetti del mondo macroscopico. Alternativamente, la simmetria è vista, in una formulazione matematica, come invarianza degli oggetti e

delle molecole che ritornano in sé stesse in modo indistinguibile per effetto di operazioni di simmetria come rotazioni, riflessioni o inversione rispetto ad un punto ⁵. La simmetria è un formidabile strumento nella ricerca chimica ed è particolarmente utile per definire la struttura delle molecole e dei cristalli, per l'interpretazione di molte tipologie di esperimenti, per comprendere la struttura elettronica delle molecole e, in molti casi, i meccanismi delle reazioni chimiche.

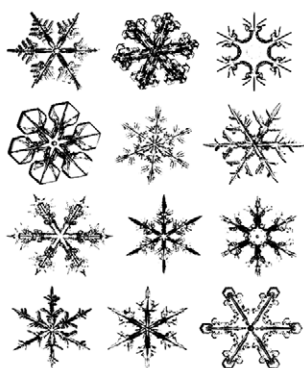


Figura 5.16: Alcune delle possibili strutture esagonali dei fiocchi di neve.

Abbiamo già parlato della corrispondenza di una gabbia dei clatrati idrati con il solido platonico del dodecaedro (vedi Figura 5.12). I solidi platonici (detti anche figure cosmiche) sono mostrati nella Figura 5.17 e due di essi in Figura 5.18 in un disegno di Leonardo da Vinci. I cinque solidi platonici sono gli unici poliedri costituiti da facce tutte uguali e regolari, il triangolo equilatero per l'ottaedro, il tetraedro e l'icosaedro, il quadrato per il cubo e il pentagono per il dodecaedro. I solidi platonici hanno vertici tutti identici e possono essere iscritti nella sfera e uno nell'altro. Questi poliedri furono concepiti da Platone per la loro perfetta simmetria come intermediari tra il mondo disordinato dei fenomeni naturali e la perfezione del mondo celeste e

⁵Nei cristalli, considerati come sistemi infiniti, c'è anche una simmetria traslazionale, cioè il cristallo è invariante anche per traslazioni nello spazio di multipli delle lunghezze che definiscono i parametri della cella elementare.

a ognuno di essi fu associato un elemento della cosmogonia, come mostrato nella Figura 5.17.

Secondo alcuni l'idea di solidi regolari risale a tempi anteriori alla filosofia greca: alcune pietre sagomate rinvenute in Scozia, e forse anteriori al 2000 a.C. (Marshall, 1976; Sala and Cappellato, 2003), sembrano richiamare la struttura dei solidi platonici, come mostrato in Figura 5.19.

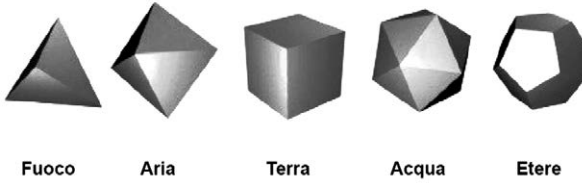


Figura 5.17: I solidi platonici; da sinistra a destra: tetraedro, ottaedro, cubo, icosaedro e dodecaedro. Sotto ogni solido la sua associazione con un elemento della cosmogonia.

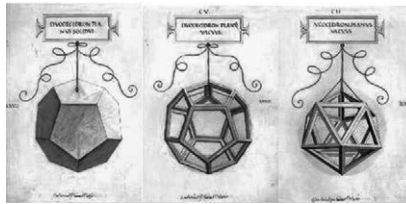


Figura 5.18: Leonardo da Vinci - Tre disegni di solidi platonici.



Figura 5.19: Forma di alcune pietre neolitiche sagomate rinvenute in Scozia.

L'idea di Platone che i solidi regolari facciano, per così dire, da tramite sul piano gnoseologico tra i disordinati fenomeni naturali e la perfezione del mondo iperuranio, non poteva non influenzare il pensiero degli uomini del Rinascimento, intriso com'era di teorie neo-platoniche. L'interesse per i solidi platonici e per le figure geometriche in generale fu vivo tra matematici e artisti rinascimentali. Leonardo da Vinci rappresentò l'armonia del corpo umano iscrivendo l'*Uomo vitruviano*, mostrato nella Figura 5.20, nelle due figure perfette del cerchio e del quadrato: un implicito riconoscimento della scientificità della rappresentazione pittorica.

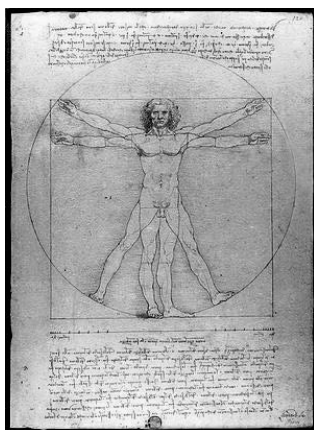


Figura 5.20: Leonardo da Vinci – *Uomo vitruviano*.

Keplero, nella sua opera *Mysterium cosmographicum*, riprende, in altro modo, l'indagine di Platone attorno al senso dei poliedri regolari nella struttura del mondo: sostiene che i solidi platonici siano strettamente legati alle armoniose proporzioni che caratterizzano l'universo, (vedi Figura 5.21):

La Terra è la sfera che misura tutte le altre. Circoscrivi ad essa un dodicaedro: la sfera che lo comprende sarà Marte [nel senso che contiene l'orbita, che allora ancora si riteneva circolare, del suo moto attorno al sole]. Circoscrivi a Marte un tetraedro: la sfera che lo comprende sarà Giove. Circoscrivi a Giove un cubo: la sfera che lo comprende sarà

Saturno. Ora iscrivi alla Terra un icosaedro: la sfera iscritta ad essa sarà Venere. Iscrivi a Venere un ottaedro: la sfera iscritta ad essa sarà Mercurio. Hai la ragione del numero dei pianeti.

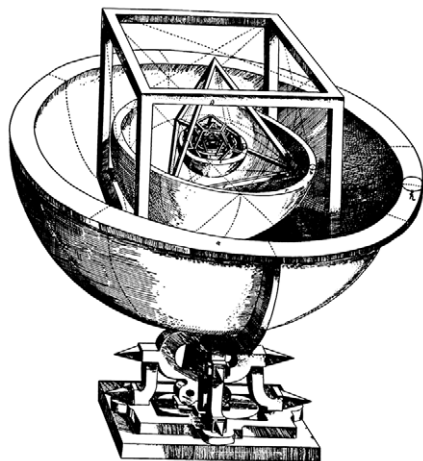


Figura 5.21: Visione di Keplero della struttura del sistema planetario.

Il fascino dei poliedri, e l'idea platonica che riserva ad essi, in considerazione della loro bellezza, un ruolo rilevante nel coniugare il mondo umano con il mistero della trascendenza, sono stati ripresi più volte nella storia dell'arte e hanno sempre stimolato la fantasia degli artisti. Come esempio, possiamo considerare due opere di Salvador Dalí. La prima, una *Ultima cena*, è ambientata in un sala che ha la struttura di un dodecaedro cavo come mostrato nella Figura 5.22. La seconda, denominata *Corpus Hypercubicus*, è una crocifissione in cui la figura del Cristo è magicamente sospesa in aria accanto a una rappresentazione nello spazio tridimensionale di un ipercubo dello spazio a 4 dimensioni (detto anche *tesseracto*). Nello sviluppo nello spazio tridimensionale il tesseracto è costituito da 8 cubi disposti in forma di croce, come mostrato nella Figura 5.23. La figura sospesa del Cristo, la forma della croce, il pavimento a losanghe e lo sfondo nero proiettano la scena in una dimensione metafisica.

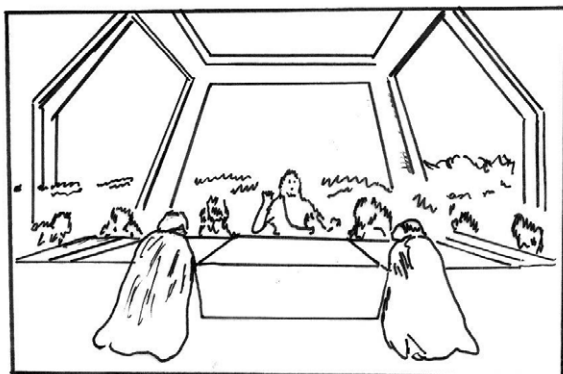


Figura 5.22: Salvador Dalí – *Ultima cena*. Lo schema della rappresentazione illustra l'ambientazione in una sala a forma di dodecaedro cavo.

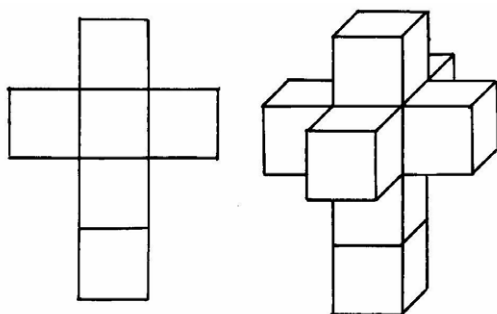


Figura 5.23: Sviluppo di un cubo nello spazio bidimensionale (a sinistra) e di un ipercubo a 4 dimensioni (tesseratto) nello spazio tridimensionale (a destra). Quest'ultima è la forma della croce nel *Corpus Hypercubicus* di Salvador Dalí.

In natura o in laboratorio il chimico ha scoperto o sintetizzato molecole e sistemi supramolecolari aventi la struttura dei solidi platonici. A parte il clatrato idrato di metano che è stato mostrato nella Figura 5.12 e che ha la

struttura del dodecaedro, nella Figura 5.24 è stata riportata la struttura tetraedrica del metano con l'atomo di carbonio al centro del tetraedro e gli atomi di idrogeno ai vertici del solido, la struttura dell'esafuoruro di zolfo SF_6 con l'atomo di zolfo S al centro e gli atomi di fluoro F ai vertici di un ottaedro e la struttura di una molecola di sintesi, la molecola di cubano con formula C_8H_8 , che, come suggerisce il nome, ha la struttura del cubo

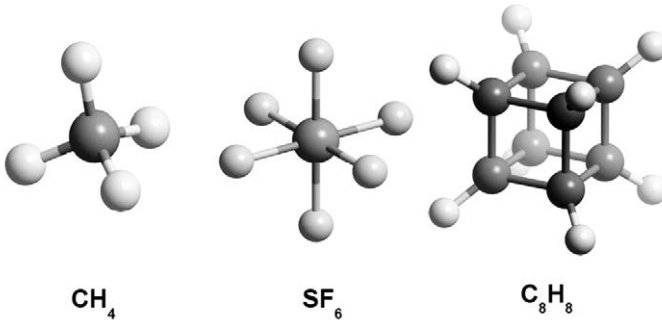


Figura 5.24: Struttura tetraedrica del metano CH_4 , ottaedrica dell'esafuoruro di zolfo SF_6 con lo zolfo S al centro e cubica del cubano C_8H_8 .

Non sono note singole molecole con la struttura dell'icosaedro, il duale del dodecaedro⁶. La formazione di strutture molecolari con questa geometria spaziale creerebbe tensioni troppo forti nei legami chimici, rendendo la struttura instabile. Tuttavia, forme geometriche platoniche si possono trovare nei cristalli che sono aggregazioni di atomi o molecole con periodicità, cioè costituite da unità fondamentali che si ripetono nelle tre direzioni dello spazio senza lasciare vuoti. La periodicità della struttura impone limitazioni all'unità fondamentale che si ripete. Ad esempio, unità fondamentali con simmetria pentagonale non sono permesse. Nei cristalli si possono però avere aggregazioni complesse di atomi che poi si impacchettano in un reticolo tridimensionale. Nel cristallo di carburo di boro, un materiale ultraduro di

⁶Si definisce duale di un poliedro A un nuovo poliedro B i cui vertici sono al centro delle facce del primo poliedro.

interesse anche per impieghi in impianti nucleari, con formula di struttura $B_{12}C_4$, ci sono aggregati di 12 atomi di boro B a struttura icosaedrica, cioè con i 12 atomi di boro ai vertici di un icosaedro. Queste strutture si impacchettano poi in un reticolo romboedrico come mostrato nella Figura 5.25:

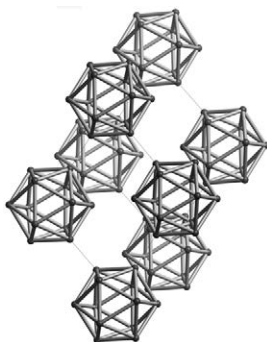


Figura 5.25: Disposizione di icosaedri di boro nel reticolo cristallino del carburo di boro. Gli atomi di carbonio sono omissi.

Una geometria icosaedrica ricorre anche come struttura di molti virus, detti appunto a struttura icosaedrica, che possiamo considerare come supermolecole di grande complessità. I virus sono costituiti da un involucro proteico, chiamato capside, che contiene al suo interno il gene. In alcuni virus due o più polipeptidi si aggregano a formare delle subunità proteiche (capsomeri) che sono poi assemblate a formare capsidi icosaedrici. Il processo di aggregazione per formare un capside icosaedrico è schematicamente mostrato nella Figura 5.26.

Ci sono anche capsidi virali con una architettura elicoidale. Un dettaglio di una aggregazione elicoidale ottamerica in un capside virale è mostrato nella Figura 5.27, una immagine di grande bellezza che rassomiglia a un fiore. È interessante confrontare quest'ultima con l'immagine a destra nella stessa figura che mostra la struttura di una galassia a spirale: il confronto illustra le possibili analogie di simmetria nel macrocosmo e nel microcosmo.

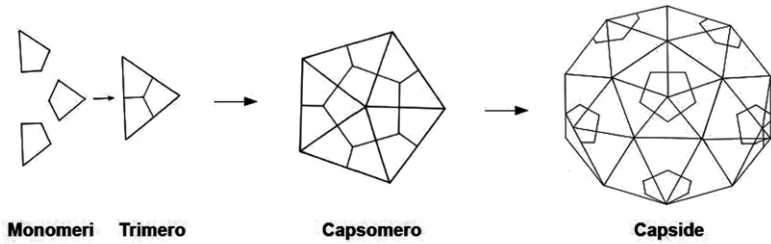


Figura 5.26: Processo di aggregazione successiva di proteine a formare un capsidico icosaedrico.

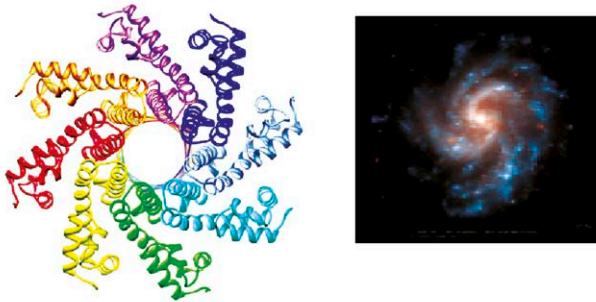


Figura 5.27: Rappresentazione grafica della aggregazione elicoidale ottamerica in un capsidico virale (a sinistra) e struttura di una galassia a spirale (a destra).

Geometrie di elevata simmetria si ottengono anche in molte altre strutture supramolecolari, come ad esempio nella formazione di dendrimeri, strutture ripetitive di un'unità di base che si propaga in più direzioni. Il processo di aggregazione di una struttura dendrimerica secondo generazioni successive è mostrato schematicamente nella Figura 5.28, un processo che mette bene in evidenza il carattere della chimica come vera architettura a livello molecolare.

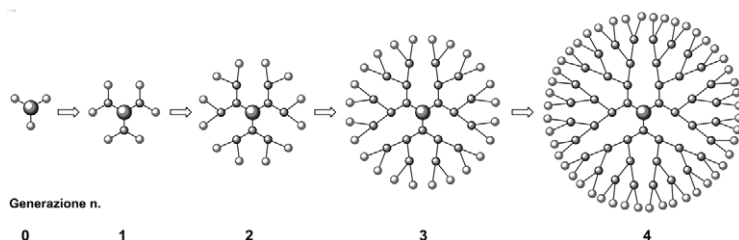


Figura 5.28: Processo di formazione di un dendrimero per ripetizione di una unità fondamentale.

Geometrie altamente simmetriche si osservano anche nelle zeoliti, una famiglia di minerali con struttura cristallina regolare microporosa. Si tratta di alluminosilicati in cui il silicio e l'alluminio si trovano al centro e gli atomi di ossigeno ai vertici di tetraedri concatenati in un'impalcatura che lascia una serie di cavità che sono occupate da acqua e da ioni metallici. La struttura di alcune impalcature (*frameworks*) di zeoliti è mostrata nella Figura 5.29:

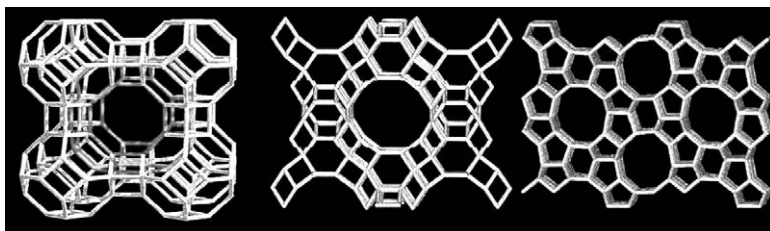


Figura 5.29: Struttura della gabbia fondamentale delle zeoliti di tipo A, Y e ZSM-5 (da sinistra verso destra).

Strutture solide che contravvengono alle limitazioni imposte dalla periodicità si trovano nei cosiddetti *quasicristalli* (cristalli quasiperiodici) che hanno un ordine a lungo raggio più sottile che nei normali cristalli. Le diverse tipologie di ordine e simmetria che si incontrano nei cristalli *normali* e nei quasicristalli sono illustrate, in uno spazio bidimensionale, nella Figura 5.30 (Bindi and Steinhardt, 2012).

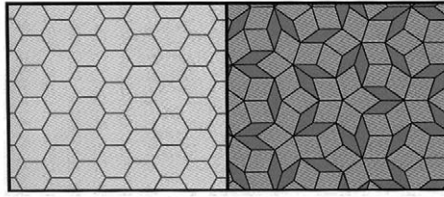


Figura 5.30: Differenti tipi di periodicità in un cristallo (a sinistra) e in un quasicristallo (a destra).

Un quasicristallo di una lega metallica Ho-Mg-Zn è mostrato nella Figura 5.31 in cui si riconosce chiaramente la simmetria pentagonale esterna.

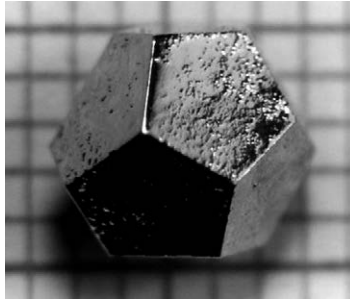


Figura 5.31: Struttura dodecaedra del quasicristallo di una lega metallica Ho-Mg-Zn.

I quasicristalli sono stati scoperti per la prima volta nel 1984 da D. Schechtman (Schechtman, 1984) che, per la sua scoperta, ha ricevuto il premio Nobel per la chimica nel 2011. Di recente, un quasicristallo è stato scoperto in natura in Russia (Bindi et al., 2009) e la Figura 5.32 mostra il diffrattogramma X del cristallo che mette in chiara evidenza la simmetria pentagonale del sistema. È stato ipotizzato che questo quasicristallo possa essere di origine extraterrestre.

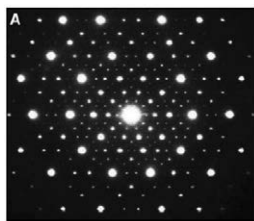


Figura 5.32: Diffratogramma di un quasicristallo naturale che mostra chiaramente la simmetria pentagonale del sistema.

Si possono costruire solidi semiregolari costituiti da due o più tipi di facce regolari e con vertici tutti regolari. Sono i tredici poliedri di Archimede (Sutton, 2003) mostrati nella Figura 5.33

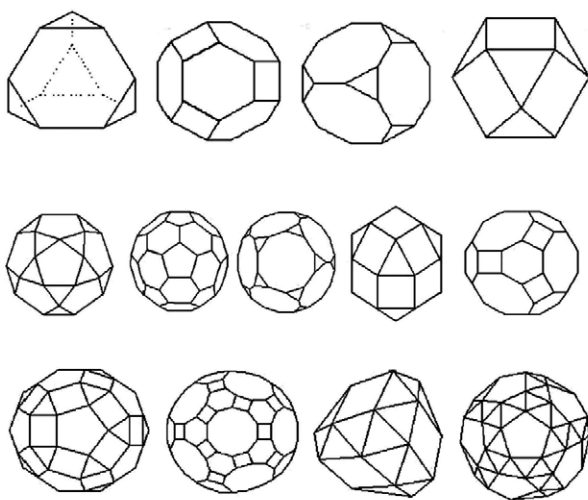


Figura 5.33: Struttura dei tredici poliedri di Archimede.

In ordine da sinistra a destra e dall'alto al basso si tratta del tetraedro troncato, ottaedro troncato, cubo troncato, cubottaedro, icosidodecaedro, icosae-

dro troncato, dodecaedro troncato, rombicubottaedro, grande rombicubottaedro, rombicoidodecaedro, grande rombicoidodecaedro, cubo smussato e dodecaedro smussato. La più straordinaria molecola per la sua elevata simmetria è la molecola di fullerene (Aldersey-Williams, 1995) costituita da sessanta atomi di carbonio, C_{60} , la cui formula di struttura è mostrata in Figura 5.34, che ha la stessa forma di un solido di Archimede, l'icosaedro troncato, anch'esso mostrato in Figura, una figura familiare perché ha la struttura del tradizionale pallone da calcio mostrato in figura.

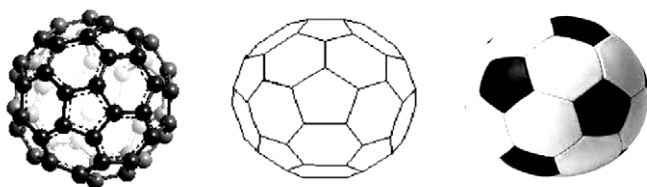


Figura 5.34: La struttura della molecola di fullerene, l'icosaedro troncato e il tradizionale pallone da calcio.

La molecola di fullerene è stata scoperta nel 1985 da Kroto, Curl e Smalley che hanno per questo ricevuto il premio Nobel per la chimica nel 1996. La molecola di fullerene C_{60} è chiamata buckminsterfullerene per la analogia strutturale con le cupole geodetiche predilette dall'architetto Richard Buckminster Fuller, una delle quali è mostrata nella Figura 5.35.

Per i clatrati idrati sono possibili gabbie con altre geometrie oltre quella del dodecaedro che è già stata mostrata. Le strutture più ricorrenti sono mostrate nella Figura 5.36. Si tratta di figure poliedriche di elevata simmetria anche se nessuna di esse è un poliedro di Archimede⁷. Di recente è stato riportato l'ottenimento di una complessa struttura supramolecolare, costituita dalla unione di due strutture molecolari esagonali, che si ripiega su se stessa per costituire una gabbia che ha la struttura di un poliedro di Archimede, e cioè l'ottaedro troncato (Liu et al., 2011).

⁷ I simboli al di sotto dei poliedri indicano il numero di facce di ogni tipo. Ad esempio, il simbolo $5^{12}6^8$ indica che ci sono 12 facce pentagonali e 8 facce esagonali.



Figura 5.35: Una cupola geodetica.

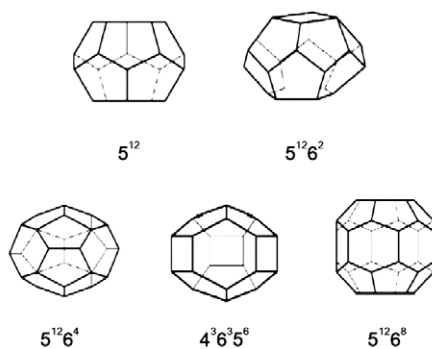


Figura 5.36: Possibili strutture delle gabbie di molecole di acqua nei clatrati idrati.

Un'icona fondamentale della scienza e della biologia moderna è certamente la struttura a doppia elica del DNA, schematicamente rappresentata nella parte sinistra della Figura 5.37. Il motivo dell'elica, semplice o multipla, è assai comune come elemento decorativo in architettura e in altre composizioni, particolarmente nella struttura di colonne tortili. Nella Figura 5.37

la struttura della doppia elica del DNA è confrontata con un particolare di colonne tortili nella facciata del Duomo di Orvieto.

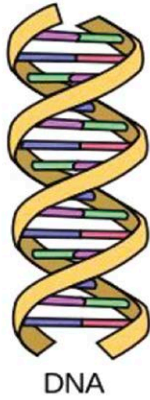


Figura 5.37: Struttura schematica a doppia elica del DNA confrontata con un particolare di colonne tortili nella facciata del Duomo di Orvieto.

6

Chimica e letteratura

L'universo della chimica è densamente popolato da una miriade di sostanze. Oltre a quelle presenti in natura, che pure vengono continuamente identificate e caratterizzate con i moderni metodi chimico-fisici, c'è un numero enorme di nuove sostanze che vengono sintetizzate nei laboratori. Primo Levi nel *Sistema periodico – Azoto* (Levi, 1988) scrive:

[...] *Chemisches Zentralblatt*: è la Rivista delle riviste, quella che, da quando esiste la chimica, riporta sotto forma di riassunto rabbiosamente conciso tutte le pubblicazioni d'argomento chimico che appaiono su tutte le riviste del mondo. Le prime annate erano smilzi volumetti di 300 o 400 pagine: oggi, ogni anno, ne vengono scodellati quattordici volumi di 1300 pagine ciascuno.

Una idea più precisa di questa crescita si può avere dalla Figura 6.1, dove viene riportato in funzione del tempo il numero di sostanze chimiche caratterizzate e registrate nel *Chemical Abstract Service*; si può vedere che il numero di sostanze note cresce esponenzialmente nel tempo. Questi dati mettono bene in evidenza come esista e quale sia la rilevanza di un problema delle *sostanze chimiche* e cioè un problema del loro uso, della loro conservazione e del loro smaltimento.

Esiste un'estesissima letteratura che riguarda la chimica e che copre la descrizione dell'isolamento, della sintesi e della caratterizzazione della struttura e delle proprietà di tutte queste sostanze, i tentativi di raggrupparle in

categorie omogenee da un punto di vista della struttura e delle funzioni e, infine, la discussione delle teorie fondanti della disciplina. È una letteratura scientifica e tecnica, prevalentemente uno strumento di comunicazione tra scienziati e tecnologi, che ha lo scopo principale di riportare nuovi dati o nuove interpretazioni di quanto già noto. Per una consolidata tradizione, e per la finalità primaria di riportare risultati, si tratta di una letteratura caratterizzata da concisione ed essenzialità senza una specifica attenzione allo stile. In questo ambito si trovano certamente opere che per la chiarezza dell'esposizione e per cura dello stile potrebbero essere classificate come capolavori. Ma non è a questa letteratura che è rivolta la nostra attenzione.

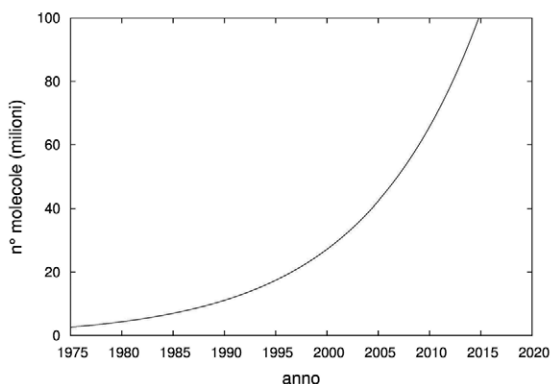


Figura 6.1: Evoluzione negli ultimi decenni del numero di sostanze registrate nel Chemical Abstract Service.

Ci sono altri modi di comunicare la scienza e la chimica quando scienziati si rivolgono a un pubblico di non specialisti o quando scrittori di altra formazione si avvicinano a contenuti scientifici. Allora il racconto assume il carattere di narrazione in cui la scienza entra come contenuto del racconto o come ispirazione e paradigma che permette di affrontare e disvelare problematiche di carattere più generale. Lontano dagli aspetti puramente tecnici, la metafora e la similitudine diventano strutturali alla narrazione. L'intersezione tra scienza e letteratura apre a nuovi scenari per la narrazione, come teorizzato da Primo Levi in *L'altrui mestiere – Ex chimico* (Levi, 1985):

[...] un patrimonio immenso di metafore che lo scrittore può ricavare dalla chimica di oggi e di ieri, e che chi non abbia frequentato il laboratorio e la fabbrica conosce solo approssimativamente. [...] l'abitudine a penetrare la materia, a volerne sapere la composizione e la struttura, a penetrarne le proprietà e il comportamento, conduce ad un insight, ad un abito mentale di concretezza e di concisione, al desiderio costante di non fermarsi alla superficie delle cose. La chimica è l'arte di separare, pesare e distinguere: sono tre esercizi utili anche a chi si accinge a descrivere fatti o a dare corpo alla propria fantasia.

Del resto, parlando di Primo Levi, Italo Calvino ascrive il successo degli scritti del chimico-scrittore proprio alle sue origini di scienziato: «[...] come in una detective-story, in ogni racconto il chimico deve risolvere un caso misterioso». Non è quindi illusorio pensare che ci siano motivazioni e radici profonde che accomunano la chimica e la letteratura.

La discussione critica delle interazioni tra letteratura e scienza è stata di straordinaria ampiezza, già da prima della rivoluzione galileiana che ha posto le fondamenta dell'analisi scientifica dei fenomeni naturali su nuovi canoni precisi. In particolare, Schatzberg et al. (Schatzberg et al., 1987) hanno presentato una bibliografia ragionata delle relazioni letteratura/scienza, anche come autonomo campo di ricerca, che copre un arco temporale molto ampio, dalla antichità fino agli ultimi decenni del ventesimo secolo. Sommarariamente, gli editori indicano tre criteri di base nella loro selezione bibliografica, criteri che riguardano studi della qualità letteraria del lavoro dello scienziato (immaginazione, poetica del linguaggio, stile della prosa) oppure studi della comparazione dei domini della letteratura e della scienza per esplorarne somiglianze e differenze o l'armonia e i substrati comuni e, infine, studi sulla presenza della scienza nella letteratura. In complesso si tratta di una classificazione di studi secondo lo schema generale che è stato delineato nel capitolo secondo di questo volume. Una ricognizione storica simile, anche se meno estensiva, degli studi su letteratura e scienza è stata pubblicata da Cartwright e Baker (Cartwright and Baker, 2005), mentre la antologia di Laura Otis (Otis, 2002) si riferisce ad un periodo più limitato (il secolo diciannovesimo) ma cruciale per questo tema.

In questo capitolo verranno trattate le interazioni tra letteratura e chimica, interazioni che rientrano completamente nel quadro generale delle interazioni tra letteratura e scienza. Tuttavia, nelle trattazioni citate sopra,

e altrove, le specifiche interazioni tra chimica e letteratura hanno ricevuto un'attenzione complessivamente minore, rimanendo in qualche modo nel sottofondo. Il motivo non deriva da scelte deliberate ma dal fatto che l'attenzione si concentra quasi sempre su concetti generali della scienza e dei suoi metodi senza entrare nelle sue molteplici articolazioni.

6.1 Alfabeto e parole della chimica

L'opera letteraria ha necessità per esprimersi di strumenti che sono costituiti dalla lingua e dalla scrittura. Tra la lingua e la scrittura, nel loro significato usuale, e il linguaggio e la *scrittura* della chimica esistono molte analogie che è interessante analizzare.

La scrittura, nella sua prima espressione, nasce come pittografia, cioè si esprime con disegni che rappresentano visivamente e direttamente un oggetto o un'azione. Le necessità di un'organizzazione associativa protourbana o urbana hanno costituito uno stimolo nella direzione della stilizzazione o semplificazione dei segni, come è mostrato nella Figura 6.2 che illustra il cambiamento nel tempo di alcuni pittogrammi in segni cuneiformi. Una sostanziale evoluzione è avvenuta con l'attribuzione al segno scritto di una valenza fonetica, evoluzione che ha portato all'invenzione di scritture sillabiche e, infine, di scritture alfabetiche.

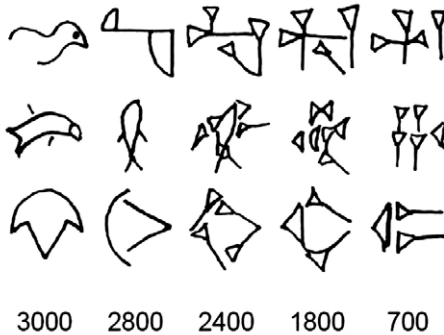
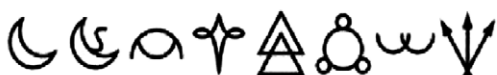


Figura 6.2: Evoluzione (dal 3000 al 700 a.C.) di alcuni pittogrammi in successivi segni cuneiformi.

La scrittura, i segni e il linguaggio della chimica hanno avuto un'evoluzione formalmente del tutto simile. Nella protochimica, che abbiamo associato con l'alchimia, i simboli in uso identificavano una sostanza o una categoria di sostanze oppure un'operazione di laboratorio e una trasformazione di sostanze. Abbiamo già visto nella Figura 3.4 i tre simboli alchemici che identificavano lo zolfo, il mercurio e il sale. Nella Figura 6.3 (ripresa dal sito Scienze Noetiche) sono riportati altri simboli alchemici che identificano l'argento e l'oro. Come si è in sostanza già accennato, i simboli alchemici avevano un significato piuttosto complesso; non avevano solo lo scopo di identificare una sostanza materiale o una trasformazione fisica e chimica della materia ma avevano anche un superiore significato interiore e di sviluppo spirituale. Ad esempio, come si vede dalla Figura 6.3, lo stesso segno identifica l'oro ed il sole, peraltro entrambi sinonimi di perfezione. È notevole osservare come la stessa sostanza possa essere denotata da una molteplicità di segni o di varianti, una circostanza che possiamo associare con un intrinseco carattere narrativo dell'alchimia.



Argento - Luna



Oro - Sole

Figura 6.3: I simboli alchemici dell'argento e dell'oro; la stessa sostanza (o operazione) poteva essere indicata con una grande varietà di segni.

La rivoluzione nella chimica si realizza con la definitiva affermazione della teoria atomica (Califano, 2010), con l'identificazione e l'isolamento degli elementi chimici e con la loro sistematizzazione nella tavola periodica degli

elementi, che è riportata nella Figura 6.4. La tavola periodica degli elementi è l'alfabeto della chimica, con i simboli degli elementi a costituire le lettere dell'alfabeto chimico.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He |
| 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | | | | | | | | | | | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | 57-71 | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | 89-103 | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | 111 Rg | 112 Cn | 113 Uut | 114 Fl | 115 Uup | 116 Lv | 117 Uus | 118 Uuo |
| 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu | | | |
| 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr | | | |

Figura 6.4: Tavola periodica degli elementi.

Come nella scrittura le lettere dell'alfabeto vengono messe insieme in una precisa successione, non in maniera casuale o arbitraria, a costituire le parole, così gli elementi chimici si uniscono tra loro per mezzo di legami chimici per formare le molecole. È una analogia già descritta da Lucrezio (Lucrezio, 1969) (*De Rerum Natura*, II, 1013-1022):

Così nei miei versi è pure importante
quale ordine abbiano lettere e parole
e a quale altra si unisca ciascuna:
giacché sempre le stesse designano
il cielo il mare la terra i fiumi il sole
e ancora le stesse le biade le piante le fiere;
simili tutte o in massima parte,
ma varia il lor senso col loro disporsi.
È quello che accade degli atomi:
quand'essi mutano incontri, ordini, moto, figura,
anche i corpi si devon mutare

La tavola periodica degli elementi è l'icona fondamentale della chimica, una delle più straordinarie invenzioni dell'ingegno umano. Gli elementi chimici,

i mattoni fondamentali costitutivi di tutta la materia, con i loro nomi talora familiari (ossigeno, carbonio, ferro ecc.), tal'altra esotici e misteriosi (gadolino, praseodimio, tungsteno ecc.), sono ordinati nella struttura vagamente asimmetrica della tavola, ciascuno all'incrocio tra una riga e una colonna. Una collocazione che fissa per sempre il loro destino, stabilendo con quali altri elementi, e in che modo, si possano legare per creare lo sterminato mondo delle molecole. La complessità della natura che ci circonda viene sublimata nella incredibile semplicità di una tavola sinottica.

Come icona fondamentale della chimica la tavola periodica ha colpito la fantasia non solo dei chimici e degli scienziati ma anche di scrittori ed artisti (Levi, 1988; Aldersey-Williams, 2011; Kean, 2012). Nel suo libro *Favole periodiche: Le curiose vite degli elementi* (la cui copertina è mostrata in Figura 6.5) Aldersey-Williams, giornalista e scrittore con una formazione di chimico, racconta *la vita avventurosa* degli elementi andando oltre gli aspetti chimici per addentrarsi nella loro storia, nei luoghi e nei periodi della loro scoperta, nel loro uso, proiettando quindi la tavola e gli elementi nella più generale dimensione della cultura umana.

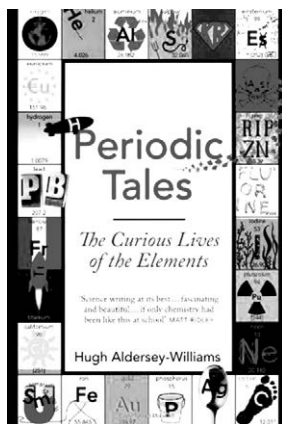


Figura 6.5: H. Aldersey-Williams – *Favole periodiche*.

Aldersey-Williams, nel presentare il suo libro, scrive che il suo proposito è stato di proporre al lettore una:

[...] storia di scoperte e scopritori, di rituali e valori, di sfruttamento e celebrazione. Il mio viaggio mi ha condotto in miniere e studi di artisti, in fabbriche e cattedrali, nei boschi e nelle profondità del mare.

La tavola periodica è come un'idea elementare della ricerca dell'ordine e della semplicità del mondo materiale e dell'universo e, come tale, il suo fascino va molto oltre i domini della chimica. In occasione di una mostra tenuta al Trinity College di Dublino nel 2011 e intitolata *Elements – The beauty of chemistry* (Elementi. La bellezza della chimica) sono state esposte due nuove forme della tavola periodica ideate da due artisti. Particolarmente interessante e intrigante la composizione di Simon Patterson, una litografia su carta, che costituisce una completa rivisitazione della tavola. La composizione propone bizzarre connessioni tra la posizione degli elementi e nuovi nomi che vengono loro attribuiti; gli elementi sono ordinati con un codice di colore (rosso per i gas, blu per i liquidi, nero per i solidi e giallo per gli elementi non naturali) dando ad essi una nuova nomenclatura; ad esempio, il sodio (Na) è Kim Novak, il potassio (K) è Grace Kelly, l'argento (Ag) è Phil Silver e così via. A parte la tenue logica che sottintende al nuovo ordinamento degli elementi, è interessante lo sconvolgimento dei contenuti della tavola che viene considerata dall'artista come una piattaforma per parlare di persone. In questo modo la tavola viene proiettata in regioni completamente estranee alla chimica, attribuendole un carattere di icona universale.

Del tutto simile è l'ispirazione che ha guidato l'artista Paul Robertson che, in occasione di una mostra al Victoria and Albert Museum, intitolata *David Bowie is*, ha realizzato una tavola periodica denominata *The periodic table of Bowie*, divenuta un *cult* e messa in vendita dalla galleria. Nella tavola i simboli solo occasionalmente sono uguali a quelli degli elementi veri e propri e i nomi sono quelli di personaggi che hanno influenzato la vita e la musica del grande cantante o di personaggi storici. Ad esempio Mick Jagger è Ja e il presidente Mao è Mo.

L'artista David Clark ha scoperto il fascino e l'attrazione per la chimica per un curioso fatto occasionale, quasi un segno del destino: il suo cognome è costituito dai simboli di tre elementi chimici consecutivi della tavola periodica, cloro, argo e potassio (Cl Ar K). In occasione della già citata mostra al Trinity College di Dublino ha presentato una nuova tavola periodica, una delle sue numerose composizioni *periodiche*: è una successione, secondo l'ordine e la struttura del sistema periodico, di fornelli elettrici, tutti ugua-

li, ognuno in una casella della tavola. La composizione è stata denominata *I don't think you understand the way I feel about the stove* (Non penso che comprendiate i miei sentimenti per il fornello) e la nuova tavola è riempita di oggetti modesti con cui abbiamo a che fare quotidianamente, esattamente come con gli elementi chimici della tavola che sono onnipresenti nella nostra vita. David Clark ha anche realizzato *Chemical vision* (Visione chimica), un'installazione interattiva di grandi dimensioni, attraverso la quale si può camminare, che ha una struttura spaziale che riproduce la forma dalla tavola periodica e nella quale si possono esplorare fatti scientifici.

Cornelia Parker è un'artista interessata agli elementi della tavola periodica per la loro natura materica; la sua arte è basata su una rivalutazione degli elementi chimici come oggetti. Un'opera della Parker (*Bullet drawing* – Disegno di un chiodo) è stata costruita da un chiodo di piombo trasformato in un filo sottilissimo usato per costruire un debole reticolo, una matrice bidimensionale. L'eterità del reticolo richiama a una singolare corrispondenza (o meglio a un contrasto) con la pesantezza del piombo. Una seconda opera dell'artista (*Thirty-pieces-of-silver* – Trenta pezzi di argento) è invece una semplice collezione di oggetti di argento, un'esaltazione della pura materialità.

Tom Lehrer, un estroso cantante-compositore, pianista, matematico americano, ha ordinato gli elementi secondo nuove assonanze in una canzone del 1959, *The elements*, che ripete il motivo musicale popolare *I am the very model of a modern Major-General* dell'opera comica in due atti *The pirates of Penzance* di Gilbert e Sullivan, eseguita per la prima volta a New York il 31 dicembre 1879. La canzone elenca tutti i 102 elementi noti quando fu composta, secondo un ordine dettato da assonanze e tenui associazioni:

There's antimony, arsenic, aluminum, selenium,
 And hydrogen and oxygen and nitrogen and rhenium,
 And nickel, neodymium, neptunium, germanium,
 And iron, americium, ruthenium, uranium,
 Europium, zirconium, lutetium, vanadium,
 And lanthanum and osmium and astatine and radium,
 And gold and protactinium and indium and gallium,
 And iodine and thorium and thulium and thallium.
 There's yttrium, ytterbium, actinium, rubidium,
 And boron, gadolinium, niobium, iridium,

And strontium and silicon and silver and samarium,
And bismuth, bromine, lithium, beryllium, and barium.
There's holmium and helium and hafnium and erbium,
And phosphorus and francium and fluorine and terbium,
And manganese and mercury, molybdenum, magnesium,
Dysprosium and scandium and cerium and cesium.
And lead, praseodymium, and platinum, plutonium,
Palladium, promethium, potassium, polonium,
And tantalum, technetium, titanium, tellurium,
And cadmium and calcium and chromium and curium.
There's sulfur, californium, and fermium, berkelium, And also
mendelevium, einsteinium, nobelium,
And argon, krypton, neon, radon, xenon, zinc, and rhodium,
And chlorine, carbon, cobalt, copper, tungsten, tin, and sodium.
These are the only ones of which the news has come to Harvard,
And there may be many others, but they haven't been discovered
(discovered).

Sul sistema periodico degli elementi, come riferimento centrale della chimica e come icona universale, avremo modo di tornare più volte nel seguito.

6.1.1 Simmetria di parole e molecole

Gli elementi chimici e le lettere di un alfabeto si compongono in maniera ordinata in molecole e parole, rispettivamente. Le analogie formali nelle relazioni tra lettere, parole e frasi, da un lato, ed elementi, molecole e reazioni chimiche, dall'altro, sono molte e interessanti.

Se consideriamo la parola ROMA, vediamo che lo scambio dell'ordine delle lettere produce eventualmente nuove parole che hanno significati completamente diversi:

ROMA - ORMA - RAMO - ARMO - MORA

Questo è il corrispettivo di quello che nella chimica si chiama *isomeria* per cui una diversa successione dell'ordinamento dei legami chimici tra gli stessi elementi produce molecole con diverse proprietà chimiche e fisiche. Ma nella chimica la situazione è assai più complessa. Infatti, mentre nelle parole le lettere sono ordinate lungo una riga, in una singola direzione, per le

molecole dobbiamo considerare l'ordinamento degli atomi in uno spazio tridimensionale. Nel caso della molecola dell'idrocarburo pentano, costituita da cinque atomi di carbonio e dodici di idrogeno con formula C_5H_{12} , sono possibili i tre isomeri mostrati nella Figura 6.6.

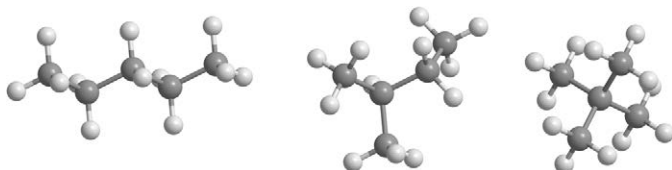


Figura 6.6: I tre isomeri del pentano. Da sinistra: n-pentano, metilbutano e neopentano.

Come abbiamo già visto, una caratteristica di notevole importanza nella chimica è la simmetria della molecola, cioè la capacità dell'edificio geometrico molecolare di riprodurre se stesso per una rotazione intorno a un asse o per riflessione rispetto a un piano (Weyl, 1981; Kitaigorodsky, 1980; Castellani, 2000; Hargittai and Hargittai, 1995; Schettino, 2001). Le stesse caratteristiche, sia pure con non altrettanto importanti implicazioni, possiamo trovare nelle parole limitatamente al loro citato carattere unidimensionale¹. Le parole:

OSSO
OTTETTO

hanno la proprietà di essere lette in maniera esattamente identica da destra verso sinistra e da sinistra verso destra; sono le parole palindrome. Nel linguaggio della simmetria questo si esprime dicendo che la successione dei segni è simmetrica (cioè si riproduce identica) per inversione rispetto al centro che nel primo caso è posto tra le due S, nel secondo sulla vocale centrale. Alcune molecole *centrosimmetriche* di struttura lineare o di struttura geometrica più complessa sono mostrate in Figura 6.7.

¹ Nelle considerazioni che seguono, quando si cambia l'ordine delle lettere in una parola per riflessione o rotazione, l'operazione riguarda esclusivamente il valore fonetico dei segni, non la forma dei grafi.

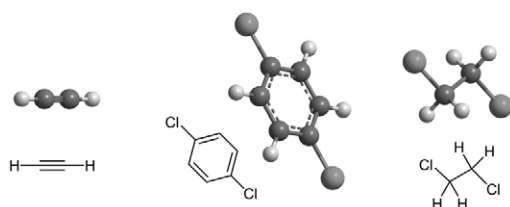


Figura 6.7: Le molecole centrosimmetriche dell'acetilene, del paradiclorobenzene e del 1,2-dicloroetano (da sinistra a destra).

Un altro tipo di isomeria che si incontra nella chimica è quello delle molecole chirali, un'isomeria che è di fondamentale importanza per le molecole biologiche. Nella Figura 6.8 è mostrata, come esempio, la struttura geometrica dei due isomeri chirali dell'acido lattico, costituito da 3 atomi centrali di carbonio, 6 atomi di idrogeno e 3 di ossigeno:

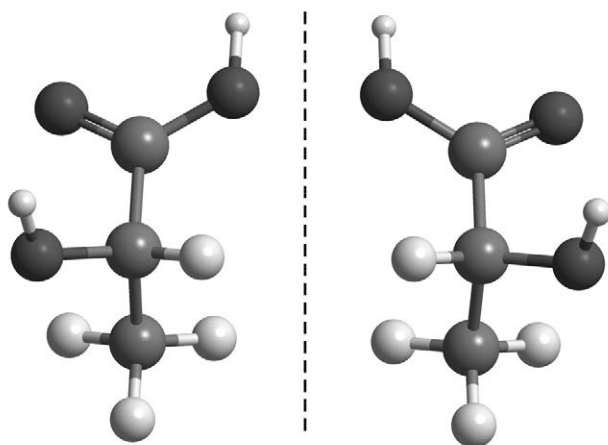


Figura 6.8: I due isomeri chirali dell'acido lattico.

I due isomeri chirali (isomeri ottici, o enantiomeri) sono identici, nel senso che sono costituiti esattamente dalla stessa successione di identici legami

chimici, ma i due isomeri sono uno immagine speculare dell'altro e non sono sovrapponibili. La non sovrapponibilità può verificarsi solo se gli isomeri hanno una struttura geometrica tridimensionale.

Il caso analogo per le parole si ha quando la lettura da destra a sinistra o da sinistra a destra produce parole con significati diversi tra loro come, ad esempio, per le parole:

OTRE : ERTO
ARCO : OCRA

La trasformazione anche in questo caso è come quella che sarebbe prodotta da uno specchio posto tra le due versioni. Nel caso monodimensionale delle parole la situazione è più semplice e le due parole si potranno comunque sovrapporre l'una all'altra.

6.2 La poesia della chimica

6.2.1 Lucrezio

La più antica opera letteraria che parla della chimica o della natura e delle trasformazioni del mondo materiale è anche la più grande, il poema epico *De Rerum Natura* di Lucrezio (Lucrezio, 1969), giustamente definito *il più grande poeta cosmico di tutti i tempi*. Il poema espone la dottrina di Epicuro, una filosofia etica che si basa sulla teoria atomica di Democrito. Pertanto, particolarmente nei primi due libri del poema, c'è un ampio contenuto scientifico e nel complesso il poema è l'unica esposizione completa dell'atomismo greco che ci sia rimasta. Il poema di Lucrezio dimostra quanto sia erronea la concezione che una teoria scientifica e meccanica non si presti a essere argomento di sublime poesia. Anzi, Lucrezio sembra fare di questo una sua finalità programmatica:

[. ..] perché
troppo arida appare questa dottrina
a quelli che poco la trattano
e indietro la gente da lei si ritrae
esporla ho voluto per carmi di dolci parole
e aspergerla quasi del dolce miele poetico,

tenerti l'animo avvinto ai miei carmi,
perché tutta tu veda di quale
ornata figura si ammanti l'essere
dell'universo

Il poeta si paragona al medico che addolcisce l'orlo della tazza col miele per dare l'amara medicina al bambino malato.

Riportiamo una citazione che riguarda la costituzione atomica dei corpi (I - 483-488):

I corpi del mondo parte son atomi,
parte aggregati di atomi;
ma questi, eterni primordi dell'essere,
forza non c'è che li possa distruggere:
compatta materia li forma, invincibile,
benché sia difficile credere
che esista qualcosa duramente compatta

La seguente citazione illustra il processo di aggregazione degli atomi a formare materiali di diversa natura (II 95 - 111):

Nel profondo spazio quiete non c'è che tu pensi
meravigliosa: ma un perenne
disguido di atomi che sfaldano il vuoto
e in lunghi rimbalzi si lanciano.
Lentamente alcuni vanno in disciolte correnti
e la sparsa distanza è causa dell'aria
e di ogni cosa sottile; altri
turbati da urti più rapidi a gruppi
di enormi figure si attraggono e fanno
la dura materia del ferro,
la nuda solidità delle rocce
e i corpi che gravi nel tempo resistono;
altri vagando in solitarie contese
tentano forme indecise.

Lucrezio ci appare veramente come un precursore nella narrazione poetica dei fenomeni naturali, come egli stesso dice:

vado per l'aspra strada delle Pieridi
e passo per un sentiero dove
non vedo chi mi precorse

Pone, quindi, il poeta un problema che nel mondo moderno, pervaso dalla scienza e dalla tecnologia, è divenuto di grande attualità e importanza: la divulgazione della scienza presso il pubblico più vasto degli utilizzatori e dei non addetti ai lavori. È una problematica che troveremo in modo ricorrente nel seguito della illustrazione delle interazioni tra chimica e letteratura.

Ma c'è un altro aspetto del poema di Lucrezio che è importante mettere in evidenza e che appare di particolare attualità. La narrazione dei fenomeni naturali, secondo la filosofia di Epicuro, non è disgiunta da una visione più generale dell'universo e del destino dell'uomo che il poeta trasporta in una dimensione epica. La conoscenza della natura e del generarsi ed estinguersi dei fenomeni naturali è vista come un percorso di affrancamento dalle superstizioni e dalla paura. Ma, da un altro lato, il poeta ci trasmette anche una visione pessimistica dell'universo, forse una manifestazione del suo carattere malinconico, per quel poco che conosciamo della sua biografia. Traducendo questo in termini di attualità, possiamo comunque riconoscere un'umanizzazione della conoscenza scientifica che è cardine indissolubile dei nostri atteggiamenti nei porci davanti alla natura.

La poesia, a prima vista, sembra non avere i requisiti per entrare nei complessi dettagli delle teorie della chimica o per descrivere i processi della chimica nei loro termini quantitativi. Ma, come ci dimostra Lucrezio, la poesia dalla sua natura trae forza e ispirazione e la capacità di cogliere l'essenza delle cose, acquistando leggerezza e tralasciando, o sfiorando solo in superficie, i tecnicismi che inevitabilmente accompagnano tutte le discipline tecniche e scientifiche. La capacità di sublimazione nell'espressione poetica dei fatti della scienza è stata rivendicata da molti autori. Primo Levi in un racconto da *L'altrui mestiere* (La cosmogonia di Queneau) (Levi, 1985) scrive:

[...] la poesia risuona dappertutto intorno all'uomo attento. E non solo nella natura; c'è poesia nel ranuncolo e nella luna di primavera, ma anche nei vulcani, nel Calcio e nella funzione fenolo [...] la fatica epica dei Curie, che dalla pechblenda ha condotto all'isolamento del Radio, aspetta invano il poeta che sappia narrare [...] non la scienza è incom-

patibile con la poesia, ma la didattica, cioè la cattedra sulla pedana, l'intento dogmatico-programmatico edificante.

Prevale l'idea che l'elemento poetico non venga imposto dal di fuori ma sia dentro la chimica o la scienza stessa (Il sistema periodico - Ferro) (Levi, 1988):

[...] il sistema periodico di Mendeleev, che proprio in quelle settimane imparavamo laboriosamente a dipanare, era una poesia, più alta e più solenne di tutte le poesie digerite al liceo.

6.2.2 La chimica in versi

Non è qui possibile raccontare tutta la produzione poetica che riguarda la chimica, produzione che in questi ultimi tempi è dilagata anche nella rete, ma possiamo solo considerare una selezione esemplificativa.

Alberto Cavaliere

Uno straordinario trattato di chimica in versi è stato pubblicato nel 1929 da Alberto Cavaliere (Cavaliere, 1987) (vedi, in Figura 6.9, la copertina di un vecchia edizione del libro).



Figura 6.9: Alberto Cavaliere – *La chimica in versi, Rime distillate*

Chimica e letteratura

Alberto Cavaliere è stato un chimico di professione prima di trasformarsi in poeta e giornalista. Nella sua *Chimica in versi* Cavaliere dimostra straordinarie capacità di rimatore, riuscendo a illustrare la chimica con eccezionale vivacità e con una vena costante di ironia e umorismo che si manifestano già nella dedica del libro al suo datore di lavoro in uno stabilimento chimico:

All'ingegner Pomilio
che avendomi nel suo stabilimento
per poco non andava in fallimento
per preparar la soda col mio ausilio

Piena di ironia, nella sua totale improbabilità, è anche la descrizione dell'occasione (la bocciatura a un esame di chimica) che induce il poeta alla scrittura del suo trattato in versi:

Un vecchio professore barbuto, sul cui viso
crostaceo non passava mai l'ombra di un sorriso,
un redivivo Faust, voleva ad ogni costo
saper da me la formula d'un celebre composto.
Non sapevo altre formule che questa: H_2O ;
e questa dissi: il brutto, senz'altro, mi bocciò.
Poi ch'era ancor più arida nella calura estiva,
io m'ingegnai di rendere la chimica più viva;
onde, tradotta in versi, l'imparai tutta a mente,
e in versi, nell'ottobre, risposi a quel sapiente.
Accadde un gran miracolo: quell'anima maniaca,
che non vedeva nulla più in là dell'ammoniaca,
dell'acido solforico, del piombo e del cianuro,
rise, una volta tanto, e m'approvò: lo giuro!
Mi lusingò quel fatto: volevo far l'artista,
e invece, senz'accorgermi, divenni un alchimista.

I principi della disciplina vengono descritti sempre con grande semplicità e leggerezza, ma senza affatto rinunciare alla precisione, come si vede già dall'incipit del poema, che è ovviamente dedicato alla descrizione della struttura dell'atomo:

Si sa che l'atomo
è il fondamento
la parte minima
d'un elemento

i cui caratteri
però – s'osservi-
inalterabili
sempre conservi

Già indivisibile
invece adesso
si può dividere
l'atomo stesso

in ben più piccole
parti, le quali
hanno caratteri
loro speciali

che differiscono
dall'elemento
dopo ... chiamamolo
lo smembramento

Trovi nell'atomo
in generale,
un nucleo atomico
(parte centrale)

ed un involucro,
che d'ordinario
corteccia chiamasi
o planetario

Il nucleo atomico

di cui s'è appreso,
e a cui dell'atomo
si deve il peso

di piccolissime
parti s'avviva,
di cui la carica
è positiva

– parti che soglionsi
chiamar protoni –
e di particole
neutre: i neutroni

(questi derivano
da un elettrone
accomunatosi
con un protone).

Hanno i corpuscoli
del planetario,
invece, elettrico
segno contrario:

son quei corpuscoli
detti elettroni,
che intorno al nucleo
e ai suoi protoni

perenni girano,
com'or si sa,
a un'incredibile
velocità.

In questo involucro
fra lor legati

Chimica e letteratura

posson distinguersi
parecchi strati,

dei quali l'ultimo,
meglio, il più esterno
è importantissimo,
se ben discerno,

perché determina
a suo talento
le virtù chimiche
dell'elemento.

Il nucleo atomico

è, viceversa,
con metamorfosi
più che perversa,

il responsabile
della fissione:
in altri termini
la reazione

or non più chimica,
ma nucleare:
la bomba atomica
sta per sbocciare,

Indugiamo su un'altra citazione che riguarda l'ossigeno e in cui ricorre una piccola digressione storica sulla quale avremo modo di ritornare in seguito:

Il primo chimico
che l'isolò
era il britannico
Priestley; però,

esso è negli acidi,
nei minerali
e nelle cellule,
dei vegetali.

farsene interprete,
spiegar cos'è
fu tutto merito
di Lavoisier.

Tutti conoscono
come dell'aria
formi l'aliquota
più necessaria,

È un gas insipido
ed inodoro,
che non combinasì
sol con il fluoro.

perché vivifica
l'emoglobina,
che senza ossigeno
cade in rovina.

Abbondantissimo
tanto allo stato
di corpo libero
che combinato,

Verso l'idrogeno
è bivalente:
con esso genera
l'acqua corrente.

Raymond Queneau

Nel suo poema Cavaliere canta una chimica elementare, potremmo dire una chimica di primo livello, che narra degli elementi chimici, delle loro proprietà e dei loro composti più semplici. Ma, secondo la lezione di Primo Levi, non ci sono limiti alla poesia per cantare anche sistemi più complessi. Negli anni 1950, su commissione, Raymond Queneau ha composto un poemetto, *La chanson du styrène*, per un film pubblicitario di Alain Resnais. Il poema poi è stato tradotto in italiano da Italo Calvino con la consulenza di Primo Levi, ed è circolato solo in ambiente Montedison fino alla pubblicazione presso l'editore Vanni Scheiwer (Queneau, 1985). Il poema tratta del polistirene, un polimero termoplastico dello stirene di largo impiego, la cui formula è mostrata nella Figura 6.10.

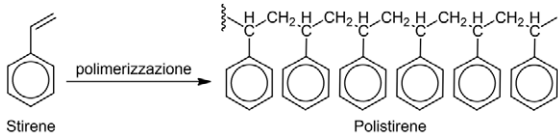


Figura 6.10: Formule di struttura dello stirene e del polistirene.

Il poema esalta il ritmo delle tecnologia, descrivendo tutto il processo di formazione del polimero, la sua struttura chimica e composizione fino al momento dell'industrializzazione e utilizzazione. Con un linguaggio pieno di estro e agilità, Queneau dimostra come rendere poetica la trasformazione della materia:

LA CANZONE DEL POLISTIRENE

Tempo, ferma la forma! Canta il tuo carme, plastica!
 Chi sei? Di te rivelami Lari, penati, fasti!
 Di che sei fatta? Spiegami le rare tue virtù!
 Dal prodotto finito risaliamo su su
 Ai primordi remoti, rivivendo in un lampo
 Le tue gesta gloriose! In principio, lo stampo.
 Vi sta racchiusa l'anima; del lor grembo in balia
 Nascerà il recipiente, o altro oggetto che sia.
 Ma lo stampo a sua volta lo racchiude una pressa

Da cui viene la pasta iniettata e compressa,
Metodo che su ogn'altro ha il vantaggio innegabile
Di produrre l'oggetto finito e commerciabile.
Lo stampo costa caro; questo è un inconveniente,
Ma lo si può affittare, anche da un concorrente.
Altro sistema in uso permette di formare
Oggetti sotto vuoto, per cui basta aspirare.
Già prima il materiale, tiepido, pronto all'uso
Viene compresso contro una filiera: estruso,
Ossia spinto all'ugello per forza di pistone;
Lo scalderà il cilindro al punto di fusione.
È lì che fa il suo ingresso nel bollente crogiolo
Il rapido, il vivace, il bel polistirolo.
Lo sciame granuloso sul setaccio si spinge,
Formicola felice del color che lo tinge.
Prima di farsi granulo, somigliava a un vibrante
Spaghetto variopinto: chiaro, scuro, cangiante.
Una filiera trae, dall'estruso finito,
Gli spaghetti che una vite senza fine aggomitola.
E l'agglutinazione come si fa ad averla?
Con perle variopinte: un colore ogni perla.
Ma colorate come? Diventerà uno solo
Il pigmento omogeneo dentro il polistirolo.
Prima certo bisogna asciugarlo per bene
Il rotante prodotto, dico il polistirene,
Il nostro neonato, il giovane polimero
Del semplice stirene, ma nient'affatto effimero.
Polimerizzazione designa, già lo sai,
Il modo d'ottenere più elevati che mai
Pesi molecolari; non hai che far girare
Un reattore idoneo: mi sembra elementare
Come perle in collana, legate l'una in cima
All'altra, tu incateni le molecole... E prima?
Lo stirene non era che un liquido incolore
Coi suoi scatti esplosivi e un sensibile odore
Osservatelo bene: non perdetevi le rare

Occasioni che s'offrono di vedere e imparare.
E' dall'etilbenzene, se lo surriscaldate
Che stirene otterrete, anche in più tonnellate.
Lo si estraeva un tempo dal benzoino, strano
Figlio dello storace, arbuso indonesiano.
Così, di arte in arte, pian piano si risale
Dai canali dell'arido deserto inospitale
Verso i prodotti primi, la materia assoluta
Che scorreva infinita, segreta, sconosciuta.
Lavando e distillando quella materia prima,
- Esercizi di stile meglio in prosa che in rima -
L'etilbenzene scoppia per sua virtù esplosiva
Se la temperatura a un certo grado arriva.
L'etilbenzene il quale, com'è noto, proviene
Dall'incontro d'un liquido che sarebbe il benzene
Mischiato all'etilene che è un semplice vapore.
Etilene e benzene hanno per genitore
O carbone o petrolio oppure entrambi insieme.
Per fare l'uno e l'altro, l'altro e l'uno van bene.
Potremmo ripartire su questa nuova pista
Cercando come e quando l'uno e l'altro esistano.
Dimmi, petrolio, è vero che provieni dai pesci?
È da buie foreste, carbone, che tu esci?
È il plancton la matrice dei nostri idrocarburi?
Questioni controverse... Natali arcani e oscuri...
Comunque è sempre in fumo che la storia finisce.
Finchè non viene il chimico, ci pensa su e capisce
Il metodo per rendere solide e malleabili
Le nubi e farne oggetti resistenti e lavabili.
In materiali nuovi queglii oscuri residui
Eccoli trasformati. Non v'è chi non li invidii
Tra le ignote risorse che attendono un destino
Di riciclaggio, impiego e prezzo di listino.

Raymond Queneau, scrittore, poeta e saggista, con ascendenze surrealiste, ha coltivato grande passione e interesse per le scienze, e in particolare per la matematica. L'eredità di Lucrezio è stata fatta rivivere nella *Petite cosmogonie*

portative (Piccola cosmogonia tascabile) (Queneau, 2003), un poema che, come il *De Rerum Natura*, vuole dare un affresco dell'universo e della storia dell'uomo, mirabilmente sintetizzata in due versi:

La scimmia senza sforzo diventò l'uomo,
che un pò più tardi disgregò l'atomo.

Come il poema di Lucrezio, l'opera è organizzata in sei canti che parlano dell'astronomia, della geologia, della biologia, della chimica. Il terzo canto è dedicato interamente alla chimica. Queneau si propone di illustrare e cantare la tavola periodica degli elementi ma il carattere di sistematicità, insito nella tavola, viene spazzato via dall'ispirazione irresistibile, mutevole e istantanea che pervade il poema, trasportando la tavola in un'altra dimensione. Qui la fusione tra chimica e letteratura è totale. Il poema appare come un crogiuolo in ebollizione in cui il linguaggio, le parole si trasformano continuamente secondo percorsi di reazione imprevedibili, scanditi da invenzioni verbali, *raptus lessicografici* (come li ha definiti Calvino), allusioni e riferimenti pieni di ermetismo e ambiguità. L'edizione italiana del libro (Queneau, 2003) è accompagnata da una *Piccola guida alla piccola cosmogonia* con la quale Italo Calvino ci aiuta a districarci nel complesso simbolismo del poema. Ma in molti casi anche Calvino deve arrendersi e, in effetti, riferisce che al suo traduttore tedesco, Ludwig Harig, Queneau aveva confessato che neanche lui riusciva più a ricordarsi bene del significato di tutte le allusioni e dei giochi verbali. L'originalità del poema e del modo di scrivere è descritta con ammirazione da Primo Levi (Levi, 1985). La scelta di Queneau ci dice che non esiste una aristocrazia delle parole:

Violetta ed osmosi hanno il medesimo
spessore, mentre l'anima e il wolframio
sono soltanto dei nomi allettivi,
vezzeggi e caolino son soltanto
lise assonanze, del par sofferente
e sulfureo soltanto due aggettivi,
la scelta dai suoi piedi si distende
fino al Settentrione, e dal Nadir
all'orecchio, e dal radar al nasetto

Queneau vuole dirci che anche la scienza può ben essere oggetto della poesia.

La crittografia del testo è straordinaria e fuori dai canoni ordinari e il poeta sembra ispirato dal patafisico Dottor Faustroll (Jarry, 1984). Come quando, parlando del bromo, dice:

Buono fioriva il bromo, soffocante
allo Zenith, calmante invece al Nadir
allor che l'uro avrà anafrodisiaco
incontrato

Il passo viene interpretato ricordando che il bromo gassoso (allo Zenith) è soffocante mentre quando incontra l'uro (cioè quando si trasforma in bromuro) è un calmante (anafrodisiaco). L'apice del poema si ha quando parla del mercurio, dotato di *calore poligamo* (cioè capace di amalgamarsi con gli altri metalli), che viene associato prima con il pianeta Mercurio e poi con il dio Ermete/Mercurio: «minatore dell'allusione, sarto di metafore», al quale Queneau chiede di spiegare al lettore lo scopo del poema e la sua poetica.

In queste ultime pagine ci siamo alternati su due apparentemente diversi versanti dell'intreccio tra chimica e poesia. Cavaliere è un chimico che sciorina la sua scienza in termini poetici mentre Queneau è un poeta che trova ispirazione nella scienza e nella chimica. Ma queste non devono essere considerate invasioni di campo o estemporanee escursioni in altrui regioni. Nella già citata *Prosopopea di Ermete/Mercurio* di Queneau, il Dio si rivolge al poeta che scrive di scienza dicendo:

... si parla pure d'albatros
...
..., e allora perché non
d'elettromagnetismo? Non è certo
che lui (son io) ne sappia proprio molto
ma gli altri non che molto ne sapessero
delle rose, dell'albatro, del viaggio
ed anche del fanciullo e del battello
ciononostante ne han ben parlato!

È un invito per l'arte e per la scienza a uscire dalla vincolante sfera degli specialisti per schierarsi in campo aperto. Oltre i laboratori degli scienziati e gli studi degli artisti, la cultura, la scienza e l'arte, si offre a tutti in un processo

di umanizzazione e, forse, di democratizzazione. Questa più genuina e universale dimensione si raggiunge con un rinnovato linguaggio accessibile a tutti.

La mutua ispirazione e l'intreccio tra scienza e arte sono stati discussi da Peter Forbes (Forbes, 2005) in un interessante articolo su «Nature» *Poetry and science: greatness in little* (Poesia e scienza: grandezza nel piccolo) che sembra particolarmente significativo per la chimica. Già il titolo, che si richiama a una poesia, *Greatness in little*, di un poeta inglese di fine settecento, Richard Leigh, esponente della poesia metafisica, sembra alludere al microcosmo degli atomi e delle molecole. Il poema fu scritto in tempi in cui il microscopio cominciava a rivelare i segreti della natura che:

[...] chiude i suoi più minuti corpi tutti
in curiose cornici, impercettibilmente piccoli.
Così ancora in incognito, cerca rifugio
in grandezze intraviste, o indistinte piccolezze. [TdA]

Il messaggio di Forbes è che è bello parlare talora di scienza con un linguaggio elevato e poetico e che questo, aiutandoci a guardare la scienza da una diversa angolatura, è anche un modo per imparare un po' di scienza. In questa maniera letteratura e scienza trovano ispirazione reciproca. In questa prospettiva è quasi sorprendente trovare nel poema di Leigh quella che sembra un'intuizione premonitrice della struttura delle nanoparticelle o delle possibili irregolarità nel mondo microscopico degli aggregati molecolari:

Quei robusti piccoli corpi con parti che si alzano
o cadono in diverse inuguaglianze
mostrano colline in rialzi della loro superficie
o avvallamenti nei loro pozzi cavi di sotto. [TdA]

Humphrey Davy

Sir Humphrey Davy è stato un eminente chimico del 1800. Abile sperimentatore ha isolato o scoperto vari elementi tra cui il cloro, il magnesio, il potassio. Famoso soprattutto per la lampada di sicurezza per i minatori, per primo comprese l'importanza delle interazioni elettriche nella chimica. Oltre che un grande chimico, Davy è stato anche un filosofo e un poeta (Fullmer,

1960). Le sue poesie tuttavia non riguardarono specificamente la chimica ma argomenti di carattere più generale, soprattutto la descrizione della natura, anche se si trovano allusioni scientifiche e cosmologiche, come nei versi che seguono, soprattutto in termini di contrasti tra cambiamenti e permanenze e in termini della sua teoria della luce:

[join] on Newtonian wings sublime [...]
Through the bright regions of the starry sky².

In questa sede è importante mettere in evidenza come in Davy convivano una natura di scienziato e di poeta a dimostrazione che non ci sono in via di principio compartimenti stagno nel nostro approccio al mondo che ci circonda.

È interessante riferire di una curiosa poesia di Davy connessa alla sua esperienza di *chimico*. In una fase iniziale della sua attività Davy si interessò agli effetti medici dei gas che erano stati scoperti e analizzati da Joseph Priestley (1733-1804) e soprattutto del protossido di azoto N_2O , noto come *gas esilarante*, che Davy pensava potesse avere effetti medici importanti. Solo dopo vari decenni il protossido di azoto entrò effettivamente nella pratica clinica come moderato anestetico in interventi di piccola chirurgia. Davy sperimentò il gas su se stesso constatando il suo effetto nel ridurre la sensazione di dolore e nel provocare sensazioni di euforia ed eccitazione e così descrive le sensazioni provate:

Non nei sogni ideali del desiderio senza confini
Ho osservato un'estasi che prendeva forma.
Il mio cuore non brucia di fuochi divini
Ma il mio viso di caldo rosato s'informa
Ma i miei occhi sono pieni di brillanti bagliori
Ma la mia bocca è piena di suono fremente
Ma le mie membra tremano di trasporti interiori
E sono intorno coperte di potenza nascente. [TdA]


L'esaltazione per le proprietà miracolose dell'ossido d'azoto è così descritta dal poeta Robert Southey (1774-1843):

² [unisciti] alle sublimi ali Newtoniane / attraverso le brillanti regioni del cielo stellato. [TdA]

I am sure the air in heaven must be this
wonder-working gas of delight³.

Sedute scientifiche o pubbliche di inalazione di protossido di azoto divennero nei primi anni del 1800 un evento mondano (Ruston, 2013). La locandina di una seduta pubblica a pagamento di inalazione del gas esilarante è mostrata nella Figura 6.11.

NITROUS OXIDE GAS.



G. CHILTON
will prepare a
quantity of **NITROUS OXIDE**
for respiration
& experiment
on *Tuesday evening*, April
18, at 7 o'clock

Tickets 50 cents to be had at 38 Dev street.

A quantity of native sulphate of Barres
for sale. **April 17**

Figura 6.11: Annuncio di una seduta di inalazione di gas esilarante.

Nel testo della locandina si legge: «C. Chilton preparerà una quantità di ossido di azoto per inalazione ed esperimento martedì 18 aprile alle 7. Biglietti 80 centesimi al 38 di Dev Street. In vendita una quantità di solfato di barite nativo». [TdA]

Nella Figura 6.12 è mostrata una incisione che descrive una seduta, denominata *Scientific Researches! New discoveries in PNEUMATICS!* (Ricerche scientifiche! Nuove scoperte nella PNEUMATICA!), in cui il Dott. Thomas Garrett fa un esperimento di inalazione del gas a Sir John Coxe Hippisley in presenza di Humphrey Davy e Benjamin Thompson Count Rumford davanti a un ampio pubblico.

³ Sono sicuro che l'aria in cielo deve essere questo meraviglioso gas di piacere. [TdA]



Figura 6.12: Hannah Humphrey - 1801 - An experimental lecture on the power of air. (Lezione sperimentale sulla potenza del gas).

Roald Hoffmann

Il fatto che un chimico di grande livello come Humphrey Davy sia stato anche un poeta non suscita sorpresa se si considera il contesto storico e culturale nel quale egli ha operato. In quei tempi, infatti, eravamo ben lontani dalla affermazione di elevati livelli di specializzazione e nell'ambiente culturale inglese e londinese, in cui Davy ebbe una familiarità costante con poeti e letterati, era considerato normale per un giovane colto scrivere poesie. Tuttavia, anche in tempi più moderni ci sono stati esempi di grandi scienziati che hanno condiviso *l'altrui mestiere* e sono stati anche poeti. Questo è, ad esempio, il caso di Roald Hoffmann, di cui avremo occasione di parlare ancora diffusamente nella sezione su narrativa e teatro.

Roald Hoffmann deve la sua fama di chimico agli studi sui meccanismi delle reazioni chimiche e, più specificamente, sulle condizioni di simmetria che determinano il percorso possibile delle trasformazioni che portano dai reagenti iniziali ai prodotti finali di una reazione (Woodward and Hoffmann, 1970). Per la sua teoria estremamente pratica per definire gli ostacoli e i percorsi preferenziali della sintesi chimica Hoffmann ha ricevuto il premio Nobel per la chimica nel 1981.

Roald Hoffmann oltre che un grande chimico è anche un abile divulgatore scientifico. Le sue poesie chimiche, pubblicate in molte raccolte (Hoffmann, 1987, 1990, 1999, 2002), oltre che come singoli poemi, vanno al di là della chimica in senso stretto e trattano temi generali oltre che scientifici. Nelle poesie di ispirazione chimica egli segue un percorso di tipo quasi programmatico. Hoffmann è un sostenitore della necessità che la scienza esca dai laboratori per incontrare la gente, il pubblico più vasto dei non specialisti. Secondo Hoffmann, per lo scienziato fare ricerca è altrettanto importante che spiegare alla gente il significato e la portata delle sue scoperte. La narrativa e il teatro (di cui parleremo in seguito) e la poesia sono espressioni della creatività e anche strumenti per porre la scienza davanti alla gente. Abbiamo così una visione umanizzata della scienza e della chimica, che pone in un diverso livello gli aspetti tecnici e gli algoritmi, per toccare l'essenza della materia e delle sue trasformazioni e per guardare anche all'esperienza umana dello scienziato che vive direttamente il fascino e la fatica della ricerca e che in questo si imbatte e si confronta con l'etica della scienza e della sua utilizzazione nel rispetto dell'ambiente. La poetica di Hoffmann è illustrata in alcune poesie riportate di seguito. Nella prima Hoffmann vede le trasformazioni chimiche come metafora della vicenda umana:

MEN AND MOLECULES

Cantilevered methyl groups,
battered in endless anharmonic motion.
A molecule swims,
dispersing its functionality,
scattering its reactive centers.
Not every collision,
not every punctilious trajectory
by which billiard-ball complexes
arrive at their calculable meeting places
leads to reaction.
Most encounters end in
a harmless sideways swipe.
An exchange of momentum,
a mere deflection.
And so it is for us.
The hard knock must be just right.

Scienza e Arte

The eyes need lock, and
glimmers of intent penetrate.
The setting counts.
A soft brush of mohair
or touch of hand.
A perfumed breeze.
Men (and women) are not
as different from molecules
as they think⁴.

Nella seconda poesia, che per la successione della lunghezza dei versi ricorda quasi beute o palloni da laboratorio uno sopra l'altro, Hoffmann indugia su immaginazioni e suggestioni che emergono entro il rigido rituale della vita e dell'esperienza del laboratorio scientifico di ricerca:

THE SENSUAL LABORATORY ASSISTANT

The carrot-
haired student
came and said: My acid
is 2 hotter than my base, so
how can I do my heat of neutralization
experiment. But then I watched her technique:
the acid bottle's ground glass
stopper stuck, she held it
close to her breast
to work it free.
What I try
for in my own work
is to remove the human element

⁴UOMINI E MOLECOLE. Gruppi metile fuoruscenti / sbattuti in moti anarmonici senza fine. / Una molecola nuota, / disperdendo la sua funzionalità, / spargendo i suoi centri reattivi. / Non ogni collisione, / non ogni puntigliosa traiettoria / con cui complessi a palla di biliardo / giungono a loro calcolabili punti d'incontro / portano a una reazione. / Gran parte degli incontri finiscono / in innocui urti laterali. / Uno scambio di momento, / una pura deviazione. / È così anche per noi. / Un colpo forte deve essere quello giusto. / Gli occhi hanno bisogno di certezze, e / i barlumi di intenzione di penetrare. / La situazione conta. / Una soffice spazzolata di mohair / o il tocco di una mano. / Una brezza profumata. / Uomini (e donne) non sono / così diversi dalle molecole / quanto credono. [TDA]

Chimica e letteratura

from analysis. It's the automated lab,
tubes clicking around in programmed sequences.
Their round bottoms have no spikes, so they fall smoothly
into place for sampling, a leak-free fit.
Even specimens contained in the most
aggressive of solvents
can be handled.
My physicist
friend, who's building
the electronics for the new storage
ring, she says there is an old tradition
in the accelerator community, that in the night
before the ring is turned on, a couple must make love
at its center. Or it won't work.
It must have been cramped,
I bet, in those old
cyclotrons.
Aaron Klug
lectures on the way
proteins have with nucleic
acids, how they turn on transcription
of genes. It's the zinc fingers that do it:
Zn bound to S and N of a special
amino acid sequence shaping
a loop that is the finger
of a hand that touches
DNA the way you
touch me⁵.

⁵ LASSISTENTE DI LABORATORIO SENSUALE. La studentessa / coi capelli rosso carota / è venuto e ha detto: Il mio acido / è troppo più forte della mia base, allora / come posso fare il mio esperimento di / calore di neutralizzazione. Allora ho guardato alla sua tecnica: / con il tappo di vetro smerigliato della bottiglia / bloccato, lo ha tenuto / sul suo petto / per liberarlo. / Ciò che cerco / nel mio lavoro / è di eliminare l'elemento umano / dall'analisi. È il laboratorio automatizzato, / tubi in giro che si chiudono in sequenze programmate. / Le loro lisce terminazioni senza asperità prendono morbidamente / posto per campionamenti, adattamenti senza perdite. / Anche campioni contenuti nei più / aggressivi solventi / possono essere trattati. / La mia amica / fisica, che sta costruendo / l'elettronica per il nuovo anello / di accumulazione, dice che c'è una vecchia tradizione / nella comunità degli acceleratori, che la notte / prima che

Nella terza poesia troviamo la descrizione del mondo affascinante dei cristalli e dei minerali e il rispetto della natura:

FLUORITE

I was asked about my hobbies.
Collecting minerals I said and
stopped to think.
Minerals in their matrix
are what I like best.
Fluorite wears a variable habit.
Colorless when pure, it is vodka
in stone. More commonly
it brandishes shades of rose to blue,
occasional yellow. A specimen I have
tumbles in inch-long cubes,
superimposed, interpenetrating,
etched on all their faces.
The cubes have a palpable darkness,
a grainy darkness, texture
blacker than black.
Solid yet fragile, when held
up to the incandescence of light, the
darkness deposited in this ordered
atomic form a million years ago
allows some rays through.
But only on the thin edges,
in sinister violet.
Struck with a chisel and mallet,
unhesitatingly the cubes cleave
and octahedra emerge.
I have seen it done, but my hands tremble.
I know why it cleaves so,

l'anello venga acceso, una coppia deve fare l'amore / al suo centro. Se no non funzionerà. / Deve essere stato buffo, / ci scommetto, in quei vecchi / ciclotroni. / Aaron Glug / fa lezione su come / le proteine lavorano con gli acidi / nucleici, come fanno la trascrizione / dei geni. Lo fanno le dita dello zinco: / Zn legato a S e N di una particolare / sequenza di aminoacidi a formare / un loop che è il dito / di una mano che tocca il / DNA nello stesso modo / che tu tocchi me. [TdA]

but why destroy what took
centuries to grow, then
rested in the earth for millions,
in a cavelet, a cool fissure in the rock?
Eerie crystal.
Were a Martian photograph
enlarged to reveal such polyhedral
regularity, it would be deemed
intelligence at work. But
the only work here, and it is free
is that of entropy⁶.

6.2.3 Chimica e romanticismo

Le interazioni tra chimica e poesia che abbiamo illustrato finora, con poeti che trovano ispirazione nella chimica e con chimici che diventano poeti, sono state presentate senza una specifica sequenza temporale o logica e possono, quindi, dare l'impressione di interazioni sporadiche o manifestazioni estemporanee di interesse di singoli scienziati o poeti. In realtà l'intreccio tra poesia e scienza è più complesso ed esteso, e non può che essere così se consideriamo che da ormai lungo tempo, e mai come oggi, la scienza e le connesse tecnologie hanno una presenza pervasiva nella vita di tutti i giorni, come abbiamo delineato nella introduzione. La scienza può quindi avere esercitato un'influenza significativa sulla poetica di interi movimenti culturali. Vogliamo illustrare questo punto in riferimento al romanticismo.

⁶ FLUORITE. Mi è stato chiesto dei miei hobbies. / Raccogliere minerali ho detto e / mi sono fermato a pensare. / I minerali nel loro ambiente / sono quello che mi piace di più. / La fluorite veste un abito variabile. Incolora se pura, è vodka / fatta pietra. Più spesso / diffonde ombre dal rosa al blu, / talora al giallo. Un campione che ho / precipita in cubi lungo pollici, / che si sovrappongono, interpenetrandosi, / corrosi su tutte le facce. / I cubi hanno una oscurità palpabile, / una oscurità granulosa, una trama / più nera del nero. / Solido e fragile, tenuto / nella incandescenza della luce, la / oscurità depositata in questa ordinata / forma atomica un milione di anni fa / lascia strada a qualche raggio. / Ma solo in sottili spigoli / in un violetto sinistro. / Colpiti con scalpello e martello / senza esitare i cubi si sfaldano / e ottaedri emergono. / L'ho visto, ma le mie mani esitano. / So perché si sfaldano così, / ma perché distruggere ciò che ha preso / millenni per crescere, e poi / è rimasto nella terra per milioni di anni / in un anfratto, una fredda fessura nella roccia? / Timido cristallo. / Se una fotografia Marziana / fosse allargata per rivelare tale poliedrica / regolarità, si penserebbe / a un'intelligenza al lavoro. Ma / il solo lavoro qui, libero, / è quello dell'entropia. [TdA]

Il romanticismo è stato un movimento complesso e articolato sia per la lunghezza della sua durata sia per le sue varie realizzazioni ed espressioni geografiche che hanno presentato caratteristiche peculiari. Come generico riferimento, senza pretendere di dare definizioni, possiamo considerare come caratteristica del romanticismo una transizione dal meccanicismo dei secoli precedenti a una concezione organicistica e storica della realtà. L'affermazione nel romanticismo di un convinto soggettivismo e la negazione di un determinismo nel divenire dei fenomeni sembrerebbe preludere a un allontanamento o un rifiuto della scienza e delle sue procedure di ricerca. Certamente questa componente è presente, come vedremo. Tuttavia l'articolazione del movimento non consente una tale generalizzazione. D'altra parte, la scienza di fine settecento e inizio ottocento (quella che è stata chiamata *scienza romantica*) aveva anche un carattere visionario e pieno di eccitazione per il fascino delle nuove scoperte (Holmes, 2008). Tali atteggiamenti non erano dissimili dai sentimenti espressi dai poeti romantici. Invece di discutere il problema in termini generali, cosa fuori dei nostri scopi, prenderemo in esame l'atteggiamento verso la scienza, e la chimica in particolare, di tre personaggi emblematici del romanticismo, Coleridge, Friedrich Schlegel e Leopardi.

Coleridge

Samuel Taylor Coleridge (1772-1834), poeta, critico e filosofo, è stato uno dei fondatori del romanticismo inglese. Soprattutto la sua opera di critico, espressa principalmente nella sua *Biographia Literaria*, ha esercitato un'influenza considerevole sul movimento romantico in Inghilterra. Coleridge ebbe una conoscenza di prima mano della scienza e della chimica, in particolare attraverso la sua familiarità con Humphrey Davy e la entusiastica frequentazione delle sue famose lezioni: «attaccherò la chimica come uno squalo». Coleridge era ammirato degli sviluppi della scienza e della chimica, non solo per l'opportunità di arricchire il suo bagaglio di metafore: «I cambiamenti politici del mondo non sono stati più meravigliosi delle rivoluzioni scientifica e morale occorse entro questi ultimi anni».

La sua idea generale riguardava la tendenza delle arti e delle scienze a organizzarsi in un unico corpo armonioso di conoscenza. Scienza e poesia sono concepite come forme complementari di attività creative. Coleridge era soprattutto affascinato dalle ricerche di Davy sull'elettricità e sulla chi-

mica, ricerche che dischiudevano scenari di una scienza dinamica. Chimica ed elettricità erano viste come forze vitali, una concezione ben lontana dal meccanicismo della fisica newtoniana. L'idea dell'elettricità come forza vitale aveva spinto a esperimenti e tentativi di risuscitare un cadavere, come mostrato nella Figura 6.13.

La comunanza di metodo tra scienza e letteratura discendeva dalla concezione del mondo non come un insieme di frammenti disconnessi ma come una realtà multiforme dominata da relazioni reciproche: in questa visione la scienza era lo strumento ideale per scoprire queste relazioni e la chimica di Davy era un'illustrazione primaria di questa capacità. Si stabiliva così una simmetria, o una complementarità, tra scienza e poesia con il poeta che idealizza la natura nella poesia e lo scienziato che realizza la poesia nella natura. In complesso quindi la comunanza tra scienza e poesia è nel metodo:

Questo è anche il caso delle sostanze del LABORATORIO che si assume siano incapaci di decomporsi⁷. Essi sono meri esponenti di una qualche legge unica, che il filosofo chimico, qualunque sia la sua teoria, cerca incessantemente di scoprire. La legge, naturalmente, non ha ancora assunto la forma di una idea nella sua mente; è quello che abbiamo chiamato un Istinto, la ricerca di una unità di principio attraverso la diversità delle forme. Così come il lunatico, l'amante e il poeta si suggeriscono l'un l'altro al Teseo di Shakespeare, mentre i suoi pensieri gli presentano una FORMA UNICA, di cui non sono che mere varianti, così acqua e fiamma, il diamante, il carbone, e lo schiumoso champagne, con le sue bollenti bollicine, sono riuniti e fraternizzano nella teoria del chimico.

Per Coleridge, come diceva Davy, nella chimica c'è molto di più dell'aumento del bagaglio di metafore e infatti egli definisce Davy come l'uomo che, nato poeta, per primo ha convertito la poesia in scienza.

⁷ Ci si riferisce ai nuovi elementi chimici (come sodio e potassio) isolati da Davy per mezzo dell'elettrolisi.



Figura 6.13: Un medico cerca di risuscitare con la pila di Volta un detenuto dopo l'esecuzione.

Come anticipato in premessa, l'atteggiamento nel periodo tra fine settecento e inizio ottocento verso la scienza non era certo uniforme. Accanto alla posizione di Coleridge, che abbiamo commentato, ci sono opposti sentimenti, come quelli espressi da William Blake (1757-1827) che afferma: «L'arte è l'albero della vita. La scienza è l'albero della morte»; analogamente nel suo poema *Jerusalem* troviamo i seguenti versi:

Oh spirito divino!
Fà che io possa risvegliare Albione dal suo lungo e freddo riposo
poiché Bacone e Newton racchiusi nel funebre acciaio appesero i loro
timori
su Albione, quale flagello di ferro. [TdA]

È lo stesso concetto che risuona nell'allarme di Keats: «Newton ha distrutto tutta la poesia dell'arcobaleno, riducendolo ad un prisma».

Questo ovviamente contrasta con gli inni al progresso della scienza e della tecnologia, come troviamo ad esempio nell'*Ode al signor di Mongolfier* di Vincenzo Monti a celebrare il primo volo di un pallone aerostatico:

Chimica e letteratura

Applaudi, Europa attonita,
al volator naviglio.
Non mai natura, all'ordine
delle sue leggi intesa,
dalla potenza chimica
soffrì più bella offesa.

...

De' corpi entro le viscere
tu l'acre sguardo avventi,
e invan celarsi tentano
gl'indocili elementi.

D'altra parte, con lo sviluppo dell'industria del ferro e la creazione delle prime strade ferrate Aldous Huxley definisce l'anima umana *naturaliter ferrovialis*, parafrasando il *naturaliter christiana* di Tertulliano, una esaltazione della macchina che troviamo nella tela di J. M. W. Turner *Rain, steam and speed. The great western railway* (Pioggia vapore e velocità. La grande ferrovia occidentale)), esibita per la prima volta nel 1844 e conservata nella National Gallery di Londra. La tela rappresenta il treno più imponente e veloce del tempo, mentre attraversa un ponte sul Tamigi diretto verso lo spettatore sfidando una lepre, il più veloce degli animali. È l'esaltazione della velocità e dei nuovi fattori tecnologici del XIX secolo. Ma il mito della velocità e della macchina persiste a lungo nella letteratura e lo ritroviamo, ad esempio, nell'*Inno a Satana* di Giosué Carducci dove il progresso viene identificato nel treno a vapore:

Un bello e orribile
mostro si sferra
corre gli oceani
corre la terra

...

Passa benefico
di loco in loco
su l'infrenabile
carro del foco

Ma nella sua esaltazione del progresso e della modernità Carducci non dimentica la chimica:

Tu a l'occhio immobile
de l'alchimista

...

del chiostro torpido
oltre i cancelli,
riveli i fulgidi
cieli novelli.

Friedrich Schlegel

Friedrich Schlegel (1772-1829), poeta, critico e filosofo, è stato uno dei fondatori del romanticismo tedesco. Insieme al fratello August Wilhelm creò la rivista *Athenaeum*, pubblicata negli anni 1798-1800, che costituisce una sorta di manifesto del romanticismo tedesco. La poetica di Schlegel è complessa; del resto egli stesso scrive: «Un critico è un lettore che rumina. Perciò egli dovrebbe avere più di uno stomaco».

Nella generale complessità del romanticismo tedesco la scienza ha ricevuto una significativa attenzione (Richards, 2002; Eichner, 1982). Schlegel probabilmente non ha avuto una conoscenza di prima mano della chimica. Tuttavia, analogie con la chimica compaiono con evidenza nella sua poetica, come è stato discusso in dettaglio da Chaouli (Chaouli, 2002). La chimica del tempo era una disciplina in divenire, nella transizione da una fase alchemica, di tipo organicistico, a una fase scientifica, di carattere più meccanico e sistematico. Le sostanze materiali sono costituite da unità, irriducibili e differenti, che si combinano tra loro in modi diversi. In base agli elementi chimici noti all'epoca, che erano in numero continuamente crescente, si andava definendo una nuova nomenclatura chimica che presentava una chiara analogia con l'alfabeto e la scrittura. Il modello combinatorio della chimica, per cui uno scambio nella disposizione degli elementi costitutivi produce una varietà illimitata di oggetti, ha una corrispondenza, nella poetica di Schlegel, nell'arte della scrittura. Anche la scrittura è, infatti, un aggregato di elementi in cui variazioni, cambiamenti, anche minori, possono portare a risultati non prevedibili. Schlegel ha, quindi, una concezione dinamica dello scrivere, particolarmente in riferimento ai suoi frammenti in *Athenaeum* e altrove, composizioni che egli considera esperimenti. In analogia con la rivoluzione in atto nella chimica a opera di Lavoisier e con il sorgere di un nuovo linguaggio e di una nuova nomenclatura, anche il linguaggio

della poesia è visto come un sistema instabile di relazioni. In questa nuova poetica, termini derivati per analogia dalla chimica (*legame, combinazione, permeare, mescolare* oppure *dividere, separare*) entrano nell'analisi critica di Schlegel: «chiunque abbia un senso dell'infinito [...] vede in esso il prodotto di forze che eternamente dividono ed uniscono, concepisce i suoi ideali come chimici».

Parlando di filosofia Schlegel la definisce: «una sorta di chimica trascendentale» o anche: «la scienza di tutte le scienze che per sempre si mescolano e poi si dividono, la chimica logica». Ancora più esplicitamente Schlegel scrive che: «la critica è l'arte filosofica della pura chimica».

Questi stessi concetti si applicano alla poesia:

La classificazione chimica della soluzione in una componente secca e una componente umida può essere applicata anche nella letteratura alla dissoluzione degli autori, che, raggiunto il loro zenith precipitano, alcuni cambiano in vapore, altri in acqua. [...] La natura chimica del romanzo, della critica, del sapere, [...] della nuova retorica, e della storia è del tutto evidente.

Quando Schlegel dice che l'imperativo romantico richiede la *mescolanza* di tutte le forme della poesia non intende una semplice sovrapposizione di forme, ma una *reazione* in senso chimico, capace di produrre una nuova poesia. Il linguaggio poetico non è costituito in base a schemi astratti: la poesia è come un laboratorio testuale in cui lo scrittore e il lettore conducono esperimenti in cui il testo viene diviso e ricomposto con metodi combinatori.

Leopardi e la chimica

Rimanendo nell'ambito del movimento romantico, un interesse notevole per la scienza troviamo in Giacomo Leopardi (Ciardi, 2010; Polizzi, 2008). A differenza di quanto abbiamo visto per Coleridge e Schlegel, che cercano di trasferire nella loro poetica aspetti del modo di pensare proprio della chimica, per lo meno nelle forme della metafora e dell'analogia, Leopardi ha per la scienza un interesse di carattere più generale, come pensatore e filosofo. Questo è comunque un segno di un'epoca in cui è ancora viva l'idea di una unitarietà del sapere.

La scienza naturale entra nella formazione di Leopardi anche per le opportunità offerte dalla fornita biblioteca del padre Monaldo in cui, tra le varie

opere di chimica, c'era anche una traduzione in italiano del *Traité élémentaire de chimie* di Antoin-Laurent Lavoisier e, quindi, è certo che fin dalla prima adolescenza Leopardi era aggiornato sui più recenti sviluppi teorici e terminologici della chimica. Come risultato del suo processo di apprendimento, numerose dissertazioni filosofiche del giovane Leopardi furono di argomento scientifico, come *Sopra l'attivazione*, *Sopra l'estensione*, *Sopra l'idrodinamica*, *Sopra i fluidi elastici*, *Sopra la luce*, *Sopra l'elettricismo*. Nella seconda delle dissertazioni citate troviamo: «ciascun corpo è formato di particelle, e di molecole unite per mezzo dell'affinità di aggregazione di cui sono dotate», una affermazione che testimonia una conoscenza diretta della chimica di Lavoisier. Ma soprattutto bisogna menzionare il *Saggio di chimica e storia naturale* del 1812. Il saggio, scritto quando Leopardi aveva solo 14 anni, è stato discusso recentemente da Ciardi (Ciardi and Sordoni, 2008) come *testo dimenticato*. Già l'indice riportato da Ciardi dimostra la conoscenza di prima mano della chimica del tempo.

L'interesse di Leopardi per la scienza e la chimica non fu solo occasionale nel periodo giovanile ma proseguì in seguito anche grazie alla amicizia e frequentazione con Domenico Paoli, fisico e medico, con Francesco Orioli, professore di fisica nell'Ateneo bolognese, e di Gaetano Cioni, particolarmente nel periodo del soggiorno fiorentino e pisano. In linea con la conoscenza della rivoluzione chimica di Lavoisier, nello *Zibaldone* (1275) (Leopardi, 1961) troviamo:

Infiniti progressi ha fatto la chimica quando ha scoperto che quei quattro elementi che si credevano primi elementi, erano composti, ed è giunta a trovar sostanze, se non del tutto elementari e ultime esse stesse, certo molto più semplici delle prime conosciute.

Particolarmente interessato sembra Leopardi al rinnovamento del linguaggio e della nomenclatura della chimica:

La rinnovazione della chimica, ha portato la rinnovazione della sua nomenclatura, e di tutta quella parte di nomenclatura fisica e d'altre scienze, che apparteneva, o era influita dalle cognizioni chimiche vecchie e nuove. [...] La chimica ha nuova nomenclatura, perché scienza nuova e diversa dall'antica. E così accade alle altre scienze quando si rinnovano o in tutto o in parte. Perdono l'antica nomenclatura, e ne acquistano altra, che diviene però universale come la prima.

Nel *Frammento apocrifo di Stratone di Lampsaco* (Leopardi, 1979) troviamo riaffermato il principio di conservazione della massa nelle trasformazioni chimiche e nelle trasformazioni delle sostanze :

Ora noi veggiamo che la materia non si accresce mai di una eziandio menoma quantità, niuna anco menoma parte della materia si perde, in guisa che essa materia non è sottoposta a perire. [...] La materia universale [...] ha in sé per natura una o più forze sue proprie, che l'agitano e muovono in diversissime guise continuamente. [...] Questa forza [...] della materia, muovendola, come abbiam detto, e agitandola di continuo forma di essa materia innumerevoli creature.

Nonostante considerazione e interesse per la scienza, Leopardi è tuttavia convinto della superiorità della tradizione e della cultura classica (Brockmeier, 2001) e non ha dubbi per schierarsi nella *querelle des anciens et des modernes*. Nello Zibaldone (1464) troviamo infatti:

La scienza distrugge i principali piaceri dell'animo nostro perché determina le cose, e ce ne mostra i confini, benché in moltissime cose, abbia materialmente ingrandito d'assai le nostre idee. [...] la scienza è nemica della grandezza delle idee, benché abbia smisuratamente ingrandito le opinioni naturali.

Leopardi ritiene, ad esempio, che le scoperte scientifiche moderne siano in realtà figlie di più antiche primigenie scoperte. Concetti in questo campo sono espressi in *Palinodia al Marchese Gino Capponi* (Leopardi, 1979) dove, pur conscio dei vantaggi pratici dell'avanzamento delle conoscenze e della tecnica, non ritiene che queste siano sufficienti per il raggiungimento della felicità del genere umano:

[...] Ardir protervo e frode,
Con mediocrità, regneran sempre,
A galleggiar sortiti. Imperio e forze,
Quanto più vogli o cumulate o sparse,
Abuserà chiunque avralle, e sotto
Qualunque nome. Questa legge in pria
Scrisser natura e il fato in adamante;
E co' fulmini suoi Volta né Davy

Lei non cancellerà, non Anglia tutta
Con le macchine sue, né con un Gange
Di politici scritti il secol novo.

6.2.4 Futurismo e chimica

Il *futurismo* è stato un movimento di avanguardia che ha rifiutato la tradizione e le stratificazioni culturali per un'esaltazione della macchina e della tecnologia industriale. Di fronte al crescente sviluppo della scienza e della tecnologia i futuristi sentono l'inadeguatezza dei linguaggi classici della letteratura e dell'arte e la necessità di un completo rinnovamento dei mezzi espressivi per rappresentare questa nuova realtà culturale. *Uccidiamo il chiaro di luna* suona la frase-manifesto simbolo della poetica di Tommaso Marinetti. L'esaltazione per il progresso, l'industrializzazione e la scienza porta a un nuovo privilegiato rapporto dei futuristi con la materia, la macchina, il dinamismo, la velocità. In un tale contesto ci si dovrebbe aspettare anche una nuova sensibilità verso la chimica (Cardone, 2010). Ma i sentimenti dei futuristi sembrano in realtà strumentali e contrastanti. Nel manifesto di fondazione del futurismo, pubblicato su *Le Figaro* il 20 febbraio 2009, Marinetti scrive:

Si deve afferrare l'essenza a colpi di intuizione, la qual cosa non potranno mai fare i fisici né i chimici. Guardatevi dal prestare alla materia i sentimenti umani, indovinate le sue forze di compressione, di dilatazione, di coesione o i suoi turbini di elettroni.

Sembra quindi che la scienza *di laboratorio*, il rigore nella ricerca del comportamento della materia non interessino i futuristi quanto una concezione istintiva, un possesso intuitivo della scienza e della tecnica. Tuttavia il linguaggio futurista è intriso di termini e di richiami alla chimica che compaiono diffusamente negli scritti o nei dipinti:

L'uomo rubò l'elettricità dello spazio e i carburanti per crearsi dei nuovi alleati nei motori. L'uomo costrinse i metalli vinti e resi flessibili mediante il fuoco, ad allearsi coi carburanti e l'elettricità. [...] È la solidità di una lastra d'acciaio che c'interessa per sé stessa, cioè l'alleanza incomprensibile e inumana delle sue molecole e dei suoi elettroni.

Concetti analoghi troviamo espressi da Umberto Boccioni, che in *Trascendentalismo fisico e stati d'animo plastici* così scrive:

Le ultime ipotesi scientifiche, le incommensurabili possibilità offerte-
ci dalla chimica, dalla fisica, dalla biologia e da tutte le scoperte della
scienza, la vita dell'infinitamente piccolo, l'unità fondamentale dell'e-
nergia che ci dà la vita, tutto ciò spinge a creare delle analogie nella
sensibilità plastica con queste nuove concezioni naturali [...], gli elet-
troni roteano nell'atomo a decine di migliaia, separati gli uni dagli altri
come i pianeti del sistema solare e come questi aventi un'orbita e una
velocità inconcepibili alla nostra mente, e l'atomo è già visibile ai nostri
occhi e ai nostri strumenti ottici.

La tecnologia e la chimica invadono anche la pittura futurista come nel qua-
dro di Ivan Kluhn, conservato nel Museo dell'Hermitage di San Pietroburgo,
in cui la chimica è presente prepotentemente nel titolo: *Ozonizzatore*.

La scienza e la chimica entrano anche pesantemente nella organizzazio-
ne della cucina futurista, il cui manifesto è mostrato nella Figura 6.14:



Figura 6.14: Manifesto per la cucina futurista.

Il *Manifesto della cucina futurista* di Marinetti e Filia dispiega un insieme
di strumenti e di interventi chimici in un'anticipazione della gastronomia
molecolare:

Una dotazione di strumenti scientifici in cucina: ozonizzatori, lam-
pade per emissione di raggi ultravioletti (perché molte sostanze ali-
mentari irradiate acquistano proprietà attive, diventano più assimi-
labili, ecc), elettrolizzatori, mulini colloidali, apparecchi di distillazione,

autoclavi, centrifughe, dializzatori. L'uso di questi apparecchi dovrà essere scientifico. Gli indicatori chimici renderanno conto dell'acidità e della basicità degli intingoli e serviranno a correggere eventuali errori: manca di sale, troppo aceto, troppo pepe, troppo dolce.

Alberto Vianello (1902-1977), ingegnere chimico, aderì al movimento futurista e nel tempo libero dalla professione si dedicò alla poesia e alla scrittura collaborando a varie riviste. Una raccolta di sue poesie *Oltre il sensibile* è stata pubblicata postuma (Vianello, 2012). Riportiamo una sua poesia *Nostalgia*: nelle ultime due strofe riemergono vaghi ricordi di chimica:

NOSTALGIA

Brandelli d'anima attaccati al passato
desiderio di ritorno
rimpianto di non essersi saziati
Una pioggerella di marzo
scompono il grigio dei miei occhi
tutto verso il bianco
tutto verso il nero.
Vedo luci di là che fu
sembran fatue benché multicolori
ma or si danno
sol per ciò che piace.
Ritorna!
Afferrarlo quel passato
gorgogliarlo
spruzzarlo di azoto ossidato
per rigoderlo in estasi
e rimbalzar dal trampolo al cuscino
su cui riposa il senso addormentato
Ritornare!
E col pensiero audace
comprimere quel passato,
rinchiuderlo, in una scatola di piombo
per morire
così
pizzicandolo.

6.2.5 Echi della poesia della chimica

Francis Ponge

La descrizione di Lucrezio nel *De rerum natura* del mondo materiale e del suo divenire è stata di ispirazione in molti casi e certamente lo è stata per Francis Ponge (1899-1988), un poeta e saggista francese. Italo Calvino ha definito Ponge: «Il Lucrezio del nostro tempo che ricostruisce la fisicità del mondo attraverso il pulviscolo delle parole». Le sue brevi composizioni in poesia o in prosa (e spesso in un originale stile intermedio che egli definisce *proeme* = *prose* + *poeme*) descrivono il mondo degli oggetti quotidiani. In un suo articolo sul *Corriere della Sera* del 29 luglio 1979 così Italo Calvino sintetizza la poetica di Ponge:

Ponge prende un oggetto il più umile, il più quotidiano, e cerca di considerarlo fuori di ogni meccanismo verbale logorato dall'uso. [...] Ponge è antropomorfo nel senso d'una immedesimazione nelle cose, come se l'uomo uscisse da sé per provare come è essere cosa. Questo comporta una battaglia con il linguaggio, un continuo tirarlo e rimboccarlo, quà troppo stretto e là troppo largo, il linguaggio che tende sempre a dire troppo poco o a dire troppo: il mezzo indispensabile per tenere insieme soggetto e oggetto.

In questa ricerca di un nuovo linguaggio commisurato alle cose non esiste una forma definita da privilegiare; i tentativi, ripetuti, di trovare una forma perfetta, i brogliacci, costituiscono già una descrizione autoconsistente e sono riportati nelle opere di Ponge. Per la poesia *Il fico secco* ci sono circa sessanta versioni differenti (Ponge, 1999), esperimenti che Ponge ritiene tutti ugualmente validi. Un'esplicitazione del modo di Ponge di rapportarsi al mondo materiale la troviamo ne *Il pane* (Ponge, 1979):

La superficie del pane è meravigliosa prima di tutto per l'impressione quasi panoramica che dà: come se si avesse a disposizione, sotto mano, le Alpi, il Tauro o la Cordigliera delle Ande. Così dunque una massa amorfa in stato di eruzione fu introdotta per noi nel forno stellare, dove indurendo si è foggiate in valli, creste, ondulazioni, crepe. [...] E tutti quei piani subito così nettamente articolati, quelle lastre sottili dove la luce allunga con cura i suoi fuochi, senza uno sguardo per l'ignobile

mollezza sottostante. Quel flaccido e freddo sottosuolo che chiamano mollica ha il tessuto simile a quello delle spugne: foglie o fiori vi stanno come sorelle siamesi saldate gomito a gomito tutte assieme. Quando il pane si rafferma i fiori appassiscono e si restringono: si staccano allora gli uni dagli altri, e la massa si fa friabile. [...] Ma rompiamola: nella nostra bocca infatti il pane deve essere piuttosto oggetto di consumo che di riverenza.

Nell'approccio di Ponge alla materia il mondo minerale trova una sua collocazione particolare e la pietra è stata definita come tema centrale, immagine privilegiata nella poesia di Ponge (Tcholakian, 1989). Troviamo così componimenti come *Le galet* (Il ciottolo) (Ponge, 1999) dove l'incipit ci mostra l'attenzione, priva di pregiudizi, con cui Ponge si pone davanti agli oggetti più umili. Più vicini al mondo della chimica sono composizioni come *Des cristaux naturels* (Cristalli naturali) (Ponge, 1999) e *L'ANTHRACITE ou Le charbon par excellence* (L'antracite o il carbone per eccellenza) (Ponge, 1999). Nel primo Ponge rifiuta l'immagine di vegetazione delle pietre, immagine di origine alchimistica, secondo la quale nelle profondità della terra i minerali si trasformerebbero lentamente in materiali perfetti come l'oro, per concentrarsi sulla essenza dei cristalli naturali che, per il loro rigoroso ordine microscopico, sono le migliori approssimazioni concrete di una realtà pura, specie omogenee, perfettamente definite che crescono per giustapposizione degli stessi elementi secondo rapporti spaziali costanti per assumere infine, nella dimensione macroscopica, rapporti geometrici propri, perfettamente definiti.

Canzoni e altro

Il desiderio di parlare della chimica fuori degli schemi accademici e nel linguaggio più elevato della poesia ha trovato un'eco positiva in molti altri contesti (Willis, 2002; Alber, 2001; Furlan et al., 2007), ad esempio nel mondo della canzone. In una bella canzone-poesia del cantautore Fabrizio De André, ispirata da una poesia della *Antologia di Spoon River, Trainor, il farmacista*, (Masters, 1971) la chimica, le reazioni tra atomi e le affinità chimiche compaiono come metafora della vita e delle relazioni e degli affetti umani, un canovaccio che si ripete molte volte nella letteratura, come avremo ancora modo di vedere:

UN CHIMICO

Solo la morte m'ha portato in collina
un corpo fra i tanti a dar fosforo all'aria
per bivacchi di fuochi che dicono fatui
che non lasciano cenere, non sciolgon la brina.

Solo la morte m'ha portato in collina.
Da chimico un giorno avevo il potere
di sposare gli elementi e di farli reagire,
ma gli uomini mai mi riuscì di capire
perché si combinassero attraverso l'amore.
Affidando ad un gioco la gioia e il dolore.

Guardate il sorriso guardate il colore
come giocan sul viso di chi cerca l'amore:
ma lo stesso sorriso lo stesso colore
dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.
Dove sono sul viso di chi ha avuto l'amore.

È strano andarsene senza soffrire,
senza un volto di donna da dover ricordare.

Ma è fosse diverso il vostro morire
voi che uscitep all'amore che cedete all'aprile.

Cosa c'è di diverso nel vostro morire.

Primavera non bussa lei entra sicura
come il fumo lei penetra in ogni fessura
ha le labbra di carne i capelli di grano
che paura, che voglia che ti prenda per mano.
Che paura, che voglia che ti porti lontano.

Ma guardate l'idrogeno tacere nel mare
guardate l'ossigeno al suo fianco dormire:
soltanto una legge che io riesco a capire
ha potuto sposarli senza farli scoppiare.

Fui chimico e, no, non mi volli sposare.

Non sapevo con chi e chi avrei generato:

Son morto in un esperimento sbagliato
proprio come gli idioti che muoion d'amore.
E qualcuno dirà che c'è un modo migliore.

Un'altra famosa canzone (*The Scientist*, Coldplay 2002) si richiama alla scienza già nel titolo, anche se nel testo il riferimento ad una motivazione scientifica è molto più tenue:

Stavo pensieroso davanti a numeri e dati,
cercando di ricomporre i pezzi del tuo puzzle.
Domande sulla scienza, sulla scienza e sul progresso,
che non riescono a esprimersi forti come ciò che viene dal mio cuore.
[TdA]

Il duo comico Flanders and Swann, di cui abbiamo già parlato nel secondo capitolo, ha scritto una canzone sui due principi della termodinamica inserita nell'album *At the top of another hat*:

THE FIRST AND SECOND LAW OF THERMODYNAMICS

Heat is work and work is heat

Heat is work and work is heat

Very Good.

The Second law of thermodynamics.

Heat cannot of itself pass from one body to a hotter body

Heat cannot of itself pass from one body to a hotter body

Heat won't pass from a cooler to a hotter

Heat won't pass from a cooler to a hotter

You can try it if you like but you'd far better not-a

You can try it if you like but you'd far better not-a

'Cos the cold in the cooler will get hotter as a rule-a

'Cos the cold in the cooler will get hotter as a rule-a

'Cos the hotter body's heat will pass to the cooler

'Cos the hotter body's heat will pass to the cooler

Heat is work and work is heat and work is heat and heat is work

Heat will pass by conduction and

Heat will pass by conduction and

Heat will pass by convection and

Heat will pass by convection and

Heat will pass by radiation

Heat will pass by radiation

And that's a physical law

Chimica e letteratura

Heat is work and work's a curse
And all the heat in the universe
Is gonna cool down,
'Cos it can't increase
Then there'll be no more work
And there'll be perfect peace
Really?

Yeah, that's entropy, Man.

And all because of the second law of thermodynamics which lays down:

That you can't pass heat from a cooler to a hotter
Try it if you like but you'd far better not-a
'Cos the cold in the cooler will get hotter as a rule-a
'Cos the hotter body's heat will pass to the cooler
Oh, you can't pass heat from a cooler to a hotter
Try it if you like but you'll only look a fool-a
'Cos the cold in the cooler will get hotter as a rule-a
And that's a physical law
Oh, I'm hot
That's because you've been working!
Oh, Beatles, nothing!
That's the first and second laws of thermodynamics⁸.

⁸ LA PRIMA E LA SECONDA LEGGE DELLA TERMODINAMICA. Il calore è lavoro e il lavoro è calore / Il calore è lavoro e il lavoro è calore / Benissimo. / La seconda legge della termodinamica. / Il calore non può passare da sé da un corpo a uno più caldo / Il calore non può passare da sé da un corpo a uno più caldo / Il calore non passerà dal caldo al freddo / Il calore non passerà dal caldo al freddo / Puoi provare se vuoi ma è meglio di no / Puoi provare se vuoi ma è meglio di no / Perché il freddo nel più freddo diventerà più caldo come regola / Perché il freddo nel più freddo diventerà più caldo come regola / perché il calore del corpo più caldo passerà nel più freddo / perché il calore del corpo più caldo passerà nel più freddo / Il calore è lavoro e il lavoro è calore e il lavoro è calore e il calore è lavoro / Il calore passerà per conduzione e / Il calore passerà per conduzione e / Il calore passerà per convezione e / Il calore passerà per convezione e / Il calore passerà per radiazione / Il calore passerà per radiazione / e questa è una legge fisica / Il calore è lavoro e il lavoro è una sciagura / E tutto il calore del mondo / si dovrà raffreddare, / Perché non può aumentare / Allora non ci sarà più lavoro / E ci sarà pace perfetta / Davvero? / Sì! è l'entropia, Uomo. / E tutto per la seconda legge della termodinamica che dice: / Che non puoi passare calore dal più freddo al più caldo / Puoi provare se vuoi ma è meglio di no / Perché il freddo nel più freddo diventerà più caldo come regola / perché il calore del corpo più caldo passerà nel più freddo / Oh, non puoi passare calore dal più freddo al più caldo / Prova se vuoi ma sembrerai solo un pazzo / Perché il freddo nel più freddo diventerà più

È interessante anche una poesia del poeta inglese Roger McGough in cui l'ossigeno, l'elemento della vita, si anima e ci parla così:

OSSIGENO
Sono l'aria stessa
Che respiri
Il tuo primo
E ultimo
Respiro
Ti ho dato il benvenuto
Alla nascita
Ti darò
L'addio
Alla morte
Sono il bacio della vita
Il suo flusso e riflusso
Col tuo ultimo rantolo
Chiamerai il mio nome:
O O O O O O O O [TdA]

Nel sospiro dell'ultimo verso il simbolo dell'elemento compare otto volte, come il numero atomico dell'ossigeno.

È interessante menzionare anche una poesia di Fernando Pessoa esplicitamente chimica nel titolo *Bicarbonato de soda* [Bicarbonato di sodio]. Il composto non viene ulteriormente menzionato nel poema e l'allusione alla chimica diventa nascosta e indiretta. Il poeta è in preda all'angoscia ed è, forse senza speranze, alla ricerca di un sollievo alle sue pene e alla solitudine. Il bicarbonato di sodio del titolo, usato per alleviare il mal di stomaco, è un simbolo di quello che il poeta cerca invano; il poema termina con l'invocazione *Déem-me de beber, que não tenho sede!* (Datemi da bere, che non ho sete!)

In molti siti della rete è un fiorire di iniziative e di presentazioni di poemi dedicati alla chimica: come esempio riportiamo una citazione da una poesia di Giuseppe Aloé intitolata *La chimica dell'anima*:

caldo come regola / E questa è una legge fisica / Oh, sono caldo / Questo perché hai lavorato / Oh, Beatles, nulla! / Ecco la prima e la seconda legge della termodinamica. [TdA]

Chimica e letteratura

L'attrazione tra un atomo e una molecola
è un cuore che si innamora della vita,
il legame chimico è un matrimonio elettrostatico
che dura un istante infinito.
Quando ci sentiamo reagenti,
quando non siamo più in equilibrio dinamico,
quando perdiamo la concentrazione della nostra Sostanza
quando si alza la temperatura e la pressione
quando ci alziamo a volte organicamente complessi
oppure ci sentiamo un pò inorganici,
ecco la luce della verità:
la chimica non può far paura.
L'uomo forse.

Particolarmente interessanti sono i tentativi di richiamarsi a espressioni poetiche, o più in generale artistiche, nel processo di apprendimento della chimica da parte degli studenti, nella convinzione che andare oltre i metodi convenzionali di insegnamento sia utile per stimolare una maggiore partecipazione e creatività da parte degli studenti (Furlan et al., 2007; Alber, 2001). A titolo di esempio, riportiamo di seguito una breve poesia di studenti di chimica di primo livello sulla fusione nucleare, poesia che è stata considerata come compito per un esame di chimica:

NUCLEAR FUSION
Hydrogen, the first among many
Two H become one He
Fused together by inconceivable forces
An exothermic reaction
Energy escapes as heat and light
Photons hurl across the vast divide
To light the world⁹.

Nello stesso contesto ci sembrano interessanti due versetti sulla tensione superficiale nei liquidi nei quali le interazioni molecolari nel liquido sono viste con atteggiamento umoristico:

⁹FUSIONE NUCLEARE. Idrogeno, il primo tra molti / Due H diventano un He / Fusi insieme da forze inconcepibili / Una reazione esoterma / L'energia viene fuori come calore e luce / Fotoni si lanciano attraverso l'ampia frontiera / per illuminare il mondo. [TdA]

SURFACE TENSION

What did the stressed out molecule do in the liquid?
It went to the middle to relieve some of the surface tension¹⁰.

6.3 La chimica nella narrativa

La presenza della chimica nella narrativa è piuttosto ampia grazie a chimici che si sono cimentati nel racconto e a scrittori che nella filosofia e nei metodi della chimica hanno trovato ispirazione per descrivere realtà umane più complesse. Le motivazioni per questo tipo di narrativa sono le più varie, a cominciare da ispirazioni di tipo autobiografico per raccontare la propria esperienza di scienziato a un pubblico più vasto, oltre i canoni tecnici e formali, alla esplorazione della chimica come metafora di altre realtà umane o sociali, al desiderio di far partecipare alla bellezza della scienza e della chimica un pubblico molto più esteso degli specialisti e dei tecnici. Questa ultima motivazione è stata particolarmente portata avanti dal premio Nobel per la chimica Roald Hoffmann, del quale abbiamo già parlato nel capitolo sulla poesia. La concezione di Hoffmann di portare la scienza fuori dei laboratori non ha solo un intento divulgativo e didascalico ma sconfinava in altre importanti problematiche come quelle dell'etica e della responsabilità dello scienziato, del valore della scoperta scientifica, dell'uso responsabile delle tecnologie e della salvaguardia dell'ambiente.

6.3.1 I racconti di Primo Levi

Parlando degli intrecci tra chimica e narrativa, un basilare punto di riferimento è l'opera di Primo Levi (vedi Figura 6.15).

Primo Levi, oltre a essere stato un chimico industriale praticante, è stato anche uno scrittore di grande spessore e successo, come testimoniato dagli importanti riconoscimenti ricevuti dai suoi scritti: *La Tregua* (Levi, 1963), Premio Campiello 1963; *La chiave a stella* (Levi, 1978), Premio Strega 1978; *Se non ora, quando* (Levi, 1982), Premio Viareggio 1982 e Premio Campiello 1982.

¹⁰TENSIONE SUPERFICIALE. Cosa ha fatto nel liquido la molecola sotto sforzo? È andata nel mezzo per alleviare parte della tensione superficiale. [TDA]

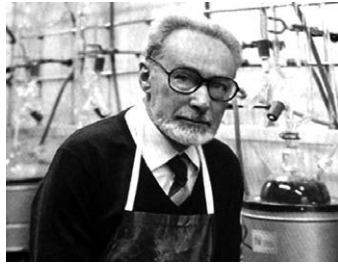


Figura 6.15: Primo Levi, chimico e scrittore.

Primo Levi si è laureato in chimica all'Università di Torino nel 1941 con una tesi di laurea dal titolo *L'inversione di Walden*, relatore il Prof. Giacomo Ponzio. L'inversione di Walden è un'importante reazione chimica di sostituzione il cui schema è mostrato nella Figura 6.16:

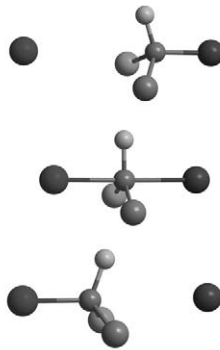


Figura 6.16: Rappresentazione grafica della reazione di inversione di Walden. In alto i reagenti iniziali, in basso i prodotti finali, al centro lo stato intermedio della reazione.

In una prima fase della reazione (in alto nella figura) un atomo (o un gruppo) si avvicina a una molecola orientata in modo appropriato. In una fase intermedia questo atomo si lega alla molecola (al centro nella figura) e infine espelle un altro gruppo, di cui prende il posto, provocando una inver-

sione della configurazione (cioè della orientazione spaziale) del resto della molecola, come si vede in figura.

Dopo la terribile esperienza delle leggi razziali e della guerra, Levi ha lavorato come chimico e dirigente di industrie chimiche e solo più tardi si è dedicato all'attività di scrittore. L'attività di narratore di Primo Levi è esemplare dal nostro punto di vista perché lo scrivere per lui non è *altra* cosa rispetto alla attività scientifica e professionale ma, al contrario, la formazione di scienziato si trasferisce per intero nello scrivere. Da un punto di vista della forma e dell'espressione di base, Levi parte da un'analogia tra il sistema lettere dell'alfabeto, parole, frasi per esprimere concetti e il sistema atomi, molecole, sistemi chimici o biologici complessi. In questo scenario il suo scrivere si libera dai tecnicismi, dalle formule e dagli algoritmi della scienza per giocare su un terreno più originario. Parlando del suo *Sistema Periodico* (Levi, 1988) dice: «volevo scrivere un libro sulla chimica, non un libro di chimica.» In Primo Levi la normale esperienza umana, i misteri e il fascino del microcosmo e del macrocosmo sono percepiti in maniera unitaria:

[...] i modelli in scala umana, i concetti di forma e di misura, arrivano molto lontano, verso il mondo minuscolo degli atomi e verso il mondo sterminato degli astri; forse infinitamente lontano? Se sì, viviamo in un cosmo immaginabile, alla portata della nostra fantasia, e l'angoscia del buio cede il posto all'alacrità della ricerca.

Ma Levi si rende conto della inadeguatezza della terminologia e della necessità di un rinnovamento del linguaggio quando parliamo della scienza (*Lo scriba*: Levi, 1985) e la sua attitudine metodologica si esercita anche sulla parola e sulla frase. Nel *Sistema periodico - Uranio* (Levi, 1988) avverte: «guai a far discorsi chimici con un non chimico» e in un altro racconto, *Carbonio*, ritorna sulla necessità di rinnovare il linguaggio:

Ne racconterò invece soltanto ancora una [storia], la più segreta, e la racconterò con l'umiltà e il ritegno di chi sa fin dall'inizio che il suo tema è disperato, i mezzi fievoli, e il mestiere di rivestire i fatti con parole fallimentare per sua profonda essenza.

Nell'approccio di Levi l'abito mentale e il metodo di lavoro dello scienziato e del chimico si trasferiscono interamente nell'attitudine dello scrittore e poi

nella pagina scritta. Il racconto, anche quando non riguarda esplicitamente la chimica, parte sempre dalla concretezza del mondo materiale, dalla precisione dei dettagli, in un atteggiamento di esplorazione e di ricerca dei motivi nascosti della realtà che ci circonda.

Nel racconto *Ex chimico* (Levi, 1985) Levi descrive come la sua transizione dalla professione di chimico all'attività di scrittore sia avvenuta senza soluzione di continuità:

L'abitudine a penetrare la materia, a volerne sapere la composizione e la struttura, a prevederne le proprietà e il comportamento, conduce ad un insight, ad un abito mentale di concretezza e di concisione, al desiderio costante di non fermarsi alla superficie delle cose. La chimica è l'arte di separare, pesare e distinguere: sono tre esercizi utili anche a chi si accinge a descrivere fatti o a dare corpo alla propria fantasia.

per ribadire in un altro punto: «scrivo proprio perché sono un chimico: il mio vecchio mestiere si è largamente trasfuso nel nuovo».

In un altro racconto, *A un giovane lettore* (Levi, 1985), nel rispondere a un giovane aspirante scrittore che chiede consigli sullo scrivere, Levi avverte che il raccontare non deve essere considerato come un mestiere, una professione. Nel dare i suoi consigli per il *non mestiere* di scrivere mette in evidenza il ruolo del lavoro e della professione, qualunque essi siano, come fonte primaria di ispirazione. Il legame di Levi con il lavoro e la professione è profondo:

È malinconicamente vero che molti lavori non sono amabili, ma è nocivo scendere in campo carichi di odio preconcepito: chi lo fa, si condanna per la vita a odiare non solo il lavoro, ma se stesso e il mondo.

Il più chimico dei libri di Primo Levi è certamente il *Sistema periodico* (Levi, 1988) come si può evidentemente presumere già dal titolo. In *Carbonio* dice di non voler fare una autobiografia, ma il libro è in realtà eminentemente autobiografico: «È bello raccontare i guai passati» è la citazione che troviamo nella premessa al libro. È un riandare con nostalgia e affetto a una esperienza di vita, vista e rivissuta attraverso la lente della formazione chimica e del laboratorio. Si tratta di ventuno ricordi, ognuno scandito e associato a un elemento chimico, tanti frammenti di vita vissuta che si susseguono senza

un ordine specifico, se non una successione temporale che va dalla adolescenza fino alla fine degli anni Sessanta. In alcuni racconti la chimica è solo lo spunto iniziale o un pretesto per riandare a un passato più o meno lontano (*Argo*), in altri si tratta di avventure associate più strettamente alla chimica, oppure di racconti di fantasia (*Piombo, Mercurio*) o di storie derivanti dalla propria esperienza di studente o professionale. L'insieme dei racconti permette di ricostruire un quadro di insieme in cui si alternano i temi generali delineati sopra e, anche se non in modo sistematico, Levi spiega il suo modo di concepire la scienza, la professione, il lavoro in generale, e lo scrivere.

La professione, il mestiere di chimico, sono visti come un'avventura personale di esplorazione della natura e di ricerca di soluzioni di problemi:

A me interessano di più le storie della chimica solitaria, inerme e appiedata, a misura d'uomo, che con poche eccezioni è stata la mia: ma è stata anche la chimica dei fondatori, che non lavoravano in equipe ma da soli, in mezzo all'indifferenza del loro tempo, per lo più senza guadagno, e affrontavano la materia senza aiuti, col cervello e con le mani, con la ragione e la fantasia. [...] una storia delle nostre, in cui ci si arrabatta nel buio per una settimana o per un mese, sembra che sarà buio sempre, e viene voglia di buttare via tutto e di cambiare mestiere: poi si scopre nel buio un bagliore, si va a tentoni da quella parte, e la luce cresce, e infine l'ordine segue al caos.

Il lavoro del chimico e della ricerca è un lavoro di scoperta: «Così impostato, mezzo chimico e mezzo poliziesco, il problema mi interessava», al quale inevitabilmente ci si affeziona:

Tutti gli uomini hanno ripreso i vecchi mestieri, ma io no; come il piombo, senza di noi non vede la luce, così noi senza piombo non possiamo vivere.

e che, ben oltre l'aspetto tecnico, richiede il concorso dell'intuizione e della fantasia:

[...] questa è una delle nostre malizie, i sassi dei torrenti vengono da lontano, e parlano chiaro a chi sa capire. [...] e questa è una cosa cui spesso avevo spesso pensato, che noi cercatori crediamo di trovare il metallo con gli occhi, l'esperienza e l'ingegno, ma in realtà quello che ci

Chimica e letteratura

conduce è qualcosa di più profondo, una forza come quella che guida i salmoni a risalire i nostri fiumi, o le rondini a risalire al nido.

Quando il lavoro e la ricerca sono lontani per qualche motivo, sopravviene la nostalgia che testimonia l'attaccamento quasi sentimentale al lavoro come componente primaria della nostra esperienza umana:

Certo, che avrei cercato loro: non per arricchire, ma per sperimentare un'arte nuova, per rivisitare la terra l'aria l'acqua, da cui mi separava una voragine ogni giorno più larga; e per ritrovare il mio mestiere chimico nella sua forma essenziale e primordiale, la «Scheidenkunst», appunto l'arte di separare metallo dalla ganga.

Dirò di più: lungi dallo scandalizzarmi, l'idea di ricavare un cosmetico da un escremento, ossia aurum de stercore, mi divertiva e mi riscaldava il cuore come un ritorno alle origini, quando gli alchimisti ricavano il fosforo dall'urina.

In questo contesto la chimica è vista come una sfida continua per penetrare i segreti della natura:

[...] occorre diffidare del quasi uguale (il sodio è quasi uguale al potassio: ma col sodio non sarebbe successo nulla) [...] il mestiere del chimico consiste in buona parte dal guardarsi da queste differenze, nel conoscerle da vicino, nel prevederne gli effetti. Non solo il mestiere di chimico. [...] Siamo chimici, cioè cacciatori: nostre sono «le due esperienze della vita adulta» di cui parlava Pavese, il successo e l'insuccesso, uccidere la balena o sfasciare la nave; non ci si deve arrendere alla materia incomprensibile, non ci si deve sedere. Siamo qui per questo, per sbagliare e correggerci, per incassare colpi e renderli. Non ci si deve mai sentire disarmati: la natura è immensa e complessa, ma non è impermeabile all'intelligenza; devi girarle intorno, pungere, sondare, cercare il varco o fartelo. [...] La materia stupida, neghittosamente nemica come è nemica la stupidità umana, e come quella forte della sua ottusità passiva. Il nostro mestiere è condurre e vincere questa interminabile battaglia: è molto più ribelle, è refrattaria al tuo volere, una vernice impolmonita come un leone nel suo impeto insano: però è anche meno pericolosa.

A queste motivazioni si aggiunge il desiderio di raccontare la scienza come esperienza di vita:

Gli dissi che andavo in cerca di eventi, miei e di altri, che volevo schiere in mostra in un libro, per vedere se mi riusciva di convogliare ai profani il sapore forte ed amaro del nostro mestiere, che è poi un caso particolare, una visione più strenua del mestiere di vivere.

o come comunicazione della bellezza della natura:

[...] fantasticavo di scrivere la saga di un atomo di carbonio, per far capire ai popoli la poesia solenne, nota solo ai chimici, della fotosintesi clorofilliana.

e soprattutto come continuazione ideale del mestiere di vivere:

Lo stesso mio scrivere diventa un'avventura diversa, non più l'itinerario doloroso di un convalescente, non più un mendicare compassione e visi amici, ma un costruire lucido, ormai non più solitario: un'opera di chimico che pesa e divide, misura e giudica su prove certe, e si industria di rispondere ai perché. [...] Provavo ora nello scrivere un piacere complesso, intenso e nuovo, simile a quello sperimentato da studente nel penetrare l'ordine solenne del calcolo differenziale. Era esaltante cercare e trovare, o creare, la parola giusta cioè commisurata, breve e forte; ricavare le cose dal ricordo, e descriverle col massimo rigore e il minimo ingombro. Paradossalmente, il mio bagaglio di memorie atroci diventava una ricchezza, un seme; mi pareva scrivendo di crescere come una pianta.

Ma raccontare la scienza pone allo scrittore il problema del suo mezzo espressivo:

[...] buttare dentro il B₄₁: che è proprio una gran buffonata dover continuare a chiamarlo B₄₁ quando tutta la fabbrica sa che è zolfo, e in tempo di guerra, quando tutto mancava, parecchi se lo portavano a casa e lo vendevano in borsa nera ai contadini che lo spargevano sulle viti.

che può essere continuamente rinnovato estendendo e modificando i significati e le accezioni delle parole:

A questo punto io feci osservare che tutti i linguaggi sono pieni di immagini e metafore la cui origine si va perdendo, insieme con l'arte da cui sono attinte. [...] insomma, nelle dicerie qualcosa di vero ci può essere, magari una verità nascosta sotto veli di parole, come un indovinello.

e cercando anche nuove e inaspettate connessioni:

tutte le miniere sono magiche, da sempre. Le viscere della terra brulicano di gnomi, di coboldi (cobalto!), niccoli (nicel!), che possono essere generosi e farti trovare il tesoro sotto la punta del piccone, o ingannarti, abbagliarti, facendo rilucere come l'oro la modesta pirite, o travestendo lo stagno con i panni dello zinco: infatti sono molti i minerali che contengono radici che significano «inganno, frode, abbagliamento».

Era scoccata l'ora dell'appuntamento con la materia, la grande antagonista dello spirito: la Hyle che curiosamente si trova imbalsamata nelle desinenze dei radicali alchilici: metile, butile.

Il linguaggio della chimica è sorgente di metafore e ne riportiamo alcune dai racconti di Levi:

Avevamo molto da cederci a vicenda. Gli dissi che eravamo come un catione e un anione, ma Sandro non mostrò di recepire la similitudine.

Tutti i cinquanta minatori della miniera avevano reagito tra loro, a due a due, come nel calcolo combinatorio; voglio dire ognuno con tutti gli altri, ed in specie ogni uomo con tutte le donne, zitelle e maritate, ed ogni donna con tutti gli uomini.

A quel tempo ero talmente giovane da pensare ancora che fosse possibile far mutare idea a un superiore: perciò avanzai due o tre obiezioni, ma vidi subito che sotto i colpi di queste il Commendatore si incrudiva come una lastra di rame sotto il martello.

Ma il gioco delle metafore spesso si inverte e, quasi come una manifestazione dell'*affetto* maturato dallo scrittore per il mondo materiale della chimica, atomi, molecole, sostanze appaiono umanizzate nei suoi racconti:

In qualche modo era una giusta punizione; il vetro è vetro, e non avrebbe dovuto simulare il comportamento dell'acqua saponata. Forzando un pò i termini, si poteva ravvisare nella vicenda un apologo esopiano.

[lo zinco] non è un elemento che dica molto all'immaginazione, è grigio e i suoi sali sono incolori, non è tossico, non dà reazioni cromatiche, insomma è un metallo noioso [...] non è dunque un veterano carico di gloria [...] e neppure uno di quegli elementini freschi freschi.

[...] una fortezza massiccia che dovevo smantellare, bastione dopo bastione per mettere le mani sul folletto nascosto, sul capriccioso nichel-Nicolao, che salta ora qui ora là, elusivo e maligno, colle lunghe orecchie tese, sempre attento a fuggire davanti ai colpi del piccone indagatore, per lasciarti con un palmo di naso.

Accanto a elementi forti ci sono elementi deboli e miti, o amici, come Levi definisce lo stagno:

Ci sono metalli amici e metalli nemici. Lo stagno era un amico. [...] Perché si sposa al ferro. Trasformandolo nella mite latta, e privandolo pertanto della sua qualità sanguinaria di «nocens ferrum», perché lo commerciavano i Fenici, e perché tuttora lo si estrae [...] in paesi lontani e favolosi; perché si allega col rame per dare il bronzo, materia rispettabile per eccellenza, [...] perché fonde basso, quasi come i composti organici, cioè quasi come noi, e infine per due proprietà uniche, dai nomi pittoreschi e poco credibili, mai viste né udite (che io sappia) da occhio o orecchio umano, tuttavia fedelmente tramandate, di generazione in generazione, da tutti i testi scolastici, la «peste» e il «pianto» dello stagno.

Per il pianto dello stagno vedi l'appendice. Lo stagno può esistere in due diverse strutture cristalline. Al di sopra di 13,2 °C è stabile lo stagno bianco (la forma β) che ha il tradizionale aspetto metallico ed è molto malleabile, tanto da poter essere ridotto in fogli sottilissimi. Al di sotto di 13,2 °C il metallo si

trasforma lentamente nello stagno grigio (la forma α) che ha l'aspetto di una polvere bianca. Lo stagno, quindi, raffreddandosi si disgrega in una polvere: questo fenomeno è detto malattia o peste dello stagno. In *I bottoni di Napoleone. Come 17 molecole hanno cambiato la storia* (Couteur and Burreson, 2006), a suo modo una storia della chimica, o meglio un racconto dei legami tra chimica, tecnologia, storia e cultura, si ipotizza che questa fragilità dello stagno a bassa temperatura sia stata una causa, o una concausa, della disfatta dell'esercito di Napoleone nella campagna di Russia del 1812: il rigido freddo russo avrebbe disgregato i bottoni di zinco degli indumenti dei soldati, ulteriormente diminuendo la loro protezione dal gelo.

Ma l'escursione di Levi tra le proprietà degli elementi e dei composti chimici continua:

Nulla della bonarietà generosa dello stagno, metallo di Giove, sopravvive nel suo cloruro.

Non è che l'acido cloridrico sia propriamente tossico: è uno di quei nemici franchi che ti vengono addosso gridando da lontano, e da cui è facile guardarsi. Ha un odore così penetrante che, chi può, non tarda a mettersi al riparo.

[Il cloruro di stagno] è aggressivo ma anche delicato, come certi avversari sportivi che piagnucolano quando perdono: non bisogna fargli forza, devi lasciare che asciughi all'aria con tutto il suo comodo.

[...] altre storie come questa, in cui la materia stolidamente manifesta un'astuzia tesa al male, all'ostruzione, come se si ribellasse all'ordine caro all'uomo: come i fuoricasta temerari, assetati più della rovina altrui che del trionfo proprio, che nei romanzi arrivano dai confini della terra per stroncare l'avventura degli eroi positivi.

Abbiamo già più volte messo in evidenza come un tema centrale nella poetica di Primo Levi sia la passione per il lavoro concepito, nella sua materialità, nel suo saper fare *con le mani* cose concrete e utili, come percorso di esplorazione e conoscenza della natura e di noi stessi. Questa concezione non è solo l'esito di una esperienza individuale, ma una concezione generale che torna prepotentemente in primo piano nella *Chiave a stella* (Levi, 1978). Il romanzo vuole essere anche un omaggio ai tanti italiani in giro per il mondo

come protagonisti di realizzazioni tecnologiche. Libertino Faussonne, il protagonista, racconta a Primo Levi, incontrato in qualche parte del mondo, la sua esperienza di montatore (la chiave a stella è il suo strumento principe di lavoro). Come nella filosofia di Levi, ogni esperienza di lavoro è per Faussonne una avventura, una sfida da vincere contro imprevedibili complessità tecniche, ogni volta diverse, vissute tuttavia con un'incrollabile fiducia nel proprio saper fare (Bresciani, 2002). Nel romanzo Levi svolge sostanzialmente il ruolo di ascoltatore che registra e riporta il racconto di Faussonne, nel quale tuttavia palesemente si riconosce. Nel capitolo *Acciughe*, I Levi, in occasione di una sua esperienza in un contenzioso industriale di cui è protagonista, confronta infine la sua duplice esperienza di chimico e di scrittore con quella di Faussonne scoprendo inaspettate analogie:

[...] sarebbe stata quella la mia ultima avventura di chimico. Poi basta: con nostalgia, ma senza ripensamenti, avrei scelto l'altra strada, dal momento che ne avevo la facoltà e ancora me ne sentivo la forza; la strada del narratore di storie. [...] C'è chi ha detto che la vita comincia a quarant'anni: bene, per me sarebbe cominciata, o ricominciata, a cinquantacinque. Del resto non è detto che l'aver trascorso più di trent'anni nel mestiere di cucire insieme lunghe molecole presumibilmente utili al prossimo, e nel mestiere parallelo di convincere il prossimo che le mie molecole gli erano effettivamente utili, non insegni nulla sul modo di cucire insieme parole e idee, o sulle proprietà generali e speciali dei tuoi colleghi uomini.

Il mio mestiere vero [...] è il mestiere del chimico [...] assomiglia un poco al suo, solo che noi montiamo e smontiamo costruzioni molto piccole [...] siamo come dei ciechi con le dita sensibili.

[...] quando le cose vanno storte, e i nostri minuscoli tralicci non vengono tutti uguali; o magari tutti uguali ma con un dettaglio non previsto dal modello, e noi non ce ne accorgiamo subito, perché siamo ciechi.

In un altro punto Levi è ammirato dalla manualità di Faussonne:

Le avevo davanti agli occhi, le mani di Faussonne: lunghe, solide e veloci, molto più espressive del suo viso. Avevano illustrato e chiarito i suoi

racconti imitando volta a volta la pala, la chiave inglese, il martello; avevano disegnato nell'aria stantia della mensa aziendale le catenarie eleganti del ponte sospeso e le guglie del derrick, venendo a soccorso della parola quando questa andava in stallo. Mi avevano richiamato alla mente lontane letture darwiniane, sulla mano artefice che, fabbricando strumenti e curvando la materia, ha tratto dal torpore il cervello umano, e che ancora lo guida stimola e tira come fa il cane col padrone cieco.

Una comunanza tra i due mestieri è ancora il problema del linguaggio sul quale Levi ritorna:

Può essere invece che non mi segua il lettore, qui ed altrove, dove è questione di mandrini, di molecole, di cuscinetti a sfera e di capicorda; bene, non so che farci, mi scuso ma sinonimi non ce n'è. Se, come è probabile, ha accettato a suo tempo i libri di mare dell'Ottocento, avrà pure digerito i bompressi e i palischermi: dunque si faccia animo, lavori di fantasia o consulti un dizionario. Gli potrà venire utile, dato che viviamo in un mondo di molecole e di cuscinetti.

6.3.2 Il sistema periodico

La tavola periodica degli elementi è stata una fonte inusurabile di ispirazione non solo per raccontare la chimica ma per andare oltre la chimica stessa, come ha saputo fare Primo Levi. Ne troviamo splendide esemplificazioni nei racconti di Aldersley-Williams, che abbiamo già citato (Aldersey-Williams, 2011) e di Sam Kean (Kean, 2012) nel suo *Il cucchiaino scomparso*. Questo titolo allude al gallio, un metallo che ha la proprietà peculiare di fondere a 29,76 °C per cui, se avessimo un cucchiaino metallico di gallio e con esso girassimo il tè, il cucchiaino fonderebbe e scomparirebbe. È un esempio delle mille curiosità inattese che possiamo incontrare nel comportamento degli elementi e dei composti chimici, curiosità che sono ampiamente descritte in questi due libri e, più tecnicamente, anche altrove (Scerri, 2007; Roesky and Mockel, 1996). Scorrendo lungo le righe e le colonne della tavola periodica ed esplorando la *geografia* e la *storia* degli elementi, cioè esplorando i luoghi dove gli elementi sono stati scoperti o dove sono più abbondanti oppure ripercorrendo le vicende, talora casuali e tal'altra avventurose e complesse,

che hanno portato alla loro scoperta equivale infine a ripercorrere in un altro modo aspetti della storia più generale dell'uomo, la storia politica, militare, sociale e culturale. Del resto, possiamo ricordare che, anche dimenticando la mitica età dell'oro, le epoche fondamentali della storia dell'uomo sono state identificate con sostanze materiali, età della pietra, età del rame (o calcolitica), età del bronzo, età del ferro, sostanze o elementi che con il loro sfruttamento hanno segnato lo sviluppo della civiltà.

Gli spunti che troviamo nei racconti di Kean (Kean, 2012) sono molteplici. Nella introduzione l'autore accenna a una sua iniziazione alla chimica, la scoperta da bambino delle straordinarie proprietà del mercurio, il metallo liquido, che apre le porte alla sua curiosità verso il mondo degli atomi e delle molecole. La storia della chimica e delle proprietà degli elementi è raccontata senza una precisa sistematicità, ma per tematiche piuttosto che secondo una successione temporale. Attraverso gli aneddoti, le curiosità, la competizione scientifica e talora anche personale tra i protagonisti, gli errori di interpretazione, il libro offre uno spaccato in cui la scienza appare umanizzata; è una storia di scoperte di laboratorio ma soprattutto una storia di uomini e di idee che spesso hanno un riflesso nello sviluppo della società. Il racconto delle scoperte e dell'uso delle armi chimiche e delle armi nucleari illustra l'impatto della scienza nelle vicende politiche e militari altrettanto quanto lo sconfinamento della chimica nella biologia, la sintesi di nuovi farmaci, e di nuovi materiali, determinano il progresso generale delle condizioni di vita sul nostro pianeta.

Attraverso le storie di tanti scienziati emerge l'importanza per il progresso della scienza da un lato della organizzazione della ricerca e dall'altro della intuizione e del colpo di genio improvviso. Si racconta che l'intuizione di Mendeleev della tavola periodica, nella realtà o nell'immaginario, debba essere attribuita a un sogno rivelatore, come descriveremo meglio in seguito. Analogamente, possiamo ricordare come si dica che August Kekulé, uno dei fondatori della chimica organica, nel 1865 sia giunto a comprendere la struttura ciclica del benzene, il prototipo delle molecole aromatiche con sei atomi di carbonio ai vertici di un esagono regolare, legati tra loro e ognuno legato a un atomo di idrogeno (vedi in Figura 6.17 la struttura reale della molecola di benzene e una rappresentazione umoristica della stessa, in cui sei scimmie sono legate tra loro a formare un esagono) attraverso un sogno in cui avrebbe visto l'uroboro, il serpente che si morde la coda.

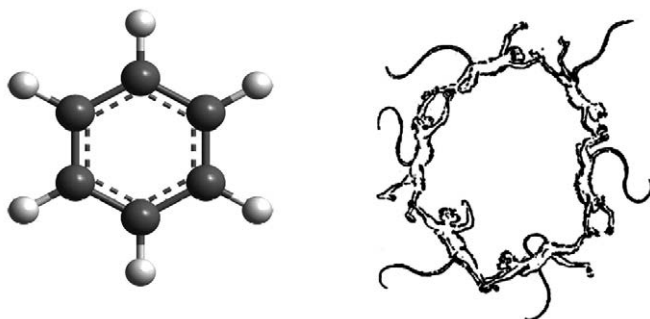


Figura 6.17: La struttura della molecola del benzene (a sinistra) e una sua rappresentazione umoristica (a destra).

Il libro di Kean racconta anche di Luis Alvarez, un fisico divenuto poi famoso per la teoria della estinzione dei dinosauri, che mentre era dal barbiere e leggeva su un giornale la notizia di agenzia su esperimenti in Germania di Otto Hahn sulla fissione dell'uranio, ebbe una improvvisa intuizione e, piantando il barbiere con le forbici a mezz'aria, corse in laboratorio per verificare sperimentalmente la sua intuizione. Il libro racconta anche che Leo Slizard avrebbe ipotizzato la teoria delle reazioni nucleari indotte da neutroni (le reazioni a catena) nel 1933 mentre era fermo a un semaforo a Londra.

Anche *Favole periodiche* (Aldersey-Williams, 2011) di Aldersley Williams prende le mosse da un'iniziazione alla chimica quando la tavola periodica acquista una vera concretezza, con l'autore che da giovane cerca di costruirsi una sua tavola personale con un campione reale di ciascuno degli elementi. Una curiosità e una ricerca che sembra continuare lungo tutto il racconto; ogni volta che parla della scoperta dei vari elementi l'autore si rimette alla ricerca di campioni in varie parti del mondo, come uno della schiera di collezionisti di elementi chimici. Il racconto è di particolare interesse perché l'autore si pone nel duplice ruolo di voce che racconta e di ascoltatore. Quando parla della scoperta dello iodio, preso dal racconto, ha egli stesso un'ispirazione e parte all'isolamento dell'elemento secondo la procedura di laboratorio tradizionale. Allo stesso modo, dopo aver raccontato dell'isolamento del fosforo dalla urina, ci descrive la sua personale ripetizione dell'esperimento. Analogamente, dopo aver ricordato la scoperta degli elementi

delle terre rare nelle miniere svedesi, decide di andare in Svezia per visitare le miniere di Itterby, dove raccoglie minerali che, spera, contengano quei favolosi elementi, anche se poi le analisi non confermeranno che si tratti di minerali di un qualche valore.

Ancora in questo libro l'ispirazione non è didattica e manca completamente l'ordine classificatorio che è proprio della tavola periodica. Al contrario, la storia degli elementi viene rivissuta svelando la loro importanza come strumenti di potere, economico, politico o simbolico, ripercorrendo la loro strana distribuzione geografica, descrivendo il loro ruolo come strumenti per l'esercizio di mestieri o arti e professioni e, infine, per la loro associazione con la luce, i colori, la bellezza, il fuoco, l'azione corrosiva. L'approccio e l'intento del racconto sono dichiarati alla fine quando viene posto l'accento sul significato culturale della conoscenza del mondo naturale:

[Gli elementi] sono tutt'intorno a noi, sia in senso materiale (sono negli oggetti che teniamo cari e sotto i lavelli delle nostre cucine) sia, e soprattutto, in senso simbolico (sono nelle nostre arti e nella nostra letteratura, nella nostra lingua, nella storia e nella geografia). [...] È attraverso questa vita culturale, più che non attraverso gli esperimenti di laboratorio, che noi giungiamo a conoscere individualmente gli elementi, e rattrista vedere come l'insegnamento della chimica, nella maggior parte dei casi, faccia ben poco per riconoscere questa ricca esistenza.

L'autore termina citando da Flaubert e dalle avventure di Bauvard e Pécuchet (Flaubert, 2004) che, nella loro esplorazione della chimica, restano meravigliati dal fatto di essere loro stessi costituiti da quegli elementi universali che formano tutta la materia:

Si sentivano un pò umiliati al pensiero che le loro persone contenessero fosforo come i fiammiferi, albumina come i bianchi d'uovo e idrogeno come i fanali a gas delle strade.

Ma Aldersey-Williams commenta che c'è un'altra prospettiva più corretta di guardare a questa storia e cioè che sono i fiammiferi che contengono il nostro fosforo e i fanali a gas che contengono il nostro idrogeno, e non viceversa.

In questo libro, come in molte altre occasioni e come successivamente avremo modo di ricordare ancora, gli elementi chimici assurgono a simboli

o metafore di sensazioni e concetti: nella Tabella 6.1 riassumiamo alcune di queste ricorrenze. I sette metalli principali sono anche associati al Sole, alla Luna e ai pianeti come mostrato nella Figura 6.18.

| <i>Elemento</i> | <i>Simbolo</i> | <i>Simbologia</i> |
|------------------|----------------|---|
| <i>Oro</i> | <i>Au</i> | <i>Ricchezza, Regalità, Immortalità</i> |
| <i>Ferro</i> | <i>Fe</i> | <i>Forza, Virilità, Guerra</i> |
| <i>Argento</i> | <i>Ag</i> | <i>Purezza, Femminilità, Verginità</i> |
| <i>Piombo</i> | <i>Pb</i> | <i>Pesantezza, Speranza</i> |
| <i>Stagno</i> | <i>Sn</i> | <i>Onestà</i> |
| <i>Rame</i> | <i>Cu</i> | <i>Bellezza, Amore, Creatività</i> |
| <i>Zinco</i> | <i>Zn</i> | <i>Coraggio</i> |
| <i>Alluminio</i> | <i>Al</i> | <i>Leggerezza</i> |
| <i>Titanio</i> | <i>Ti</i> | <i>Resistenza, Forza, Leggerezza</i> |
| <i>Arsenico</i> | <i>As</i> | <i>Veleno</i> |
| <i>Fosforo</i> | <i>P</i> | <i>Luce, Intelligenza</i> |
| <i>Calcio</i> | <i>Ca</i> | <i>Forza</i> |
| <i>Iodio</i> | <i>I</i> | <i>Intelligenza</i> |
| <i>Zolfo</i> | <i>S</i> | <i>Fuoco, Fumo, Inferno</i> |

Tabella 6.1: Simbologia associata ad alcuni elementi chimici.

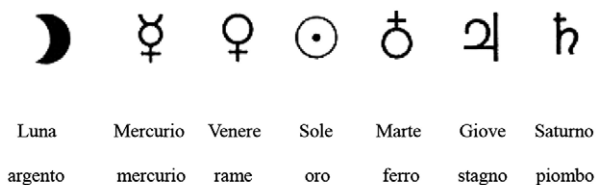


Figura 6.18: Associazione dei sette metalli degli alchimisti con il Sole, la Luna e i pianeti.

I racconti di Aldersey-Williams sono appassionati e non sorprende che gli elementi e la chimica ci appaiano umanizzati e si parli di vita e tramonto degli elementi o di carriera degli elementi. Trattando del cromo, nel capito-

lo intitolato *Malinconica America cromata*, il libro racconta della ascesa di questo metallo come elemento decorativo nelle cromature e come simbolo di ascesa sociale in una stagione della vita americana, per poi trasformarsi piuttosto in simbolo di pacchianeria e decadenza.

Un'autentica iniziazione alla chimica è il motivo conduttore di *Zio Tungsteno* (Sacks, 2002). L'autore, Oliver Sacks, professore di neurologia, racconta della sua passione per la chimica, maturata fin da bambino, prima di dedicarsi a un'altra professione. Dopo molti anni Sacks ritorna a questa sua originaria esperienza non senza sentimenti di nostalgia. L'attrazione per la scienza e la chimica, e particolarmente per il mondo dei metalli, nasce fin dalla prima infanzia:

Mia madre mi mostrò che quando lo stagno o lo zinco venivano piegati emettevano un grido particolare. [...] avevo solo cinque anni e non potevo capire le sue parole. Ciò nondimeno esse mi affascinavano e suscitavano in me il desiderio di saperne di più.

Quando la madre gli fa toccare il diamante dell'anello per sentire come sembra freddo per via della sua conducibilità, scrive:

Aggiunse che il diamante era una forma speciale del carbonio, proprio come il carbone che usavamo per riscaldare le stanze in inverno. Questa rivelazione mi sconcertò: come era possibile che il carbone – nero, friabile, opaco – e la pietra preziosa dura e trasparente incastonata nel suo anello fossero la stessa sostanza?

Nonostante la tenera età, Oliver si pone continue domande sul mondo naturale: «Continuavo a tormentare i miei genitori tempestandoli di domande. [...] Le mie domande erano infinite e spaziavano su tutto.» Il bambino è continuamente sorpreso dalle osservazioni del mondo della materia che scopre nel laboratorio dello zio Tungsteno o che fa per conto proprio con semplici esperimenti:

[...] non mi stancavo di ammirare gli straordinari desideri che si irradiavano dai poli della calamita. Queste sono le linee di forza, mi spiegava Marcus - ma io ne sapevo quanto prima.

Chimica e letteratura

Mi fece guardare i cristalli di neve con una lente di ingrandimento. Non ce ne sono due uguali, disse. Percepire quante variazioni fossero possibili sul tema della forma esagonale fu per me una rivelazione.

Mosso da questa curiosità, Oliver si dedica alla scoperta dei segreti e dei misteri della chimica guidato dallo zio Dave, lo Zio Tungsteno del titolo, e dall'incoraggiamento di tutto l'ambiente familiare e in particolare dei genitori, entrambi medici, e dello zio Abe, fisico. Mistero e curiosità sono le sue muse ispiratrici:

[...] vedere un metallo lucente e scintillante ridursi così velocemente a una massa di ossido che si sgretolava - mi sembrava magico e sorprendente, e anche un pò spaventoso. Mi faceva pensare a una maledizione o a un incantesimo, a quel genere di disintegrazione a cui a volte assistevo nei miei sogni.

Con la condiscendenza dei genitori Oliver costruisce in casa un suo laboratorio chimico in cui cerca di ripercorrere la storia della chimica e degli elementi:

[...] sarei entrato nella chimica - avrei cominciato a scoprirla da me proprio come avevano fatto i suoi pionieri, avrei rivissuto in prima persona la sua storia. [...] Mi feci un'idea assai reale della vita di molti chimici, della grande varietà di carattere che essi mostravano, e delle loro frequenti stravaganze. [...] in un certo senso, stavo vivendo e ricapitolando dentro di me tutta la storia della chimica, riscoprendo le fasi attraverso cui era passata

Attraverso continui esperimenti condotti nel suo laboratorio privato e tante letture Oliver esplora una chimica romantica, la chimica della tradizione tesa alla riscoperta delle proprietà fondamentali degli elementi e della materia, una chimica costituita, come nella filosofia dello Zio Tungsteno, da scienza pura, scienza applicata, artigianato, industria:

Significava forse che i chimici del futuro non avrebbero più dovuto maneggiare un reagente? [...] Io avevo bisogno di odorare, toccare e sentire, avevo bisogno di collocare me stesso, i miei sensi, al centro del mondo percettivo.

È una visione che evoca, come abbiamo già visto in Primo Levi, una chimica come arte del saper fare praticamente, con le mani.

Da un punto di vista della psicologia del protagonista, la solidità dei metalli, i suoi elementi preferiti, e l'indistruttibilità degli elementi costituiscono un rifugio dalle difficoltà della infanzia e della adolescenza e dalle oscurità del periodo bellico: «Trovammo rifugio nella scienza. Imparammo che la scienza è un territorio di libertà e di amicizia in mezzo alla tirannia e all'odio».

Alla età di quattordici anni l'amore per la chimica si esaurisce e altri interessi occupano la mente di Oliver, ma quando dopo molti anni i ricordi riaffiorano, emergono sentimenti di nostalgia:

Spesso, la notte, sogno la chimica – sogni che fondono, combinandoli, passato e presente, trasformando righe e colonne della tavola periodica nel reticolo delle strade di New York.

6.4 Chimica: metafora delle vicende umane

6.4.1 Le affinità elettive

Allo stesso modo in cui abbiamo identificato Primo Levi come l'esempio per eccellenza dello scienziato che scrive di scienza (e di altro) per rivolgersi a un pubblico più ampio, allo stesso modo possiamo considerare Wolfgang Goethe come il prototipo dello scrittore, dell'artista che trova nella scienza dei modelli, dei paradigmi per esaminare realtà sociali e umane complesse. In ogni modo, Goethe aveva una conoscenza diretta e approfondita di vari campi scientifici (Giorello and Grieco, 1998; Steiner, 1944), sia in relazione all'attività di tipo politico e amministrativo che esercitò al servizio del duca di Weimar e alla direzione dell'Istituto di Scienze Naturali dell'Università di Jena, sia per il suo profondo interesse per la conoscenza del mondo naturale. In effetti, come direttamente interessato in disparati settori scientifici, Goethe è autore di vari scritti scientifici tra cui *La metamorfosi delle piante* (1790), *Studi scientifici sulle origini, affinità e trasformazioni degli esseri* (1817-1824) e *La teoria dei colori* (1810), opera, quest'ultima, nella quale erroneamente cercò di confutare la teoria dei colori di Newton. Notevole fu anche l'interesse di Goethe per la chimica, l'alchimia e la cabala.

Nella seconda metà del Settecento un concetto di fondamentale interesse per i chimici fu quello dell'affinità tra le sostanze, cioè la capacità di atomi, gruppi di atomi e molecole di legarsi selettivamente con alcune sostanze e non con altre. Sperimentalmente si cercava di definire scale di affinità tra le varie sostanze che potessero servire da strumento classificatorio nella pratica di laboratorio. Ad esempio, una scala delle affinità chimiche era stata elaborata da Etienne-Francois Geoffroy, un chimico francese, e da questa era possibile ricavare le tendenze preferenziali delle sostanze a unirsi tra loro. Nel 1775 il chimico svedese Torbern Olof Bergmann (1735-1784) aveva pubblicato un testo sull'argomento, intitolato *Dissertazione sulle affinità elettive*. Il libro era stato tradotto in tedesco e fu sicuramente conosciuto da Goethe.

Le forze responsabili dell'affinità chimica non erano note a quel tempo ma, sottintesa al concetto di affinità selettiva era sicuramente una concezione in qualche modo spiritualistica e organicistica delle interazioni tra le sostanze, concezione che certo non doveva dispiacere a Goethe. Infatti così egli illustra il concetto di affinità (Goethe, 2010):

Bisogna vedere in azione davanti ai propri occhi queste sostanze all'apparenza inerti, e tuttavia intimamente sempre disposte, e osservare con partecipazione il loro cercarsi, attirarsi, assorbirsi, distruggersi, divorarsi, consumarsi, e poi il loro riemergere dalla più intima congiunzione in forma mutata, nuova, inattesa: allora sì che si deve attribuire loro un vivere eterno, anzi, addirittura intelletto e ragione, dal momento che i nostri sensi appaiono appena sufficienti a osservarli e la nostra ragione a stento capace di intenderli.

Il libro di Bergman fornì a Goethe l'ispirazione per il titolo del suo romanzo *Le affinità elettive* (Goethe, 2010). L'ispirazione non si limitò al titolo del romanzo ma l'affinità chimica costituisce una quasi perfetta metafora della storia raccontata:

I casi più interessanti e singolari sono certo questi, in cui l'attrazione, l'affinità, l'abbandono e il ricongiungimento, si possono effettivamente rappresentare con uno schema a croce, quando quattro esseri appaiati a due a due, indotti al movimento, lasciano la primitiva unione e si riaccoppiano in modo diverso. In questo lasciare e prendere, fuggire e ricercarsi, sembra davvero vedere una determinazione superiore: si

dà atto a tali esseri di una sorta di volontà e capacità di scelta, e si trova del tutto legittimo un termine tecnico come *le affinità elettive*.

Edward e Charlotte si ritrovano in età matura, dopo una fugace esperienza amorosa in età giovanile, e decidono di sposarsi. Trascorrono una vita felice e serena nel loro castello dedicandosi alla cura del parco e ad attività culturali di lettura e musica. La loro tranquilla esistenza viene turbata quando decidono di accogliere a vivere con loro un vecchio amico di Edward, il capitano, e la giovane Ottilie, orfana di un'amica di Charlotte che questa protegge come una figlia. Una sera, quando il primo ospite, il capitano, è già arrivato, durante una lettura comune Charlotte chiede che le venga spiegato il significato di affinità. L'intero capitolo IV della I parte del romanzo è quasi completamente dedicato a illustrare il concetto di affinità elettiva. La spiegazione avviene con riferimento a una nota tipologia di reazione chimica detta oggi reazione di metatesi o, tradizionalmente, di doppia sostituzione, illustrata graficamente nella Figura 6.19 dove il gruppo bianco è legato chimicamente al gruppo grigio, col quale ha affinità.

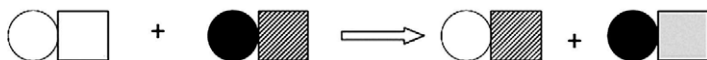
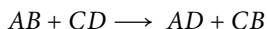
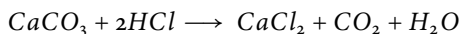


Figura 6.19: Illustrazione grafica di una reazione di doppia sostituzione.

In presenza di un altro sistema chimico, zigrinato-nero, il gruppo bianco preferisce legarsi al gruppo zigrinato, con il quale ha una affinità molto maggiore, e si ha quindi uno scambio doppio, il bianco prende il posto del nero e viceversa. Con un linguaggio leggermente più chimico e la stessa simbologia usata da Goethe la reazione si può scrivere:



Le reazioni di doppia sostituzione sono piuttosto comuni; ad esempio, questa è la reazione che avviene, come mostrato di seguito, quando decomponiamo piccole incrostazioni di calcare, carbonato di calcio $CaCO_3$, con acido cloridrico HCl



In questa reazione il calcio, Ca, prende il posto dell'idrogeno, H, per formare il cloruro di calcio, $CaCl_2$, e l'idrogeno prende il posto del calcio per formare l'acido carbonico che a sua volta si decompone in anidride carbonica, CO_2 , gassosa e acqua, H_2O . Nella sua esemplificazione Goethe usa proprio una reazione di questo genere in cui il carbonato reagisce con acido solforico trasformandosi in solfato di calcio (gesso): quest'ultima è proprio una reazione descritta specificamente da Bergmann nel suo libro già citato sull'affinità, a dimostrazione che Goethe conosceva il libro nella sua traduzione tedesca. La descrizione di questa reazione ne *Le affinità elettive* diventa un presagio del destino dei protagonisti del romanzo. L'affinità elettiva di Edward (A) con Ottilie (D) risulterà molto maggiore di quella di Edward con Charlotte (B) e tra Edward e Ottilie sorgerà un amore incontenibile mentre, d'altra parte, si rivelerà anche una affinità amorosa tra Charlotte e il capitano (C). Il realtà il quartetto dei personaggi è in partenza meno simmetrico di quanto mostrato nelle reazioni e negli schemi riportati sopra in quanto inizialmente non c'è nessun legame tra il capitano e Ottilie (i C e D della reazione): nel linguaggio della chimica il capitano e Ottilie sono due valenze libere. La vicenda narrata da Goethe ha un finale tragico e le implicazioni sociali e umane del racconto sono varie. Da un lato c'è una considerazione dell'istituto del matrimonio, che cominciava a mostrare segni di cedimento, dall'altro c'è un fondo di amarezza nella constatazione dell'ineluttabilità del destino: i personaggi, confinati dalla costrizione delle consuetudini sociali, non possono resistere alla forza dell'eros e vanno incontro a un destino ineluttabile, come le sostanze materiali che non possono sfuggire alle leggi di natura, esemplificate dalla affinità chimica.

A parte tutte le possibili implicazioni di carattere sociale e umano della storia raccontata nel romanzo, ne *Le affinità elettive* l'atteggiamento dell'autore e dei personaggi verso la scienza appare positivo, almeno nel senso che intendiamo in questo volume. Viene messo in evidenza uno stretto parallelismo tra le dinamiche delle vicende umane o sociali e il divenire nel mondo dei fenomeni naturali in generale e le trasformazioni chimiche determinate dalle affinità tra le sostanze:

Non è tanto difficile ravvisare in queste forme semplici, le persone che abbiamo conosciuto. Ma soprattutto, pensando a tali fenomeni, vengono in mente diversi ambienti in cui si è vissuto. La somiglianza più vistosa con le materie inanimate ce l'hanno però le masse che si con-

trappengono in seno alla società, le classi, le professioni, la nobiltà e il terzo stato, i militari e i civili.

Goethe, quindi, ci presenta una visione globale, unitaria della realtà. Questa corrispondenza tra leggi della natura e leggi dello spirito proietta la scienza in un livello emozionale:

Tutto il resto, cioè la relativa dottrina scientifica, possiamo lasciarla agli studiosi, i quali, d'altronde, per quanto ho potuto notare, di rado si mettono d'accordo.

e, dall'altro lato, esalta l'importanza della conoscenza scientifica.

In questo scenario sembrano però affiorare anche altre istanze. All'inizio della scena in cui viene illustrato il concetto di affinità, il capitano dice di poter parlare di:

ciò che ho appreso una decina di anni fa, secondo le mie letture. Se gli scienziati la pensino ancora così, se questo corrisponda alle dottrine più recenti non saprei dirlo.

e, di rimando, Edward osserva:

È ben dura, che ormai non si possa più apprendere qualcosa che basti la vita intera. I nostri vecchi potevano attenersi a ciò che avevano imparato da giovani; adesso, ogni cinque anni dobbiamo rinnovare tutto il nostro corredo scientifico, se non vogliamo restare completamente fuori moda.

Sono frasi che per un verso alludono al rapido sviluppo delle scienze e dall'altro lato pongono implicitamente il problema dei limiti della conoscenza della natura e dell'etica della scienza. Goethe affronta, da un punto di vista generale, questo problema nel *Faust* (Goethe, 2003) in cui il protagonista, insoddisfatto dei limiti della conoscenza scientifica, si rivolge alla magia per una conoscenza oltre il mondo naturale.

6.4.2 Frankenstein

Il tema dei limiti della conoscenza scientifica e dell'etica della scienza compare in molte opere di narrativa, legato alla paura che un avanzamento in-

controllato della tecnologia possa condurci oltre i valori acquisiti della convivenza civile e della tradizione culturale, una prospettiva che abbiamo già considerato in precedenza. Un romanzo in cui questo tema viene posto in maniera prepotente è *Frankenstein* di Mary Shelley (titolo originale *Frankenstein or The modern Prometheus*) (Shelley, 2013). Viktor Frankenstein è travolto dalla sete di conoscenza:

[...] ero grandemente travolto dalla sete di conoscenza. [...] Il mondo rappresentava per me un segreto da divinare. La curiosità, la bruciante smania di carpire le segrete leggi della natura, la felicità simile all'estasi, quando queste mi si rivelano dinanzi, sono tra le prime sensazioni che posso ricordare.

Con questo desiderio di conoscenza Viktor si avvia agli studi universitari con un'iniziale infatuazione per le pratiche alchemiche:

[...] mi immischiai con grandissima diligenza nella ricerca della pietra filosofale e dell'elisir di lunga vita: quest'ultimo in particolare ottenne la mia completa attenzione. La ricchezza non era che un basso scopo, ma che gloria avrei conseguito se avessi scoperto il modo di bandire le malattie dal corpo umano, rendendo l'uomo immune da ogni tipo di morte che non fosse quella violenta!

Ma ben presto scopre la nuova scienza chimica che si stava rapidamente sviluppando a opera di scienziati le cui scoperte andavano oltre le false promesse degli alchimisti:

Essi penetrano nei recessi della natura mostrando come essa lavora nei suoi nascondigli. Riescono ad ascendere al cielo, scoprendo la circolazione del sangue e la composizione dell'aria che respiriamo. Essi hanno acquisito poteri nuovi e quasi illimitati: possono comandare i fulmini del cielo, riprodurre i terremoti e perfino beffare il mondo invisibile con le sue ombre.

Viktor si applica con grande entusiasmo e successo allo studio della chimica:

[...] mi impegnai, anima e corpo, nell'inseguimento di alcune scoperte alle quali speravo di giungere. Solo chi le ha vissute personalmente può capire le seduzioni della scienza. [...] nella ricerca scientifica c'è sempre cibo per la fame di scoperta e di meraviglia.

Viktor si perfeziona rapidamente nella disciplina. Giunto al punto di sapere tutto della chimica, Viktor si pone il problema del principio della vita dedicandosi a questo interamente:

Al fine di studiare le cause della vita, prima è necessario far ricorso alla morte. Mi impratichii con la scienza dell'anatomia, [...] mi era necessario osservare anche il naturale decadimento e la corruzione del corpo umano.

giungendo infine:

Dopo giorni e notti di lavoro e fatica incredibili, ero riuscito a scoprire la causa della generazione della vita, non solo: ero divenuto capace di animare la materia inerte.

Viktor prende infine la fatale decisione:

Era con questi sentimenti che intrapresi la creazione di un essere umano. [...] Una nuova specie mi avrebbe benedetto come suo creatore e sua origine, mentre molti esseri felici e perfetti avrebbero dovuto a me la loro esistenza.

Quando infine Viktor riesce a dar vita alla sua creatura, costituita da parti di cadaveri messe insieme, inizia una duplice tragedia. Il creatore Frankenstein si pente del suo ardire e sente la responsabilità di avere creato un essere innaturale e dell'eventualità che la sua creatura sia progenitore di una stirpe mostruosa. D'altra parte, la nuova creatura, priva di una identità¹¹, visto vanificato il suo anelito ad acquisire una vera dimensione umana, muta il suo atteggiamento potenzialmente socievole e amichevole in odio verso il suo creatore, distruggendo in successione tutta la cerchia familiare e di amicizie di Frankenstein.

Dal nostro punto di vista, Frankenstein non è un mago, o un alchimista esoterico. Nel racconto egli è presentato come uno scienziato esperto che usa gli strumenti della scienza per realizzare la sua creatura. Il romanzo di

¹¹Nel romanzo di Mary Shelley la creatura di Viktor Frankenstein non ha mai un nome, a significare che si tratta di un essere artificiale ed estraneo al mondo naturale. Solo erroneamente il mostro creato da Viktor viene identificato nell'immaginazione popolare con il nome del suo creatore Frankenstein.

Mary Shelley è quindi il prototipo del racconto fantascientifico che ha avuto e ha tuttora uno straordinario fascino. Per il resto Frankenstein è divenuto la rappresentazione per antonomasia, la metafora, dell'innaturale, del contro natura. Ma Frankenstein ha anche introdotto nella narrativa e nell'immaginario popolare il carattere dello scienziato pazzo, che usando la scienza e la tecnologia contravviene all'ordine naturale per ambizione, per interesse o per malvagità.

Il topos di un essere inanimato o meccanico che acquista la vita o svolge attività umane ha illustri antecedenti. Tralasciando le idee di esseri meccanici, antecedenti dei robot o degli automi, Ovidio nelle *Metamorfosi* (Ovidio, 2005) racconta il mito di Pigmalione, re di Cipro e abilissimo scultore, che realizza una statua perfetta in avorio di una donna. È tale la bellezza della statua che Pigmalione se ne innamora come perfetto ideale femminile. Pigmalione ottiene da Afrodite di dare vita alla statua. Dal matrimonio di Pigmalione e Galatea nasce un figlio, Pafos, che darà il nome all'omonima città di Cipro. Nell'antico mito greco la statua viene animata per intervento divino o per magia, e non con presunti metodi scientifici, come nella storia di Frankenstein.

6.4.3 Dottor Jekyll e Mister Hyde

La preoccupazione che per la ricerca scientifica e le sue applicazioni debba esistere un limite invalicabile fa da sfondo alla vicenda del dottor Jekyll e di mister Hyde (Stevenson, 2013). Il contesto in cui la storia è ambientata è quello di un'emergente chimica delle sostanze organiche capaci di avere effetti benefici sulla salute dell'uomo o, al contrario, effetti negativi o devastanti. Abbiamo già parlato dei tentativi di Humphrey Davy di sperimentare su se stesso gli effetti del gas esilarante o di altri composti, non senza il rischio di avvelenarsi in varie occasioni.

Henry Jekyll è un rispettato chimico che, simbolicamente, ha stabilito il suo laboratorio in quello che era una volta il teatro di anatomia di un eminente chirurgo, in un'epoca in cui la professione di chimico e quella di medico (o meglio di farmacologo) non erano ancora del tutto separate. Il laboratorio viene descritto come: «ridotto a tempio della desolazione e del silenzio, con i tavolini stracolmi di alambicchi e di strumenti chimici». Questa connotazione negativa del laboratorio ritorna in seguito come preludio

alla tragedia che si avvicina:

Su un tavolino c'erano segni evidenti di una qualche operazione chimica: diversi mucchietti di un sale biancastro coltavano altrettanti scodellini di vetro, come per un esperimento che l'infelice avesse dovuto interrompere.

Henry Jekyll avverte in se stesso: «una diuturna conflittualità tra le mie due dimensioni» cioè tra i domini del bene e del male. Queste sensazioni si sovrappongono alle sue ricerche finché:

[...] un esperimento di laboratorio cominciò a gettare una luce indiretta sulla questione. [...] Scoprii che certi agenti avevano il potere di squassare e di svellere questo vestimento di carne, al modo stesso in cui il vento spazza via le tende di un padiglione.

e giunge alla scoperta di una sostanza capace di indurre una commutazione tra le due diverse inclinazioni al bene e al male:

[...] arrivai a elaborare una sostanza capace di spiccare di seggio tali poteri, finché venivano sostituiti da forme diverse e da un nuovo sembiante per me altrettanto naturali.

Jekyll è tentato dalla sperimentazione della sua scoperta capace di: «scuotere il nucleo della identità personale» nonostante si renda conto delle pericolosità della prova. Ma esaltato dalla sua scoperta (come era accaduto a Viktor Frankenstein): «alla fine le tentazioni di una scoperta straordinaria e basilare ebbero il sopravvento sulle remore della prudenza».

L'effetto della droga è inaspettato e devastante perché cambia non solo la personalità ma anche l'aspetto fisico trasformando lo scienziato in un nuovo individuo, Edward Hyde: «solo Hyde, nel novero degli umani, era il male allo stato puro».

Il protagonista della storia si alterna nella doppia esistenza del dottor Jekyll e del signor Hyde ma quando si rende conto che: «l'intrinseco dualismo delle mie intenzioni gravava su di me come una maledizione», non potrà più trovare una via d'uscita. L'efficacia della droga sembra diminuire nel tempo ed è costretto a raddoppiare e triplicare le dosi e, infine, la trasformazione

da Jekyll a Hyde avviene spontaneamente in modo incontrollato. La tragedia precipita quando le sostanze che compongono la pozione si esauriscono e non risulta più possibile ricostituirle per la triste constatazione: «Ora sono convinto che nella mia prima provvista c'era una qualche impurità e che l'efficacia della pozione era dovuta a quell'evento fortuito».

È una interessante osservazione chimica sia per l'importanza data alle eventuali impurezze nel decorso di una reazione chimica sia per il riferimento all'inadeguatezza dei metodi di analisi e caratterizzazione al tempo in cui il romanzo è stato scritto. Alla fine il protagonista, nei panni del signor Hyde, pone fine alla vicenda avvelenandosi (naturalmente ingerendo del cianuro).

Nel dualismo dei caratteri, le coppie Frankenstein/mostro e Jekyll/Hyde che simboleggiano il bene e il male, è evidente una analogia delle due storie nelle quali la duplicazione o l'alternanza sono realizzate per l'improvvido uso della scienza.

6.4.4 Balzac e l'Assoluto

L'immagine dell'uomo interamente ed esclusivamente dedicato a una professione, a un mestiere, all'arte o alla scienza, fino a estraniarsi completamente da ogni realtà oggettiva anche elementare, è una ricorrenza comune nell'immaginario popolare e nella narrativa. Abbiamo già incontrato alcuni aspetti di questa tipologia nei personaggi di Frankenstein e del Dottor Jekyll. È l'immagine dello scienziato pazzo da un lato e dello scienziato fuori dal mondo reale dall'altro. Questa icona di scienziato, di chimico in specie, è centrale nel romanzo *La ricerca dell'Assoluto* di Honoré de Balzac, scritto nel 1834 (Balzac, 1995).

Il romanzo racconta la vicenda, personale e familiare, di un personaggio ossessionato dalla chimica e dalla ricerca dell'impossibile (l'Assoluto, il principio primo di tutte le cose) in un contesto che, in realtà, assomiglia più al mondo dell'alchimia che a quello della chimica come scienza moderna che si andava affermando all'inizio del XIX secolo. La connotazione negativa del personaggio emerge già dalla descrizione iniziale del suo aspetto fisico (che comunque non si riferisce solo allo scienziato):

Il geloso fanatismo che nasce dall'arte o dalla scienza si rivelava in quell'uomo anche per la strana e costante trascuratezza che dimostravano

l'abbigliamento e il contegno. [...] Pare che i benefici dei lavori segreti dello scienziato siano talmente aborriti, che la società teme di avere a che fare con lui da vivo.

Vediamo quindi che la metafora dell'aspetto esterno come specchio di una deformazione intellettuale, che abbiamo trovato in Chaucer, si estende nel tempo.

Balthazar Claes è un ricco signore delle Fiandre. Da giovane trascorre un periodo di formazione a Parigi entrando in contatto con gli ambienti culturali della capitale e in particolare con il grande chimico Lavoisier: «Si appassionò alla scienza coltivata da Lavoisier e divenne il suo più ardente discepolo». Ritornato nella natia Fiandra, Balthazar dimentica la sua passione per la scienza e conduce una vita felice e brillante con la moglie e i figli. Ma la passione sopita per la chimica si ridesta quando un ospite occasionale, un gentiluomo polacco, scopre casualmente che è stato allievo di Lavoisier e lo mette a parte di un fantomatico esperimento, che non ha potuto condurre a termine a causa della guerra, da cui avrebbe dedotto l'esistenza dell'Assoluto:

[...] una sostanza comune a tutte le creazioni, modificata da una forza unica. [...] Troverete in esso la misteriosa Triade [...]: la materia prima, l'agente, il risultato. [...] La MATERIA unica deve essere un principio comune ai tre gas e al carbonio. L'AGENTE deve essere un principio comune all'elettricità positiva e all'elettricità negativa. Cercate di trovare prove che dimostrino queste due verità e avrete la ragione suprema di tutto ciò che la natura crea.

Attratto da questa utopistica prospettiva, Balthazar mette su un laboratorio chimico: «[Comperava da Parigi] strumenti di fisica, materiali preziosi, libri, macchinari [...] per cercare la pietra filosofale», e si ritira nel laboratorio con il suo domestico e assistente Lemulquinier: «Balthazar non andava in nessun luogo, si chiudeva nel suo laboratorio per l'intera giornata, vi restava talvolta anche la notte» trascurando completamente la famiglia, gli amici e la vita sociale brillante di una volta, convinto di «lavorare per la gloria e la fortuna della sua famiglia». La moglie Josephine si sente trascurata e, preoccupata per il cambiamento così profondo del marito, una sera fa irruzione nel laboratorio suscitando una insospettata reazione di Balthazar: «Stavo forse per scomporre l'azoto».

Per le continue spese per il laboratorio ed i reattivi: « [...] continua a richiedere reattivi, alambicchi, pile di Volta e altre diavolerie» riesce infine a consumare tutto il ricco patrimonio della famiglia e a indebitarsi pesantemente. Quando Josephine riesce a convincerlo a cessare, temporaneamente, dalla sua folle attività: «soffriva come Sansone incatenato alle colonne del tempio della scienza» e non può a lungo resistere alla ossessione della chimica. Josephine, trascurata completamente, si ammala e Balthazar, quando viene chiamato al capezzale della moglie morente, sa solo esclamare:

È fatto, l'azoto contiene ossigeno e una sostanza della natura degli imponderabili che probabilmente è il principio della ...

prima di rendersi conto della gravità della situazione. La triste conclusione della vicenda è che Balthazar: «non era né marito, né padre, né cittadino, ma chimico».

Morta Josephine, la figlia maggiore Marguerite prende in mano le redini della situazione e costringe il padre ad abbandonare la chimica e ad accettare un modesto incarico di lavoro, riuscendo infine a ricostituire il patrimonio familiare. Ma Balthazar non può rinunciare alla sua infatuazione per la scienza e, ripresi i suoi folli esperimenti, riuscirà nuovamente a dissipare tutto il patrimonio familiare e, infine, «l'uomo inebriato dal carbonio» muore miseramente.

Tralasciando le molte chiavi di lettura del romanzo (tra cui la descrizione della vita sociale della provincia francese del tempo, la predominanza nell'economia della storia delle figure femminili, in una epoca di sostanziale patriarcato) e limitandosi all'immagine della chimica, la vicenda di Balthazar appare paradossale essendo fondata su un'inconciliabilità tra l'anelito alla conoscenza (simboleggiato dal lavoro dello scienziato) e la quotidianità delle cose, una visione estrema e paradigmatica lontana dalla vita reale. Del resto, la descrizione di Balzac si richiama ancora a una visione romantica dello scienziato come un dilettante, che svolge il suo lavoro in completo isolamento senza il confronto e l'apertura che la scienza moderna ha assunto come suo carattere fondativo. Lo scienziato di Balzac è sostanzialmente ancora un alchimista che, anche se dichiarato discepolo prediletto di Lavoisier, non ha compiuto il passaggio alla chimica moderna.

6.4.5 Chimica e narrativa americana

Come si è accennato nell'introduzione, la diffusione della scienza e della tecnologia ha avuto un impatto enorme nella vita di tutti i giorni, con una formidabile accelerazione dopo la Seconda guerra mondiale. Ci confrontiamo quindi con una diffusione pervasiva di tutti gli oggetti della tecnologia, la cui presenza è divenuta talmente familiare da costituire un sottofondo del nostro modo di essere non privo di una preoccupante oscurità laddove la conoscenza dei *segreti* della scienza e della tecnologia è scarsa o manca completamente. Se questo è vero per la scienza in generale, lo è particolarmente per la chimica che molti continuano a considerare una scienza *sintetica*, cioè come una disciplina con il fine di dominare la natura, inventare, fare delle cose nuove piuttosto che quello di comprendere gli aspetti fondamentali della struttura e del comportamento della natura. Considerando la diffusività della scienza e della tecnologia nel mondo moderno non è inatteso, anzi è forse naturale, che la tematica della convivenza con la scienza e le sue applicazioni sia entrata nella narrativa in modo sottile o in forme più esplicite. Questo tema è stato preso in considerazione da Philip Ball (Ball, 2006), un divulgatore scientifico con una formazione di base in chimica e fisica, con riferimento particolare alla società americana, ma gli aspetti discussi sono ugualmente applicabili ad altre realtà. Ball esamina tre opere di narrativa americana recente che costituiscono una buona esemplificazione.

Il romanzo di Don De Lillo, scrittore, drammaturgo e saggista, *Rumore bianco*, (titolo originario *White noise*) (DeLillo, 2005), narra la storia di Jack Gladney e della sua famiglia in Blacksmith, una improbabile cittadina americana. L'improbabilità del contesto è scandita dalla professione di Jack, professore al College-on-the-Hill di studi su Hitler, una disciplina che lui stesso ha inventato. Altrettanto improbabile appare la disciplina del suo collega Jay Siskind che esplora la mitologia e la mistica di Elvis. Il romanzo inizialmente descrive la tranquilla esistenza di Blacksmith che scorre circondata e assistita da una miriade di sostanze e prodotti che entrano in tutte le attività, l'alimentazione, il vestire, la comunicazione, la cura della salute. Luogo principe della rappresentazione è il grande supermercato di Blacksmith pieno di cose che acquistano un loro quasi magico significato non per la funzione ma per la denominazione con termini tecnici o pseudo-tecnici che appaiono evocativi di per sé. Babette, la moglie di Jack, assume, ad esempio, un farmaco, forse un anti depressivo, che sembra esaurire il proprio significato nel

nome Dylar che suona bene, è familiare ed è alla fine rassicurante indipendentemente dalla funzione o dalla sua efficacia. La vita in Blacksmith scorre quindi ovattata in un ambiente pieno di oggetti di uso comune quotidiano, di prodotti chimici sintetici e di materiali che, pur sconosciuti nella loro vera sostanza, hanno una funzione tranquillizzante e alienante. La descrizione di De Lillo pone allo scoperto una realtà governata da una tecnologia avanzata a cui siamo capaci di assuefarci senza saperne molto in realtà. Più che una critica della tecnologia avanzata questa descrizione pone in evidenza la necessità di una conoscenza più approfondita del mondo naturale e artificiale in cui ci muoviamo, una conoscenza senza la quale avviene una regressione verso un mondo magico perché sconosciuto.

La storia si conclude con una tragedia ecologica quando un treno che trasporta composti chimici deraglia ed esplose creando una nube tossica che costringe gli abitanti di Blacksmith ad abbandonare la città. Ma anche questo tragico evento è avvolto nell'ignoranza e genericità di quello che è realmente accaduto, essendo tutto condensato in un nome senza significato dell'agente inquinante, Nyodene Derivative o Nyodene D: «una cosa terribile da vedere, così vicina, così bassa, commista a cloruri, benzini, fenoli, idrocarburi, o chissà quale preciso contenuto tossico». In un mondo in cui siamo circondati da agenti sconosciuti come parte integrante dell'esistenza, prevale l'incertezza. Babette combatte la paura della morte con il misterioso Dylar ma il beneficio o l'insidia sono misteriosamente dentro tutto in modo inestricabile: quando la scuola elementare di Blacksmith viene evacuata per la presenza di fumi tossici la causa può annidarsi ovunque, nel sistema di ventilazione, nelle vernici e nelle pitture dei muri, nei cibi della cafeteria, nelle radiazioni dei calcolatori portatili, negli adesivi dei contenitori o forse in: «qualcosa d'altro più fondamentale, minuto, più strettamente inerente allo stato costitutivo delle cose». In questo mondo dissociato domina non la paura della morte, come teme Babette, ma la paura della vita.

Rumore bianco affronta i temi della immagine pubblica e dell'impatto ambientale della chimica, temi che sono più esplicitamente al centro di *Sporco denaro* (Powers, 2007) (titolo originale *Gain*). È la storia di Clare, una impresa chimica di saponi che nel tempo si espande e si trasforma in una multinazionale che è il centro motore della città di Lacewoods, dove vive Laura Bodey, un'agente immobiliare. Laura contrae un tumore ovarico che la condurrà alla morte e sorge la questione se la malattia sia stata causa-

ta dalla vicinanza con la Clare, dalle emissioni degli impianti industriali e dai prodotti della multinazionale. Quello che emerge dal racconto non è un semplice atteggiamento anti industrializzazione o contro la filosofia imprenditoriale delle multinazionali, ma una visione più articolata in cui la chimica da un lato ha la funzione filosofica di spiegare la struttura del mondo materiale e dall'altro quella di produrre sostanze artificiali più appropriate alle necessità delle attività umane, in una sorta di imitazione della natura. In questo contesto l'impatto ambientale della chimica, o dell'industria, e i potenziali rischi connessi sono visti come una faccia alternativa della medaglia che dall'altra mostra tutti i benefici della tecnologia.

L'origine della malattia di Laura non viene mai accertata e in qualche modo Laura mostra una certa rassegnazione. La gente ha scelto di vivere in un mondo con la multinazionale Clare e i benefici sembrano maggiori dei rischi. Del resto Laura, per curare la sua malattia, prende dei farmaci che vengono preparati partendo da prodotti base forniti dalla stessa multinazionale Clare. È una visione che sembra richiamare il vecchio slogan della Du Pont degli anni 1950, *Una vita migliore con la chimica* (Better Living Through Chemistry), che da un punto di vista etico non è molto soddisfacente di fronte alla vicenda personale di Laura. Certamente è nel vero Roald Hoffmann quando afferma che le molecole non sono né buone né cattive. Lozono è una molecola buonissima quando negli strati alti dell'atmosfera assorbe la radiazione ultravioletta rendendo possibile la vita sulla Terra ma è molto meno buona quando, al livello del mare, è un segnale di inquinamento. La questione fondamentale allora è che la scienza sia un palazzo di cristallo, che non rimanga confinata nei segreti dei laboratori e degli investimenti delle multinazionali ma sia di dominio pubblico. Questo comporta una attività di comunicazione della scienza, delle scoperte vecchie e nuove, delle loro possibili applicazioni e delle conseguenze di breve e lungo periodo e, prima ancora, una più convinta percezione della necessità di educazione alla scienza che molti anni dopo l'appello di Snow sembra ancora carente.

Il terzo romanzo che Ball analizza è *L'arcobaleno della gravità* (*Gravity's Rainbow*) di Thomas Pynchon (Pynchon, 1999), dove i riferimenti alla chimica sono vari, anche se privi di una organicità o sistematicità, supposto che possa esserci una qualsiasi sistematicità in questa opera post-moderna. È un romanzo paradossale e disorganico con le sue centinaia di personaggi e di storie che si intersecano e si sovrappongono. Tanto per inquadrare somma-

riamente alcuni riferimenti alla chimica sparsi nel romanzo, la vicenda si colloca verso la fine della Seconda guerra mondiale e l'arcobaleno del titolo si riferisce alla traiettoria del razzo V2 (o U4 secondo la sua denominazione originaria) che i tedeschi avevano messo a punto per bombardare Londra e che fu poi alla base delle successive realizzazioni spaziali dei due blocchi contrapposti durante la guerra fredda. Il romanzo sembra prefigurare un dominio negli equilibri mondiali dello sviluppo tecnologico e industriale indipendentemente dalle storie politiche. In effetti, ad un certo punto si dice esplicitamente:

La guerra non è mai stata una faccenda politica, la politica era solo una apparenza tanto per distrarre la gente; in realtà, la guerra è stata fatta per i bisogni della tecnologia.

In questo scenario è evidente come anche le tecnologie e gli sviluppi scientifici della chimica vengano alla luce nel racconto. Troviamo così delle escursioni di carattere generale nel mondo della chimica e della struttura molecolare, come quando parlando di Lazlo Jamf, scienziato tedesco, già docente a Harvard, e uno dei progettisti del V2, vengono descritte le proprietà del legame covalente e ionico:

Lazlo Jamf era stato preso da un senso di ostilità [...] una sorta di odio stranamente personale nei confronti del legame covalente. Jamf si era infatti convinto che, se i prodotti sintetici dovevano avere un futuro, era necessario migliorare quel legame. [...] Il fatto che una operazione così mutevole, così delicata come il dover dividere gli stessi elettroni con gli atomi di carbonio potesse costituire il nucleo centrale della vita, della sua vita, lo aveva particolarmente colpito, gli era sembrata una specie di umiliazione cosmica. Dividere gli stessi elettroni? Il legame ionico, invece, quanto gli appariva più solido, più durevole; nel legame ionico gli elettroni non erano divisi con nessuno, ma catturati. Erano prigionieri! E non scappavano più! [...] quanto amava quella chiarezza, quell'ostinazione minerale così stabile!

Un elemento importante della storia è un misterioso polimero, chiamato Imipolex G, del quale vengono descritte struttura e proprietà:

Imipolex, il materiale del futuro. [...] un nuovo tipo di plastica, un polimero eterociclico aromatico [...] sviluppato da un certo L. Jamf per

conto della IG Farben. L'Imipolex è una plastica stabile, resistente alle alte temperature, fino a 900 gradi circa, che combina a una buona resistenza un basso coefficiente di perdita di potenza. Da un punto di vista della struttura molecolare è una catena stabilizzata di anelli aromatici, una serie di esagoni [...] intercalati qui e là con i cosiddetti anelli eterociclici. [...] Le origini dell'Imipolex G si possono far risalire alle lontane ricerche svolte presso la Du Pont. [...] hanno portato direttamente alla scoperta del nylon [...] il canone fondamentale della Plasticità: i chimici non dovevano più essere alla mercé della Natura. Adesso potevano decidere quali proprietà volevano da una certa molecola e quindi potevano fabbricarla. [...] il passo successivo alla scoperta del nylon aveva visto l'introduzione degli aromatici nella catena dei poliammidi. Ben presto era nata tutta una famiglia di polimeri aromatici: i poliammidi aromatici, i policarbonati, i poliesteri, i polisolfoni. [...] L. Jamf [...] aveva allora proposto [...] di prendere le componenti primarie della nuova catena dei poliammidi e di farle avvolgere su se stesse a formare anche loro degli anelli, degli anelli eterociclici giganti da alternarsi agli eterocicli aromatici. [...] si poteva sintetizzare a piacimento un monomero di peso molecolare elevato, lo si poteva piegare, costringere nel suo anello eterocicli, infilarlo in una catena insieme al benzene e agli anelli aromatici del benzene, più naturali. Queste nuove catene avrebbero preso il nome di polimeri aromatici eterociclici.

È una descrizione in cui si mescolano una esaltazione delle potenzialità della chimica di sintesi, descrizioni precise delle strutture polimeriche dei poliammidi alifatici, come il nylon, e dei poliammidi aromatici o eterociclici, le cui strutture molecolari sono mostrate nella Figura 6.20, con digressioni chiaramente più fantasiose da un punto di vista chimico. In complesso, quindi, vediamo ricorrere anche in questo caso l'atteggiamento che una nomenclatura tecnologica abbia di per sé una valenza appagante di competenze, indipendentemente dalla capacità del lettore di comprenderne i dettagli.

In questa direzione, in altri punti del romanzo si sconfinava verso la fantascienza o la fanta-chimica:

Quella creatura tracagnotta sta in realtà masticando la gomma, una variante del cloruro di polivinile creato da Lazlo Jamf, molto malleabile, perfino capace di liberare delle molecole che, grazie a un inge-

gnoso Osmo-elektrische Schalterwerke messo a punto dalla Siemens, trasmette al cervello del granchio-robot, in codice con eccellente approssimazione, il sapore di liquirizia delle pastiglie Beeman.

Potete scegliere tra le due cose, potete accontentarvi, stare indietro, con il carbonio e l'idrogeno, [...] oppure andare oltre. Il silicio, il boro, il fosforo, sono questi gli elementi che possono sostituirsi al carbonio e legarsi al nitrogeno al posto dell'idrogeno [...] oltre la vita, verso il mondo inorganico, dove non esiste fragilità, mortalità: il regno della Forza, dell'Eternità. Poi era arrivato il suo famoso finale, mentre cancellava alla lavagna il C-H e, a lettere enormi, scriveva Si-N.

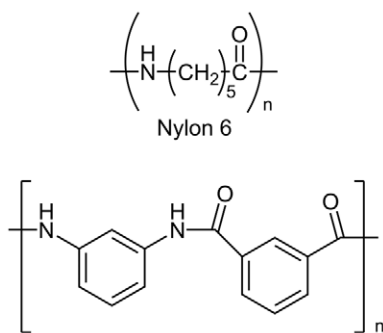


Figura 6.20: Struttura molecolare di un poliammide alifatico (sopra) e di un poliammide aromatico (sotto).

6.4.6 La chimica di Sherlock Holmes

In numerosi esempi considerati in questo capitolo abbiamo visto come il mondo della scienza e della chimica possa essere oggetto primario di ispirazione nella letteratura, nella poesia e nella narrativa. Ma l'universo della chimica e delle connesse tecnologie è talmente pervasivo nella società moderna che è inevitabile che ricorrenze scientifiche e tecnologiche si ritrovino nella maniera più diffusa anche al di fuori di un qualsiasi canone di ispirazione, in maniera quasi occasionale che può sfuggire a una prima superficiale osservazione. Una casistica completa o dettagliata di queste ricorrenze è

improponibile ma alcuni frammenti illustrativi di questo concetto possono essere interessanti.

Charles Lutwidge Dodgson (1832-1898), matematico, logico e scrittore inglese, è famoso, con lo pseudonimo di Lewis Carroll, per il suo libro fantastico *Le avventure di Alice nel paese delle meraviglie* e per il suo seguito *Attraverso lo specchio e quello che Alice vi trovò* (Carroll, 1978). All'inizio del secondo racconto, Alice sonnecchia nel salotto davanti allo specchio chiedendosi cosa ci sarà mai nel mondo dietro lo specchio. Mentre fantastica in questo modo chiede alla sua gattina Kitty: «Ti piacerebbe abitare nella casa dello specchio, Kitty? Chissà se ti darebbero il latte anche lì? Forse il latte dello specchio non è buono». Si tratta di una frase apparentemente innocua ma che si presta a una interpretazione chimica. Il latte contiene il lattosio, una molecola chirale con due isomeri che geometricamente sono immagine speculare uno dell'altro e non sono sovrapponibili, come abbiamo mostrato nella Figura 6.8. Forse Alice pensa che solo uno degli isomeri, con la configurazione S, è buono e digeribile per Kitty. Ora lo specchio riflette tutte le cose nella loro immagine speculare e così farà anche per il lattosio trasformandolo nella forma chirale non buona. Per questo Alice giustamente si preoccupa per la sua gattina. Vediamo quindi come nel racconto di Carroll, pieno di allusioni, doppi sensi, giochi logici e di parole, anche un concetto di chimica e di struttura molecolare entra in maniera eminentemente occasionale e quasi nascosta.

Moby Dick, il racconto capolavoro di Herman Melville del viaggio del capitano Achab sulla baleniera Pequod alla caccia della balena bianca (Melville, 1966), è stato visto come un'allegoria della ricerca della verità e dell'esplorazione della natura in tutti i suoi aspetti. Richiami alle scienze naturali (Mahmoudi and Azizmohammadi, 2011) e alla chimica (Waddell and Sanderlin, 1986) si trovano sparsi in questa opera enciclopedica. Ad esempio, nel capitolo XXII, *Cetologia o scienza delle balene*, viene presentata una classificazione naturalistica e scientifica di tutte le tipologie delle balene.

Ismaele, la voce narrante, alter ego dell'autore, all'inizio del romanzo, quando entra nella *Locanda dello Sfiatatoio* osserva un quadro misterioso che inizialmente descrive dicendo: «È una tempesta notturna nel Mar Nero. No, è la lotta mostruosa dei quattro elementi primordiali», una reminiscenza dell'antica cosmogonia e concezione della costituzione della materia.

Nel capitolo XXXVI, *Il cassero*, Ismaele descrive il capitano Achab alla

sua prima apparizione sul ponte di fronte ai marinai con queste parole:

Pareva che con una sua misteriosa forza di volontà desiderasse investirla dello stesso sentimento infuocato che premeva nella bottiglia di Leida della sua vita magnetica.

Successivamente Achab riflette su se stesso con una allusione dall'ambiguo significato: «E la mia anima sale. Stanca dell'erta che non ha mai fine. È dunque troppo pesante la corona che porto, questa mia corona di ferro di Lombardia?» Dopo che la prima balena è stata catturata e squartata, Achab esprime un concetto di analogia tra il mondo fisico e la natura umana:

O Natura, e tu anima umana, come sono lontane da ogni possibile espressione le vostre analogie! Non il minimo atomo si muove o vive nella materia, che non abbia il suo duplicato sottile nello spirito.

Mirabile è la descrizione della bianchezza della balena. Nell'episodio *Town-Ho*, della balena bianca si dice: «la tremenda bellezza di quella gran massa di latte che colpita di piatto dallo sfolgorio del sole scintillava e cangiava come un'opale viva nel mare azzurro del mattino». Quando riflette sulla balena bianca, Ismaele inizia dicendo: «Era la bianchezza della balena che soprattutto mi atterrava».

È un terrore che deriva dal contrasto tra l'idea di purezza, di venerabilità e di sublime associato al bianco in moltissime tradizioni e un sentore di ambiguità che emerge da altre associazioni (il sudario, il pallore della morte, la stranezza dell'albino, animali terrificanti come l'orso bianco o lo squalo bianco). Ma poi Ismaele, più scientificamente, trova un altro motivo di ambiguità:

[...] la ragione è che nella sua essenza la bianchezza non è tanto un colore, quanto l'assenza visibile di ogni colore e nello stesso tempo l'amalgama di tutti i colori, ed è per questo motivo che c'è una vacuità muta, piena di significato in un gran paesaggio di nevi, un omnicoloro incolore di ateismo che ci ripugna? E ci viene anche da pensare a quell'altra teoria dei filosofi della natura, che tutte le altre tinte terrene, ogni ornamento delicato o solenne, le sfumature soavi dei cieli e dei boschi al tramonto, fino ai velluti aurei delle farfalle e alle guance di farfalla delle ragazze, tutte queste cose non sono che subdoli inganni, qualità non inerenti alle sostanze ma solo appiccate dal di fuori.

E piena di fascino si rivela, infine, anche la descrizione, in principio anonima, delle qualità chimico-fisiche degli oli estratti dalla balena, lo spermaceti e l'ambra grigia, il motivo economico e commerciale della caccia. Del primo Ismaele dice: «cosa può essere allora se non spermaceti allo stato grezzo e incontaminato, l'olio più squisito di tutti?». Durante la lavorazione della prima balena catturata, Ismaele osserva:

E ancora, come quella [la gran botte] di Heidelberg era sempre piena dei vini più eccellenti delle vallate del Reno, così la botte della balena contiene di gran lunga il più prezioso di tutti i raccolti ogliacei, cioè a dire il rinomatissimo spermaceti nel suo stato più puro, limpido e odorifero.

Per poi proseguire su questa preziosa sostanza:

Sebbene perfettamente liquida in vita, esposta all'aria dopo la morte comincia presto a cagliarsi, producendo bellissimi gettiti cristallini, come quando il primo ghiaccio sottile e delicato si va formando nell'acqua.

In un altro passaggio, durante la lavorazione, Ismaele racconta:

Si era raffreddato e cristallizzato a tal punto, che quando con parecchi altri mi sedetti davanti a un gran bagno costantiniano di questo spermaceti, lo trovai stranamente rappreso in grumi che nuotavano qua e là nella parte fluida. Era nostro compito spremere questi grumi per farli tornare fluidi. Un compito dolce e mellifluo! Non c'è da meravigliarsi che anticamente questo spermaceti fosse un cosmetico così pregiato. Era un tale purificatore e dolcificatore! Un tale rinfrescante, un emolliente così delizioso! Ci avevo tenuto dentro le mani per pochi minuti, e già mi sentivo le dita come anguille che cominciano, per così dire, a serpeggiare e torcersi a spirale.

Per concludere:

mentre annusavo quell'aroma incontaminato, che veramente e letteralmente è come il profumo delle violette a primavera, vi giuro che per un attimo vissi come in una prateria muschiata [...] e quasi cominciai a credere alla vecchia superstizione di Paracelso, che quell'olio abbia una rara virtù di calmare il calore dell'ira.

L'ambra grigia è un'altra sostanza preziosa che si ottiene dalla balena e si estrae «dai visceri indecorosi di una balena malata»:

La parola *ambergris* è soltanto il composto francese per ambra grigia, però le due sostanze sono affatto distinte. [...] l'ambra è una sostanza dura, trasparente, friabile e inodora, usata per bocchini di pipa, grani di collana e altri ornamenti; ma l'ambra grigia è molle, cerosa, e talmente fragrante e aromatica che viene largamente usata in profumeria, o per fare pasticche deodoranti, candele costose, polveri per i capelli e pomate. I turchi l'adoperano in cucina e inoltre la portano alla Mecca, allo stesso scopo per cui si porta incenso a San Pietro in Roma. Certi mercanti di vino ne mettono alcuni grani nel chieretto, per profumarlo.

Anche se possono sfuggire al lettore, tutto preso dal meccanismo delle indagini poliziesche, i richiami all'universo della chimica e della scienza sono continui nei racconti e nei romanzi di Arthur Conan Doyle che riguardano le avventure di Sherlock Holmes (vedi Figura 6.21), narrate attraverso i resoconti di Watson, amico, collaboratore e coinquilino dell'investigatore in Baker Street 221 B.

Nel primo racconto della serie, *Uno studio in rosso*, Sherlock Holmes viene presentato a Watson come: «un entusiasta di determinate branche della scienza» e successivamente come un *chimico di prim'ordine* che «sembra nutrire un'insaziabile passione per le equazioni esatte e definite». Quando Watson incontra Sherlock Holmes per la prima volta in laboratorio vede «qua e là larghi tavoli bassi sui quali erano accatastati storte, provette e piccoli becchi Bunsen con le loro tremule fiammelle azzurognole». Infine, quando Watson elenca tutte le abilità di Sherlock Holmes, dichiara «profonda» la sua conoscenza della chimica.

Sherlock Holmes è un precursore nell'uso della scienza e della chimica come strumenti fondamentali di indagine per dipanare numerosi crimini, altrimenti misteriosi o inspiegabili. Tuttavia, egli ha una passione per la chimica in sé, indipendentemente dal suo uso pratico nelle indagini di cui è protagonista. Il fascino di questi racconti è piuttosto nella applicazione sistematica del metodo deduttivo basato su informazioni solide. In *Uno scandalo in Boemia* Sherlock Holmes dice:

È un errore gravissimo costruire teorie quando mancano gli elementi necessari. Senza volerlo si incominciano ad alterare i fatti in modo che si adattino alle teorie, invece di far sì che le teorie collimino con i fatti.



Figura 6.21: Sherlock Holmes all'opera nel suo laboratorio chimico.

In vari racconti, quindi, la chimica sembra entrare occasionalmente per questa passione di Holmes per la scienza. Addirittura, in *The dancing men*, Holmes lascia l'indagine in corso a mezzo e rientra a Londra perché ha «una analisi chimica di interesse da finire». In *Un caso di identità* Watson al suo rientro nell'appartamento condiviso nota:

[...] uno schieramento formidabile di bottiglie e di storte, unitamente ad un acre odore di acido cloridrico, mi rivelò che aveva trascorso

la giornata in esperimenti chimici, una delle sue occupazioni preferite. «Bene, ha risolto qualcosa», chiesi entrando. «Sì, ho ottenuto il bisolfato di bario». «No, no, l'indagine»,

replica Watson. Analogamente, ne *Il segno dei quattro*, in relazione alla indagine in corso, alla domanda di Sherlock a Watson come medico: «quale conclusione ne trarrebbe», Watson replica: «Morte provocata da un potente alcaloide vegetale, qualche sostanza simile alla stricnina che provocherebbe il tetano». Ma in un successivo passaggio dello stesso racconto Watson dice:

[...] si dedicò tutta la notte ad una astrusa analisi chimica che comportava il riscaldare una quantità di storte e distillare delle sostanze gassose, finendo con il creare un tale tanfo da indurmi quasi a uscire di casa. Fino a notte inoltrata sentii il tintinnio delle provette.

Al termine di questo lavoro Sherlock Holmes dice:

Mi sono disteso i nervi dedicandomi anima e corpo a un'analisi chimica. [...] Una volta riuscito a liquefare l'idrocarburo su cui stavo lavorando mi sono messo a ripensare al nostro problema.

Prima di alcune considerazioni d'insieme soffermiamoci su altre citazioni di carattere chimico o scientifico nelle avventure di Sherlock Holmes. Nel già menzionato *Uno studio in rosso*, all'arrivo di Watson nel laboratorio, Sherlock Holmes esulta per la scoperta di un nuovo metodo di rivelazione di tracce di sangue:

L'ho trovato! L'ho trovato! Ho trovato un reagente che precipita esclusivamente con l'emoglobina. [...] Comprenderà senza dubbio l'importanza della mia scoperta. [...] è la più pratica delle scoperte in campo medico-legale da anni a questa parte. Non capisce che ci fornisce un test infallibile per le macchie di sangue.

e prosegue per illustrare la sensibilità del nuovo metodo rispetto al vecchio test del guaiaco. Ne *I faggi rossi* a un certo punto Sherlock Holmes, preso dalla indagine in corso, dice: «forse sarebbe meglio sospendere la mia analisi degli acetoni perché domani avremo bisogno di tutte le nostre energie». Ne *La casa vuota* Sherlock Holmes, riapparso dopo la sua finta morte e un

lungo periodo in giro per il mondo, dice di avere trascorso alcuni mesi a Montepellier dedicandosi a una ricerca sui derivati del catrame di petrolio; una ricerca di attualità a quei tempi in relazione alla industria di sintesi di coloranti artificiali. Ne *L'inquilina velata* Sherlock Holmes con la sua indagine riesce a dissuadere la sua cliente da propositi suicidi e questa gli manda la boccetta con il veleno che avrebbe voluto usare; Watson dice:

[...] quando mi recai dal mio amico, questi mi indicò con un certo orgoglio una bottiglietta azzurra posata sulla mensola del camino. La presi in mano. Portava un'etichetta rossa su cui era scritto «veleno». Come l'apersi ne uscì un piacevole odore di mandorle. «Acido prussico» dissi. «Proprio, mi è giunta per posta».

Ne *La corsa decisiva* Sherlock Holmes è alle prese con un nuovo strumento di indagine, il microscopio: «Sherlock Holmes era chino da molto tempo su un microscopio di portata modesta». In seguito, riferendosi alla polizia ufficiale, Holmes dice:

Da quando ho individuato quel falsario dai filamenti di zinco e di rame nella cucitura del suo polsino, hanno incominciato a capire l'importanza del microscopio.

La chimica di Sherlock Holmes, quella accennata vagamente o espressa più esplicitamente nel corso delle sue indagini, è stata vivisezionata alla ricerca delle formule esplicite dei composti menzionati o dei processi chimici sottintesi, per verificare le effettive conoscenze di chimica esposte o eventuali errori o imprecisioni e le conclusioni di vari autori sono contrastanti (O'Brien, 1993, 2013; Asimov, 1980; Gillard, 1976). Nella citazione riportata sopra da *Un caso di identità*, Sherlock Holmes dice di avere ottenuto il bisolfato di bario. Il testo inglese in realtà dice *bisulphate of baryta*, dove baryta indica l'ossido di bario, o al limite il minerale barite o solfato di bario. La dizione sarebbe quindi errata come non emerge nella traduzione italiana. Naturalmente, bisognerebbe considerare la nomenclatura chimica dell'epoca in cui il racconto è stato scritto e non quella attuale. In effetti anche nel poster che abbiamo visto nella Figura 6.11 troviamo scritto *bisulphate of baryta*. È interessante esaminare il racconto *Il carbonchio azzurro* in cui Sherlock Holmes si interessa del furto di un famoso gioiello. A un certo punto il fattorino Peterson si presenta in Baker Street 221 e:

[...] rivelò nel mezzo della palma una pietra azzurra meravigliosamente scintillante, un poco più piccola di un fagiolo, in grandezza, ma di una purezza e di una luminosità tale che nell'oscuro cavo di quella mano rozza luccicava come un punto elettrico.

Alla manifestazione di meraviglia di Holmes, Peterson dice: «È un diamante, una pietra preziosa. Taglia il vetro come fosse pasta frolla», a cui Holmes replica: «È molto più di una pietra preziosa! È «la» pietra preziosa». E infine Watson esclama: «Non è il carbonchio azzurro della Contessa di Morcar?» Il carbonchio, dal latino *carbunculus*, piccolo carbone, è una delle pietre più preziose, menzionata come tale in un sonetto di Giacomo da Lentini:

Diamante né smiraldo né zafiro
né verun'altra gem[m]a preziosa
topazo, né giaquinto, né rubino
né aritropia, ch'è sì vertudiosa,
né l'amatisto, né il carbonchio fino,
lo qual è molto risplendente cosa,
non àno tante be[l]lezza in domino
quant'à in sé la mia donna amorosa

Nell'antichità il carbonchio indicava forse un rubino e, successivamente, un granato e più specificamente il granato di Boemia. Come granato è quindi una pietra di colore rosso-rubino. Nell'avventura di Sherlock Holmes abbiamo invece un carbonchio azzurro, indicato da Peterson come un diamante e da Holmes come 'la' pietra per eccellenza. Sembra quindi esserci una certa confusione tra il carbonchio/granato e il diamante, anche se delle possibili spiegazioni sono state avanzate (O'Brien, 2013). Ma questo non ha molta importanza dal nostro punto di vista.

Nei racconti di Sherlock Holmes torna un canone che abbiamo già incontrato per cui i nomi della scienza, della tecnologia, della chimica possiedono un fascino, una «magia», un potere evocativo indipendentemente dalla conoscenza approfondita del loro significato scientifico, in accordo forse con una citazione di Sherlock Holmes in *La lega dei capelli rossi*: «Omne ignotum pro magifico». Dall'altro lato, in questi racconti la chimica compare in maniera quasi inavvertita per il lettore tutto preso dal procedere della indagine poliziesca.

Certamente il fascino dei racconti di Sherlock Holmes è straordinario anche da un punto di vista chimico. In una serie di articoli comparsi sul *Journal of Chemical Education* sono stati presentati nuovi racconti, scritti secondo il canone di Sherlock Holmes, in cui il contenuto chimico è più esplicito. A un certo punto il racconto viene interrotto per chiedere al lettore, o addirittura ad un ideale studente, di risolvere il problema in base ai dati chimici forniti. Questi 17 racconti sono stati poi raccolti in una fascicolo virtuale unico reperibile nel sito <http://pubs.acs.org/page/pr/thematic.html>.

6.5 La chimica in scena

La scienza ed i meccanismi della ricerca hanno un intrinseco carattere dialettico. Innanzi tutto l'impegno e la fatica dello scienziato alla ricerca di una possibile verità scientifica si sviluppano in percorsi tortuosi e problematici, che si manifestano esplicitamente nel contrasto di diversi modelli e paradigmi e anche in discussioni, contrasti, conflitti tra i protagonisti della ricerca. Inoltre, la ricerca procede sempre con la convinzione che nessun risultato sia realmente definitivo. Il carattere dialettico della conoscenza scientifica ha trovato espressione nelle forme del dialogo che meglio possono mettere in evidenza la molteplicità dei punti di vista. La manifestazione primigenia di questo modo di presentazione della filosofia della natura risale ai dialoghi di Platone. Questa forma si ripete agli inizi della scienza moderna in Galilei e nel *Dialogo dei massimi sistemi* (Galilei, 2000) in cui le visioni copernicana e tolemaica sono dibattute in contraddittorio da Salviati e da Simplicio, rispettivamente, con l'intermediazione di Sagredo, ideale moderatore e conduttore della discussione, il quale non è spettatore passivo ma un ideale partecipante che si pone e pone quesiti sulle teorie in discussione. Questo carattere problematico della scienza ha trovato espressione particolare nello spettacolo teatrale in cui la dialettica e il dibattito diventano più articolati, anche per la presenza fisica degli attori.

La presenza della scienza o, a seconda delle epoche storiche e dei nostri interessi, della filosofia della natura e dell'alchimia, nelle forme teatrali possiamo trovarla già in tempi remoti, come è stato discusso in dettaglio da Bisicchia (Bisicchia, 2006) il quale, da un punto di vista generale, si chiede preliminarmente se al fare teatro si possa assegnare una intrinseca scientificità, che egli identifica nel fatto che il teatro è una forma di indagine, così

come la scienza. Biscichia trova un primo caso di scienza in teatro nel *Prometeo incatenato* di Eschilo (Eschilo, 2003). Prometeo, che ruba il fuoco e lo dona agli uomini, è l'iniziatore della scienza e della tecnica, che sono gli strumenti con i quali l'uomo può dominare e trasformare la natura rendendosi protagonista del suo destino. Naturalmente, al tempo di Eschilo, la separazione tra la filosofia della natura e il mito è ancora non ben definita, ma il Prometeo già illustra il fatto che il teatro non è strumento deputato a discutere la scienza della natura in sé e per sé ma per affrontare problematiche più generali, connesse o contigue alla scienza. Analogamente, in tempi più recenti, quando l'alchimia fa la sua comparsa nel teatro, la linea di separazione dalla magia rimane piuttosto sottile. Ne *Il candelaio* di Giordano Bruno (Bruno, 1964), una commedia ambientata nella Napoli del Cinquecento, i protagonisti sono Bonifacio, sposato con Carubina ma spasimante di Vittoria, Manfurio, un pedante piuttosto goffo, e Bartolomeo, un alchimista dilettante. La presenza di Bartolomeo e del falso alchimista Cencio porta dentro la scena tanti simboli e concetti dell'alchimia e i nomi di tanti reattivi tradizionali, alla rinfusa e con qualche errore. Ma in complesso l'alchimia viene vista nel suo aspetto più basso o magico, come strumento di inganno piuttosto che come strumento di conoscenza.

L'alchimista, la commedia di Benjamin Johnson (Johnson, 1983), è un autentico trattato di alchimia. La vicenda si svolge durante la peste di Londra, quando Lovewit abbandona la sua casa, lasciandola al servo Face (Facciato-sta) che la occupa insieme al suo compare Subtle (Sottile) e alla sua amica Sol Common. Sfruttando le conoscenze alchemiche di Sottile i due, come abili truffatori senza scrupoli, attirano nella casa una serie di ingenui avventori imbrogliandoli in vari modi. La commedia, piena di brio e comicità e realistica nella descrizione dei personaggi, presenta una versione scettica dell'alchimia che un passaggio della commedia definisce: «allegro gioco, qualcosa come i trucchi a carte, che incantano un uomo e sono inganni».

Venendo alle interazioni tra scienza e teatro in tempi più recenti, si possono distinguere differenti tipologie di teatro scientifico. Innanzi tutto abbiamo un teatro che possiamo sommariamente definire teatro di tipo divulgativo, se non didattico. Si tratta di rappresentazioni della scienza, o della chimica per quello che ci interessa principalmente, che vogliono mettere in scena fatti o anche esperimenti scientifici, sia pure in forma semplificata. In queste forme c'è un intento di spettacolarizzazione della scienza che ha una

sua lunga tradizione. È l'eredità dei teatri anatomici e dei teatri scientifici, splendide architetture che, a parte il nome, in origine erano aule ma erano in qualche modo destinate anche a un pubblico più ampio per dimostrazioni pratiche. Una funzione in parte di questo tipo è stata descritta da Galluzzi (Galluzzi, 2001) per l'Accademia del Cimento. Nella Figura 6.22 è mostrato il logo dell'Accademia che ha una chiara ispirazione alchemica:

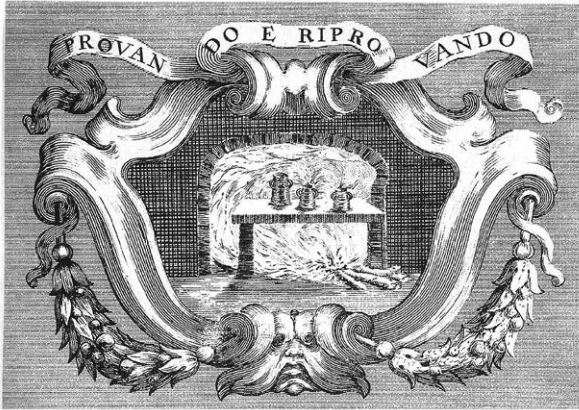


Figura 6.22: Il logo dell'Accademia del Cimento.

Al centro del logo si vede una fornace con un fuoco molto vivo e sopra tre recipienti. Nell'arte orafa del medioevo il cimento indicava la mistura per saggiare e purificare l'oro. Oltre al suo ruolo e compito scientifico l'Accademia rispondeva anche alla predilezione per gli esperimenti del principe mecenate e alla sua volontà di inserire le attività dell'Accademia nella vita di corte con esibizioni e dimostrazioni. Questo carattere è illustrato nella Figura 6.23 che mostra una seduta della Accademia del Cimento.

Un illustre esempio di questa tendenza lo troviamo nella tradizione del teatro della Royal Institution in Londra (Holmes, 2008). La tradizione fu iniziata da Humphrey Davy con una lezione sul galvanismo, tenuta il 25 aprile 1801, durante la quale si esibì in una serie di dimostrazioni spettacolari che incantarono il pubblico, specialmente le signore. In questo modo, come abbiamo già visto in una sezione precedente, le dimostrazioni scientifiche nel

teatro della Royal Institution e altrove diventarono un evento pubblico. La tradizione continuò poi e si consolidò con le *Christmas Lectures*, rese celebri da Michael Faraday (Thomas, 2006), che erano lezioni o corsi di divulgazione scientifica e costituivano un vero avvenimento mondano (vedi Figura 6.24).



Figura 6.23: Una riunione dell'Accademia del Cimento.

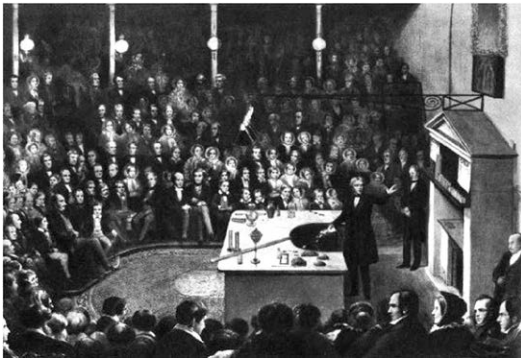


Figura 6.24: Una lezione di Faraday alla presenza del Principe di Galles e della consorte.

In questo approccio della scienza a teatro c'è attualmente un fiorire di attività di Università, scuole superiori e altre istituzioni e organismi per mettere la chimica in scena, con testi creati appositamente, per dimostrazioni ed esperimenti. Lo scopo è quello, attraverso il gioco teatrale, di suscitare interesse per un immaginario scientifico da esplorare. Una chimica quindi vista con un carattere gioioso.

In un differente approccio il teatro può dimostrare la struttura narrativa della scienza illustrandone i concetti generali. In questo contesto un grande successo ha riscosso la rappresentazione di *Infinites* in cui John David Barrow esplora il concetto di infinito in cinque differenti scene. Nella prima scena, *Hotel infinity*, un albergo con infinite stanze può alloggiare infiniti ospiti, anche se è già completo. Ogni nuovo ospite viene alloggiato nella stanza 1, con uno spostamento in successione di tutti gli altri ospiti. Altre scene esplorano la possibilità di vivere per sempre, per un tempo infinito, oppure la duplicazione all'infinito, oppure i viaggi nel tempo, oppure ancora la biblioteca infinita, ispirata alla *Biblioteca di Babele* di Borges.

In un certo senso, anche la commedia *Copenhagen* di Michael Frayn (Frayn, 2003) rientra in questa tipologia. Il testo racconta della visita che nel 1941, con la Danimarca occupata dalla Germania, Werner Heisenberg fa a Niels Bohr, suo vecchio maestro. Alla visita partecipa Margrethe, moglie di Bohr. I due scienziati, che si stanno entrambi occupando di fisica nucleare, si trovano su fronti opposti della guerra in atto. Sullo sfondo del racconto incombe il mistero delle motivazioni della visita. L'incontro avviene molto tempo dopo l'evento (i due scienziati sono già morti) e i personaggi si interrogano sui motivi della visita. Margrethe: «perché era venuto a Copenhagen? che cosa stava cercando di dirti?» Forse Heisenberg era alla ricerca di qualche segreto di fisica nucleare dal suo maestro. O voleva offrire a Bohr qualche appoggio. O forse voleva sondare Bohr sui problemi etici connessi all'uso della energia nucleare, problemi etici ingigantiti dall'imminente successivo lancio della bomba su Hiroshima. La realtà, i motivi della visita restano avvolti nel mistero; non c'è una risposta o, meglio, ci sono più risposte alternative tra le quali non possiamo scegliere. La vicenda raccontata sembra una metafora del principio di indeterminazione di Heisenberg, per il quale non possiamo simultaneamente conoscere con precisione posizione e velocità di una particella. L'indeterminazione che governa il mondo microscopico si applica anche ai nostri comportamenti.

L'interazione tra teatro e scienza, tuttavia, si sviluppa soprattutto su un terreno storico. La scienza è costruita da persone con i loro dubbi, certezze e debolezze e il teatro esplora questi percorsi dell'uomo scienziato con i risvolti etici che incombono sulle scoperte scientifiche e sulle loro possibili applicazioni. In questo contesto, e in particolare nell'analisi dell'etica della scienza, il teatro finisce per esplorare tematiche di ordine universale. Il teatro pone in evidenza allora che la scienza deve uscire dai laboratori per essere patrimonio di tutti. Come dice Max Ferdinand Perutz, premio Nobel per la chimica nel 1962 per la sua scoperta della struttura dell'emoglobina: «La vera scienza prospera al meglio in serre di vetro entro le quali tutti possono guardare».

In questo contesto opere paradigmatiche sono *Vita di Galileo* di Bertolt Brecht (Brecht, 1998) e *Ifisici* di Durenmatt (Durenmatt, 2002). Brecht, oltre al dramma umano di Galileo, discute il problema della lotta dello scienziato per la verità contro l'ignoranza e il conformismo come una missione dello scienziato: «dove la verità possa condurre, è cosa che lo scienziato non deve chiedersi». Ma il progresso della scienza richiede nuovi strumenti, come il cannocchiale nel caso di Galileo, che hanno poi le loro applicazioni pratiche. Questo pone il problema, sui cui torneremo ancora, se l'importante sia la scoperta in sé, quella fatta dagli ottici olandesi nel caso del cannocchiale, o la genialità di chi ne ha compreso tutto il significato e le implicazioni. La vicenda di Galileo pone, inoltre, da un lato il problema dei rapporti tra scienza e fede e dall'altro il problema dell'etica dello scienziato, problema che era particolarmente acuto quando Brecht ha scritto la sua l'opera, in coincidenza con la scoperta e l'uso della energia nucleare. Vediamo, quindi, come parlando di scienza il teatro affronti tematiche del tutto generali, oltre la storia specifica di Galileo.

Ifisici di Durenmatt, un'opera paradossale e grottesca, pone il problema dell'uso della scienza e conseguentemente della responsabilità dello scienziato. Mobius, uno scienziato che ha scoperto lo schema di invenzione universale, atterrito dalle possibili applicazioni negative della sua scoperta, si finge pazzo e viene internato nella clinica gestita da Mathilde von Zahnd, dove sostiene di avere visioni di re Salomone. Nella stessa ala della clinica sono ospitati altri due scienziati, Beutler, una spia americana che finge di essere Newton, ed Ernesti, una spia russa che crede di essere Einstein. Nella clinica avvengono dei delitti, ma dietro l'apparenza del giallo poliziesco, la

vicenda è incentrata sulla responsabilità dello scienziato.

Lo scienziato è un pioniere che lascia ad altri la scelta di cosa fare delle sue scoperte o deve avere anche un ruolo decisionale più attivo? La tesi sostenuta è che il contenuto della fisica riguarda forse i fisici ma i suoi effetti riguardano tutti e ciò che riguarda tutti deve essere risolto da tutti. L'idea quindi è di una democratizzazione della scienza. I tre scienziati non sono folli ma, sperando che nessuno degli altri sappia questo, fingono la pazzia per impossessarsi del segreto della scoperta universale e realizzare un loro piano che non viene specificato. Alla fine sarà Mathilde che, sfruttando la loro ingenuità, li terrà segregati e si impossesserà dei loro segreti per realizzare i propri sogni di potere.

Queste opere già pongono, implicitamente o esplicitamente, il problema dei rapporti tra scienza e politica, problema che è poi espressamente trattato in *Sul caso di J. R. Oppenheimer* di Kipphard (Kipphard, 1965) che, però, ha un carattere più spiccatamente di teatro documento.

Roald Hoffmann, di cui abbiamo parlato come poeta e divulgatore scientifico, ha scritto con Carl Djerassi un'opera teatrale, *Ossigeno* (Djerassi and Hoffmann, 2003). Djerassi, professore di chimica e inventore della pillola anticoncezionale, ha inventato un genere letterario che ha chiamato *science in fiction* come strumento di divulgazione della scienza presso il pubblico più ampio e ha scritto vari testi di divulgazione che hanno avuto un grande successo. La Figura 6.25 mostra la locandina di una rappresentazione teatrale di *Ossigeno*. Gli autori immaginano che nel centenario dell'istituzione del premio venga deciso di assegnare un premio Nobel per la chimica alla memoria, alla più importante scoperta fatta nel 1800. La vicenda si articola su due piani, le riunioni del comitato Nobel che ritiene che la scoperta dell'ossigeno sia quella da premiare e che deve decidere se il primo scopritore sia stato Scheele, Priestley o Lavoisier, e gli incontri di questi tre scienziati a Stoccolma dove sono stati invitati dal re per una dimostrazione dei loro esperimenti. Il comitato non giunge a una conclusione. Scheele era stato il primo a isolare l'ossigeno, questo nuovo elemento, ma non aveva pubblicato i suoi risultati, dandone solo una comunicazione privata in una lettera a Lavoisier. Ma non sappiamo se Lavoisier avesse letto veramente la lettera. Anche Priestley aveva scoperto l'ossigeno prima di Lavoisier. Tuttavia sia Scheele che Priestley erano rimasti convinti assertori della teoria del flogisto e non avevano compreso il rivoluzionario significato della loro scoperta,

significato che era stato invece ben compreso da Lavoisier, il quale, in base a questo, aveva rivoluzionato la chimica.

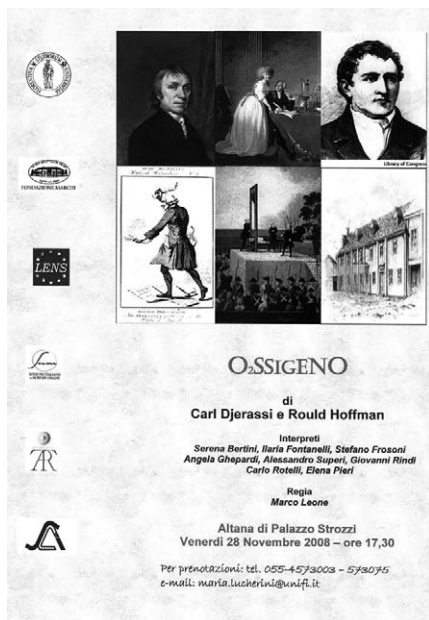


Figura 6.25: Locandina di una rappresentazione di Ossigeno.

Quale è il significato di una scoperta scientifica? Perché è importante arrivare primi? È importante scoprire qualcosa o è più importante capirne il significato e le implicazioni? Queste sono le domande che in *Ossigeno* vengono dibattute attraverso le riunioni del comitato e gli incontri dei tre scienziati e delle loro mogli, incontri che ne rivelano il loro lato umano, le ambizioni, le debolezze. Dal carattere dei protagonisti emerge una umanizzazione della scienza e della ricerca come vicenda personale. Scheele è il farmacista svedese schivo che è solo interessato a condurre le sue ricerche in laboratorio quando ha terminato il suo lavoro di farmacista. È l'immagine romantica del chimico capace di grandi scoperte anche con i mezzi modesti di cui dispone. Priestley è un uomo rivoluzionario nella vita sociale e politica ma è

scientificamente un conservatore, rimanendo sempre saldamente ancorato alla vecchia teoria del flogisto, nonostante la sua scoperta dell'ossigeno. Lavoisier, che scientificamente ha rivoluzionato la dottrina della chimica, è un conservatore nella vita pubblica: esattore delle tasse e uomo pubblico finirà sotto la ghigliottina con la rivoluzione francese.

Il tema della etica nella scienza e nell'arte è affrontato esplicitamente da Hoffmann nel testo teatrale *Shoud've (Se si può, si deve?)* (Hoffmann, 2007). La vicenda raccontata ha come antefatto il suicidio di Friedrich Wertheim, un chimico oppresso dalla responsabilità per un attentato terroristico in cui è stata usata una neurotossina da lui sintetizzata. Questo suicidio sconvolge la vita della sua cerchia familiare, Katie, la figlia biologa molecolare, Stefan, un artista fidanzato della figlia, e Julia, la seconda moglie separata di Wertheim. Katie crede che la scienza sia sempre nel giusto e che gli scienziati non abbiano responsabilità; essa è tutta presa dalle sue ricerche: «non sono nulla senza la mia scienza», vivendo quindi in una povera realtà di isolamento. Stefan, analogamente, crede ciecamente nella libertà di espressione e pensa che l'arte non debba soffrire condizionamenti. Julia, più positiva, esprime il pensiero di moderazione ed equilibrio di Hoffmann; in una scena infatti esprime il concetto contenuto nel titolo della pièce: *Se si può, si deve?* In realtà il suicidio di Wertheimer non ha motivi chiari. Emergono documenti del passato che gettano nuova luce sui motivi del suo gesto e che spingono i personaggi a riflettere sulle loro attitudini; Stefan dice a Katie:

Ma partivi sempre da quelle sigle incomprensibili. [...] Non ti lasciavi andare [...] non mi mostravi quell'immagine senza farmi una lezione.

Ancora una volta vediamo come la ricerca, la scienza, si intrecci con l'esperienza personale e con la vita del ricercatore. Ma il punto centrale che Hoffmann mette in evidenza è l'obbligo dello scienziato di riflettere sulle conseguenze delle applicazioni delle sue scoperte anche da parte di altri. A un certo punto Julia dice:

Se sia valido un bene non è la sola cosa che conta.[...] e mentre voi lavorate [...] su un virus o su una poesia [...] quello che esce fuori cambia la vita delle persone. E voi continuate a parlare soltanto di cosa significhi per voi?

Molte delle tematiche che abbiamo considerato in questa sezione, e tra esse le relazioni tra la scienza e i poteri politici e militari, l'etica della scienza, le

vicende personali e umane e il carattere dello scienziato, le ambizioni e la grandezza scientifiche e la realtà umana talora povera, si ritrovano nella pièce *Farm Hall 45* di Giuseppe O. Longo, un'opera che già di per sé si riferisce a una vicenda piuttosto peculiare. Verso la fine della Seconda guerra mondiale un programma delle forze alleate, denominato *Operazione Epsilon*, portò alla cattura di 10 scienziati tedeschi che avevano lavorato al programma nucleare tedesco. Lo scopo era forse di scoprire quanto vicino alla costruzione di una bomba atomica fossero arrivati gli scienziati tedeschi. O di impedire che essi finissero nelle mani dei russi. I dieci scienziati, catturati tra il 1 maggio e il 30 giugno 1945, erano: Erich Bagge, Kurt Diebner, Walther Gerlach, Otto Hahn, Paul Harteck, Werner Heisenberg, Horst Korsching, Max von Laue, Carl F. von Weizsacker e Karl Wirtz. Essi furono internati nella tenuta di Farm Hall, vicino Cambridge in Inghilterra, in completo isolamento; l'unico contatto con il mondo esterno fu l'ascolto della radio e la lettura dei giornali. Alcuni di questi scienziati erano famosissimi come i premi Nobel per la fisica Heisenberg e von Laue, mentre a un terzo, Otto Hahn, il padre della bomba atomica, il premio Nobel per la chimica fu assegnato, ironia della sorte, proprio durante questo periodo di confinamento.

I dieci scienziati rimasero sequestrati per sei mesi e per tutto il periodo del confinamento, senza che lo sospettassero, le loro conversazioni furono registrate ed esaminate dalla Intelligence alleata. Le trascrizioni delle loro conversazioni sono state rese pubbliche nel 1992 suscitando un grande interesse. Fu durante questa permanenza che i fisici tedeschi seppero dello scoppio della bomba atomica su Hiroshima (prima dalla radio e poi dai giornali). A questa notizia, dopo la sorpresa e la constatazione di quanto gli scienziati americani fossero avanti nella fisica nucleare rispetto agli scienziati tedeschi, contrariamente alle loro convinzioni e certezze del contrario, seguirono sentimenti di orrore, riflessioni, constatazioni dei crimini nazisti e recriminazioni per il fallimento dei programmi scientifici tedeschi, oltre a riflessioni su problemi più generali dell'impatto sociale e politico della ricerca scientifica, dell'etica dello scienziato e dei suoi drammi personali.

Questa è la vicenda che l'opera di Longo racconta attraverso le conversazioni dei personaggi. L'atmosfera di clausura e la convinzione di poter parlare liberamente senza essere ascoltati dall'esterno mettono a nudo i caratteri, per altro assai diversi, dei personaggi. La notizia del lancio della bomba su Hiroshima da parte degli americani costituisce uno spartiacque tra la con-

vinzione della propria grandezza scientifica e la constatazione del proprio fallimento, a cui fa seguito una reinterpretazione, a proprio beneficio, degli avvenimenti per trovare una giustificazione ai propri comportamenti di fronte al mondo e per cercare di ricostruire un futuro nella ricerca e nella vita.

6.6 Le categorie di Italo Calvino e la chimica

Nelle sue *Lezioni americane* (o *Sei proposte per il nuovo millennio*) Italo Calvino si propone di discutere i valori, le qualità e le specificità della letteratura, caratteristiche che consentono di esprimere quello di cui solo la letteratura è capace (Calvino, 2004). Tra queste caratteristiche Calvino identifica:

- Leggerezza
- Rapidità
- Esattezza
- Visibilità
- Molteplicità

Calvino ha sempre mostrato un grande interesse per la scienza (DeMartini, 1986, 1989; Bresciani, 1993), come abbiamo ampiamente già visto, e, nella prefazione alle *Lezioni americane*, egli definisce la letteratura come un processo conoscitivo, una definizione che possiamo ugualmente usare per la scienza. Nella discussione delle caratteristiche della letteratura il richiamo alla scienza è ricorrente. Nell'analisi della prima delle categorie (*La leggerezza*) prima dice:

Ma se la letteratura non basta ad assicurarmi che non sto inseguendo solo dei sogni, cerco nella scienza alimento per le mie visioni in cui ogni pesantezza viene dissolta. [...] Ogni ramo della scienza sembra che ci voglia dimostrare che il mondo si regge su entità sottilissime come i messaggi del DNA, gli impulsi dei neuroni, i quarks, i neutrini vaganti nello spazio dall'inizio dei tempi.

Poi troviamo:

Chimica e letteratura

Possiamo dire che due vocazioni opposte si contendono il campo della letteratura [...]: l'una tende a fare del linguaggio un elemento senza peso [...] come un campo di impulsi magnetici.

Ed ancora:

Cavalcanti dissolve la concretezza della esperienza tangibile in versi dal ritmo scandito, sillabato, come se il pensiero si staccasse dall'oscurità in rapide scariche elettriche.

Ed infine:

Cyrano figura soprattutto per il modo in cui, prima di Newton, egli ha sentito il problema della gravitazione universale, o meglio, è il problema di sottrarsi alla forza di gravità che stimola talmente la sua fantasia da fargli inventare tutta una serie di sistemi per salire sulla luna.

Ci sembra quindi interessante concludere questa narrazione degli intrecci tra chimica e letteratura chiedendoci se le categorie letterarie di Calvino trovino una corrispondenza nel mondo della chimica.

6.6.1 Leggerezza

L'attenzione di Calvino è sull'opposizione tra peso e leggerezza, due categorie entrambe supportate da valide ragioni, anche se Calvino dice di prediligere la seconda, sostenendo di avere più cose da dire per questa. Calvino va alla ricerca nella letteratura di espressioni della leggerezza conformi alla sua idea di questa categoria e ne trova la più antica esemplificazione nel *De rerum natura* di Lucrezio, l'archetipo della cosmogonia e del canto della struttura del mondo materiale. La leggerezza del poema consiste non tanto, o non solo, nel ridurre la complessità della natura a particelle atomiche reali ma invisibili:

E affinché tuttavia dei miei detti non dubiti
per il fatto che gli atomi sfuggono agli occhi,
apprendi che esistono corpi oltre gli atomi
che nemmeno si possono vedere e dei quali
devi tu stesso ammettere l'esser

ma anche nel fatto che il vuoto, l'entità più eterea possibile, è altrettanto essenziale per l'incessante movimento degli atomi per andare a costituire gli oggetti materiali.

In un diverso scenario dell'atomismo, nella moderna teoria atomica della chimica, il concetto di leggerezza si ripete e si approfondisce. Gli atomi indivisibili e incorruttibili dell'atomismo greco sono a loro volta sistemi composti con una struttura interna costituita da protoni e neutroni in un nucleo centrale ed elettroni che ruotano intorno. Oggi conosciamo la dimensione degli atomi ($\approx 10^{-10} m$, cioè circa un decimo di un miliardesimo di metro) e anche il loro peso (ad esempio un grammo di idrogeno, il più leggero degli atomi, contiene più di un milione di miliardi di miliardi di atomi). La aggregazione degli atomi e le proprietà delle sostanze dipendono dal moto e dalla struttura degli elettroni intorno ai nuclei atomici, e cioè da particelle elementari ancora più leggere degli atomi: un elettrone è circa 2000 volte più leggero dell'atomo di idrogeno, il più leggero degli atomi.

Oggi che, grazie ai moderni metodi di indagine scientifica, conosciamo molte cose degli atomi e delle particelle costituenti, le particelle elementari ci appaiono ancora più eteree che nella filosofia della natura di Democrito e Lucrezio. Consideriamo la più semplice delle molecole, la molecola di idrogeno costituita da due atomi di idrogeno legati tra loro, H_2 . I nostri strumenti di rappresentazione grafica sono inadeguati e possiamo, semplificando, dire che le forze che tengono legati i due atomi sono interazioni elettriche in cui i due elettroni, carichi negativamente, tengono insieme i due nuclei carichi positivamente, come rappresentato nella Figura 6.26.

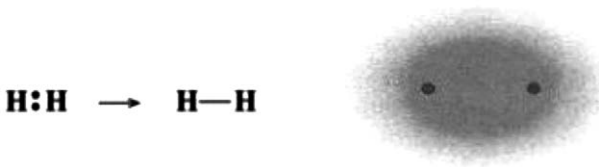


Figura 6.26: Rappresentazione del legame nella molecola di idrogeno (a sinistra) e della nuvola elettronica secondo la meccanica quantistica (a destra).

Nella Figura gli H indicano i nuclei di idrogeno, i punti rappresentano gli elettroni e il tratto orizzontale è una rappresentazione alternativa di una coppia di elettroni. Ma questa parte della figura (a sinistra) è una immagine statica che rivela solo la povertà dei tradizionali metodi di rappresentazione grafica. Gli elettroni, che pure sono le particelle che determinano la struttura e la stabilità della molecola, sono oggetti sfuggenti. Se cercassimo di determinare sperimentalmente la loro posizione rispetto ai nuclei troveremmo risultati sempre diversi: secondo la meccanica quantistica gli elettroni ci appaiono diffusi in una zona intorno ai nuclei definita nella parte destra della Figura 6.26, dove i punti rappresentano i nuclei carichi positivamente e gli elettroni sono rappresentati come una nuvola di carica negativa. Non solo gli elettroni sono particelle estremamente leggere ma sono quasi evanescenti, secondo in nostro comune modo di pensare. Gli atomi e gli elettroni sono in continuo movimento, come già descritto da Lucrezio:

Nel profondo spazio quiete non c'è che tu pensi
meravigliosa: ma un perenne
disguido di atomi che sfaldano il vuoto
e in lunghi rimbalzi si lanciano.
Lentamente alcuni vanno in disciolte correnti
... ; altri
turbati da urti più rapidi a gruppi
di enormi figure si attraggono ...
...
altri vagando in solitarie contese
tentano forme indecise.

Ma la loro velocità ci impedisce di dire esattamente dove essi sono eventualmente localizzati. Leggerezza e ambiguità o evanescenza sono proprietà intrinseche delle particelle costitutive della materia secondo la teoria atomica della chimica.

La manifestazione più palese della leggerezza e della semplicità nella chimica la troviamo nella tavola periodica degli elementi, di cui abbiamo già parlato diffusamente in precedenza, che porta il nome di Dimitrij Mendeleev (1834-1907), il chimico russo che per primo ne dette una formulazione precisa nel 1869, anticipando di poco Julius Lothart Meyer (1830-1895). A quei tempi il numero di elementi chimici noti era di 63. E già in precedenza

erano state scoperte analogie di comportamento fisico e chimico in terne di elementi, come nelle triadi di Dobereiner, mostrate nella Tabella 6.2, che sono terne di elementi che hanno comportamento chimico simile e che nella moderna tabella appartengono allo stesso gruppo. Nelle triadi di Dobereiner il peso atomico dell'elemento intermedio è uguale alla media dei pesi atomici del primo e del terzo elemento.

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Li</i> | <i>Ca</i> | <i>P</i> | <i>S</i> | <i>Cl</i> |
| <i>Na</i> | <i>Sr</i> | <i>As</i> | <i>Se</i> | <i>Br</i> |
| <i>K</i> | <i>Ba</i> | <i>Sb</i> | <i>Te</i> | <i>I</i> |

Tabella 6.2: Le triadi di Dobereiner.

Nella stessa maniera, ricorrenze e analogie ripetitive di comportamenti fisici e chimici erano state riscontrate negli elementi chimici nelle cosiddette *ottave* di Newlands, uno schema di ordinamento mostrato nella Tabella 6.3. Scorrendo da sinistra a destra e da una riga alla successiva in basso, le proprietà chimiche e fisiche si ripetono nell'ottavo elemento. Ad esempio, partendo dal magnesio, Mg nella seconda riga, troviamo proprietà simili nel calcio, Ca. Tuttavia, il richiamo alle ottave musicali aveva suscitato perplessità nella comunità dei chimici.

| | | | | | | |
|---------------|-----------|--------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <i>H</i> | <i>Li</i> | <i>Be</i> | <i>B</i> | <i>C</i> | <i>N</i> | <i>O</i> |
| <i>F</i> | <i>Na</i> | <i>Mg</i> | <i>Al</i> | <i>Si</i> | <i>P</i> | <i>S</i> |
| <i>Cl</i> | <i>K</i> | <i>Ca</i> | <i>Cr</i> | <i>Ti</i> | <i>Mn</i> | <i>Fe</i> |
| <i>Co, Ni</i> | <i>Cu</i> | <i>Zn</i> | <i>Y</i> | <i>In</i> | <i>As</i> | <i>Se</i> |
| <i>Br</i> | <i>Rb</i> | <i>Sr</i> | <i>Ce, La</i> | <i>Zr</i> | <i>Di, Mo</i> | <i>Ro, Ru</i> |
| <i>Pd</i> | <i>Ag</i> | <i>Cd</i> | <i>U</i> | <i>Sn</i> | <i>Sb</i> | <i>Te</i> |
| <i>I</i> | <i>Cs</i> | <i>Ba, V</i> | <i>Ta</i> | <i>W</i> | <i>Nb</i> | <i>Au</i> |
| <i>Pt, Ir</i> | <i>As</i> | <i>Hg</i> | <i>Tl</i> | <i>Pb</i> | <i>Bi</i> | <i>Th</i> |

Tabella 6.3: Gli elementi della tavola periodica ordinati secondo le ottave di Newlands.

Solo con Mendeleev la ripetitività delle proprietà degli elementi cessò di essere un espediente classificatorio per essere interpretata come frammen-

to di una legge periodica più generale. Sulla base delle proprietà fisiche e chimiche, direttamente osservabili in laboratorio, Mendeleev riuscì a ordinare l'universo della materia in un sistema periodico, prendendo come base il peso atomico degli elementi ma rendendosi allo stesso tempo conto della necessità di una ridefinizione di alcuni pesi atomici allora noti per obbedire alla logica della periodicità. Questa stessa logica aveva indotto Mendeleev ad ammettere che nella successione periodica degli elementi era necessario lasciare dei posti vuoti per elementi ancora sconosciuti di cui, in base alla legge periodica, aveva previsto le proprietà. Dopo alcuni anni questi nuovi elementi furono effettivamente scoperti sperimentalmente constatando che avevano le proprietà previste e dimostrando il formidabile potere euristico della legge periodica. In seguito, quando un nuovo gruppo di elementi chimici, i gas rari, fu scoperto, questi elementi poterono in modo naturale essere inseriti nella tavola periodica come un nuovo gruppo. La tavola periodica, partita come tentativo di ordinamento degli elementi, si trasforma in una legge della natura grazie a uno straordinario concorso di osservazioni sperimentali, geniali intuizioni e convinzione metodologica di Mendeleev:

È funzione della scienza quella di scoprire l'esistenza di un regno di ordine generale nella natura e di trovare le cause che disciplinano questo ordine. E questo si riferisce in misura uguale alle relazioni dell'uomo – in campo sociale e politico – e all'intero universo nel suo insieme.

La tavola periodica originaria di Mendeleev è mostrata nella Figura 6.27. Si può notare che righe e colonne sono invertite rispetto all'ordinamento tradizionale odierno.

| | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|------------|-----------|----------|----------|------------|--|---|
| 1 | H = 1 | | | | | | | | |
| 2 | Li = 7 | Be = 9, 4 | B = 11 | C = 12 | N = 14 | O = 16 | F = 19 | | |
| 3 | Na = 23 | Mg = 24 | Al = 27, 3 | Si = 28 | P = 31 | S = 32 | Cl = 35, 5 | | |
| 4 | K = 39 | Ca = 40 | — = 44 | Ti = 48 | V = 51 | Cr = 52 | Mn = 55 | Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63. | |
| 5 | (Cu = 53) | Zn = 65 | — = 68 | — = 72 | As = 75 | Se = 78 | Br = 80 | | |
| 6 | Rb = 85 | S = 87 | ?Yt = 88 | Zr = 90 | Nb = 94 | Mo = 96 | — = 100 | Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108 | |
| 7 | (Ag = 108) | Cd = 112 | In = 113 | Sn = 118 | Sb = 122 | Te = 125 | J = 127 | | |
| 8 | Cs = 133 | Ba = 137 | ?Di = 138 | ?Ce = 140 | — | — | — | — | — |
| 9 | (—) | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | — | — | ?Er = 178 | ?La = 180 | Ta = 182 | W = 184 | — | Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199. | |
| 11 | (Au = 198) | Hg = 200 | Tl = 204 | Pb = 207 | Bi = 208 | — | — | — | — |
| 12 | — | — | — | Th = 231 | — | U = 240 | — | — | — |

Figura 6.27: La originaria tavola periodica di Mendeleev.

La tavola periodica è stata rappresentata anche in moltissime altre strutture grafiche, anche se queste rappresentazioni non sono mai entrate nell'uso comune. Alcune altre forme della tavola periodica sono mostrate nella 6.28.

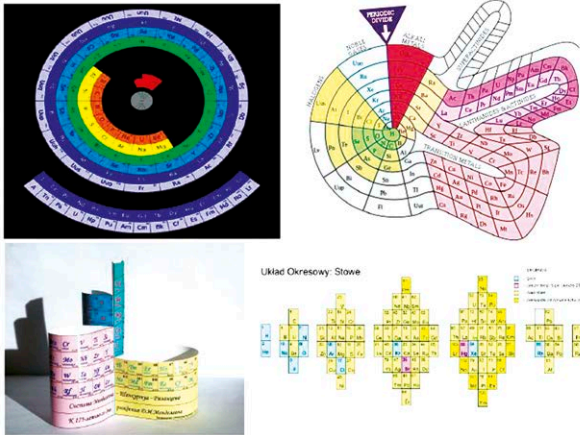


Figura 6.28: Rappresentazioni alternative della tavola periodica degli elementi.

La grandezza e la genialità delle intuizioni di Mendeleev sono state, se possibile, amplificate dalle successive scoperte della meccanica quantistica che hanno mostrato che l'ordinamento degli elementi nella tavola periodica è determinato dal numero degli elettroni negli atomi (o dalla carica positiva del nucleo e dal numero di protoni): Mendeleev, come un sognatore visionario, ha anticipato di 50 anni altri risultati scientifici legati a una struttura interna degli atomi che ai suoi tempi era del tutto sconosciuta. La genialità di Mendeleev giustifica le leggende che si sono create riguardo alla sua scoperta e che sono state avvalorate dallo stesso scienziato. Si racconta che nella notte del 16 febbraio 1869 Mendeleev abbia fatto un sogno durante il quale gli elementi chimici gli sono apparsi in sogno ordinati nella tavola periodica: al mattino, svegliatosi, si sarebbe messo al tavolo per trascrivere su carta l'oggetto del sogno. La rivelazione nel sogno è motivo ricorrente in tutta la storia dell'uomo ma è più frequentemente associata con le intuizioni degli artisti: la leggenda della tavola periodica ci vuole mostrare che l'intuizione, l'

eureka, non fa distinzione tra arte e scienza, anche se la realtà della scoperta scientifica è assai più complessa (Johnson, 2011). Un'altra leggenda racconta che Mendeleev aveva predisposto una tavola, una scheda per ognuno degli elementi chimici noti, e che si era messo a lavorare su queste schede come in un solitario con le carte riuscendo a ordinarle infine nella struttura della tavola periodica.

Leggerezza e pesantezza si alternano e si scambiano scorrendo lungo le righe e le colonne della tavola periodica, magari manifestandosi nello stesso elemento. L'idrogeno, il primo elemento costituito da un protone e da un elettrone, è il più semplice e il più leggero degli elementi ma è anche il costituente principale dell'universo e l'origine di tutti gli altri elementi attraverso la fusione nucleare che avviene nel sole e nelle stelle (Levi, 1988):

[...] era proprio idrogeno, dunque: lo stesso che brucerà nel sole e nelle stelle, e dalla cui condensazione si formano in eterno silenzio gli Universi.

Ma poi c'è l'idrogeno pesante, il deuterio D, con un nucleo costituito da un protone e un neutrone. L'acqua pesante, D_2O , in cui l'idrogeno è sostituito dal deuterio, viene usata negli impianti nucleari per rallentare i neutroni e controllare la velocità delle reazioni nucleari.

All'estrema destra della tavola periodica, nell'ultima colonna, troviamo i gas nobili, elio (He), neon (Ne), argo (Ar), Kripto (Kr), Xenon (Xe), certamente leggeri perché sono dei gas ma chimicamente leggeri soprattutto perché non vogliono combinarsi con gli altri elementi a formare composti.

Abbiamo visto in precedenza come Cornelia Parker da un chiodo di piombo abbia costruito una rete di fili sottilissimi del metallo per rappresentare questo elemento dando una inaspettata idea di leggerezza. Ma il piombo è il portatore per eccellenza dell'idea di pesantezza, anche nel linguaggio comune, e la sua pesantezza è stata decantata da Primo Levi (Levi, 1988):

[...] il piombo è proprio il metallo della morte: perché fa morire, perché il suo peso è un desiderio di cadere, e cadere è dei cadaveri, perché il suo stesso colore è smorto-morto [...] una materia diversa da tutte le altre materie, un metallo che senti stanco, forse stanco di trasformarsi e che non si vuole più trasformare: la cenere di chissà quali altri elementi pieni di vita, che mille e mille anni fa si sono bruciati al loro stesso fuoco.

Troviamo l'alternanza tra leggerezza e pesantezza anche nel mercurio, il metallo liquido, l'argento vivo, il vettore per eccellenza degli alchimisti, che forma minutissime gocce che si spandono sfuggenti su un piano se non le forziamo ad aggregarsi; ma il mercurio è d'altra parte pesantissimo (Levi, 1988):

[...] era una materia fredda e viva, che si muoveva in piccole onde come irritate e frenetiche [...] sembrava che dentro ci si dimenasse un animale vivo [...] ci galleggiano anche i sassi e perfino il piombo.

Aldersey (Aldersey-Williams, 2011) racconta la storia dell'isolamento e della purificazione del platino da parte di Chabeneau: quando finalmente riuscì nella purificazione del metallo, Chabeneau ne preparò un cubo di dieci centimetri di lato che lasciò sulla scrivania del marchese suo mecenate. Quando il marchese provò a sollevare il cubo (che pesava ben 23 chilogrammi) pensò che Chabeneau per scherzo lo avesse incollato sul tavolo. Per la sua pesantezza e per l'incorruttibilità la lega platino-iridio è stata scelta per preparare i campioni standard del chilogrammo e del metro. In netto contrasto, nell'immaginifico linguaggio popolare, la dizione *bionda platino* attribuita alle dive di Hollywood di una volta suscitava piuttosto una idea di chiome soffici e leggere.

Una idea di leggerezza/pesantezza possiamo associare agli stati metastabili della materia e delle reazioni chimiche, come viene descritto da Primo Levi nel racconto *Stabile/metastabile* (Levi, 1985)). I sistemi metastabili sono sistemi che non sono in equilibrio da un punto di vista energetico e permangono in questo stato di precarietà anche per tempi molto lunghi. In questo stato possiamo riconoscere un carattere di pesantezza e di inerzia, c'è qualcosa che ostacola la trasformazione facendo permanere uno status quo precario. D'altra parte, a volte, basta un evento minimo, apparentemente leggero e insignificante, per far precipitare la situazione e innescare una rapida trasformazione. Questo è, ad esempio, il caso di una zona di acqua sovraraffreddata, al di sotto del punto di congelamento di zero gradi, che rimane in uno stato metastabile liquido finché un sassolino lanciato dentro improvvisamente produce la solidificazione in ghiaccio. Primo Levi trova nello stato metastabile una analogia con la condizione dell'uomo moderno che vive in un mondo di apparente totale stabilità in cui, in realtà, potenziali spaventose energie sono in una quiete instabile e illusoria.

Ma un'altra manifestazione della leggerezza troviamo nelle leggi fondamentali della chimica. A fronte della complessità che troviamo nel comportamento dei gas, quale si manifesta nei fenomeni atmosferici o nelle improvvise esplosioni, la legge dei gas di Boyle e Mariotte, che regola la pressione e il volume di una massa di gas a una temperatura definita, è di estrema semplicità:

$$PV = k \quad (6.1)$$

Nell'equazione P è la pressione del gas, V è il volume del gas e k è una costante indipendente dal tipo di gas e che dipende solo dalla temperatura e, ovviamente, dalla quantità di gas. Certamente questa è una legge limite che si applica solo in condizioni di pressione non troppo alte, ma la sua semplicità e l'indipendenza dalla natura molecolare del gas sono straordinarie.

La leggerezza di questa legge, che come abbiamo detto è una legge limite per i gas, ci appare in modo ancora più spettacolare considerando che un'analogia legge si può applicare anche in altri contesti e, ad esempio, allo studio della pressione osmotica che si esercita nelle soluzioni. Consideriamo una soluzione, ad esempio in acqua, di una sostanza in concentrazione C e consideriamo che una membrana semipermeabile, cioè una membrana che può essere attraversata solo dal solvente ma non dal soluto, separi il solvente puro dalla soluzione come mostrato nella Figura 6.29. All'interno della soluzione possiamo pensare che si eserciti una pressione osmotica π data, ad una temperatura fissa, da:

$$\pi V = kC \quad (6.2)$$

Il solvente passerà dalla soluzione più diluita (il solvente puro in questo caso) alla soluzione più concentrata finché il dislivello creato, e la conseguente pressione idrostatica, bilancerà la differenza delle pressioni osmotiche nei due compartimenti. Quello che si vuole mettere in evidenza in questo caso è la semplicità della due leggi (rispettivamente di Boyle e Mariotte e di van't Hoff) che si possono applicare in situazioni tanto diverse (La quantità di gas, equivalente della concentrazione, non è stata esplicitamente inserita nella prima equazione).

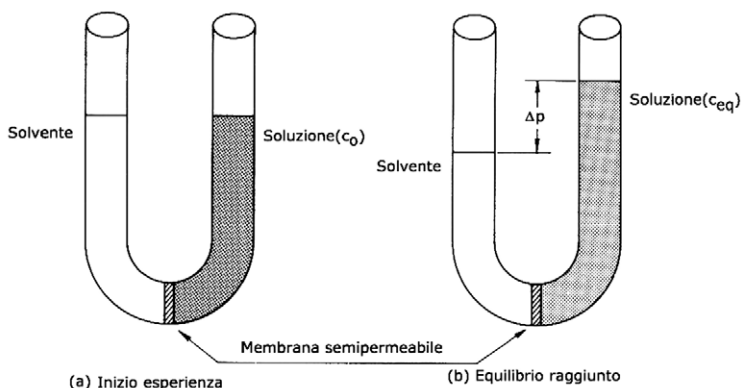


Figura 6.29: Flusso del solvente puro attraverso la membrana semipermeabile per bilanciare le pressioni osmotiche. A sinistra il solvente puro e la soluzione all'inizio dell'esperienza. A destra dopo che il solvente è passato attraverso la membrana finché il dislivello prodotto non bilancia la pressione osmotica.

6.6.2 Rapidità

Anche parlando di questa seconda categoria della letteratura l'analisi di Calvino si articola su un contrappunto nello sviluppo di un racconto tra un legame verbale, un legame narrativo, che è una costante, un filo conduttore permanente della narrazione e il ritmo del racconto, la rapida e talora imprevista o anche ingiustificata successione degli eventi, rapidità che suscita il fascino della sorpresa. Nella narrazione c'è un ritmo che viene scandito dalla felicità dell'espressione verbale che porta a una subitanea folgorazione degli avvenimenti e della loro successione. E, d'altra parte, c'è una ricerca lenta della parola giusta, della concatenazione dei suoni nell'ordine più adatto per produrre questi effetti. Anche in questa categoria, quindi, Calvino riconosce il gioco di due tendenze che continuamente si alternano, del termine che improvvisamente illumina la scena o evoca un avvenimento e di sospensioni ed esitazioni preparatorie, come le digressioni, che ci trasferiscono in un mondo neutro in attesa degli avvenimenti. Calvino vede in questo un'analogia con l'alternarsi dell'immaginazione, del ragionamento intuitivo, con il

ragionamento metodico e rigoroso, come possiamo incontrare anche nella scienza.

Rapidità e lentezza, o talora immutabilità, sono caratteristiche che incontriamo continuamente nella chimica. Gli stati metastabili, di cui abbiamo parlato nella sezione precedente, sono un caso di questa mistione tra immutabilità e rapidità. Abbiamo detto che uno stato metastabile può permanere per sempre, anche se non dovrebbe esserci in quelle condizioni di temperatura e pressione. Questo succede nel diamante che, nelle condizioni normali è instabile rispetto alla più vile grafite, ma la trasformazione di fatto non avviene. Nel linguaggio della chimica diciamo che c'è un ostacolo, una barriera di potenziale, che impedisce la trasformazione e lascia il sistema in sospenso. Se si riesce a superare la barriera che fa da ostacolo, abbiamo visto, la trasformazione può essere rapidissima.

Rapidità e lentezza sono costantemente in gioco nelle reazioni chimiche. Innanzi tutto la velocità di una reazione (che si misura in termini di variazione della concentrazione dei reagenti o dei prodotti per secondo) dipende dalle condizioni esterne. Ci sono reazioni molto lente. Ad esempio, idrogeno e ossigeno dovrebbero reagire tra loro (nel senso che questo sarebbe energeticamente favorevole) per formare acqua; ma se mescoliamo i due gas questo non avviene in condizioni normali. Ma se l'idrogeno viene assorbito da un metallo (platino, ferro) finemente suddiviso la reazione avviene molto rapidamente. Platino e ferro funzionano in questo caso da catalizzatori, hanno cioè la funzione di accelerare la reazione chimica. Potremmo dire allora che queste reazioni non sono né lente né veloci perché la velocità può essere modificata in molti modi. Al contrario ci sono reazioni che avvengono istantaneamente, come ad esempio le reazioni esplosive.

Ma consideriamo una semplice reazione di trasformazione di un reagente A in un prodotto B che rappresentiamo come:



È un processo per il quale in laboratorio possiamo misurare la velocità di reazione. La velocità di reazione è un dato di grande importanza sia da un punto di vista teorico che da un punto di vista pratico. Ma si tratta di un dato composito, nel senso che la trasformazione non avviene in generale in un solo passaggio ma in stadi successivi per cui, in via di ipotesi, prima A si trasforma in un intermedio C, che poi si trasforma a sua volta in un al-

tro intermedio D, il quale infine dà il prodotto finale B, secondo lo schema riportato di seguito dal quale vediamo che gli intermedi C e D prima si formano negli stadi intermedi e poi scompaiono prima che la reazione si sia completata:



Ogni stadio avrà una sua propria velocità di reazione¹². La velocità di reazione che misuriamo è una velocità complessiva, ma mentre alcuni stadi sono velocissimi, ce ne sarà uno che è più lento degli altri, ed è questo che, funzionando da collo di bottiglia, determina la velocità complessiva risultante. Nelle reazioni chimiche capita invariabilmente che ci siano stadi velocissimi, con tempi caratteristici di 1 nanosecondo (1 miliardesimo di secondo) o anche di un femtosecondo (un milionesimo di nanosecondo) che portano alla formazione di intermedi con tempi di vita brevissimi. Al contrario c'è uno stadio che avviene in tempi più lunghi (secondi, ore o giorni): è questo stadio che determina la velocità complessiva della reazione. Vediamo quindi che velocità e lentezza le ritroviamo invariabilmente a comporre il percorso complessivo di ogni reazione chimica.

Immutabilità e rapidità coesistono mirabilmente in tutti i fenomeni spettroscopici nei quali, ad esempio, la luce, la radiazione, attraversa il campione e alcuni colori (frequenze) specifici e caratteristici vengono assorbiti: la registrazione di quanto avviene e il confronto tra la radiazione che entra e quella che esce fornisce lo spettro di assorbimento, che in molti casi è come una impronta digitale della sostanza. Consideriamo il caso semplice di una molecola biatomica con un legame tra gli atomi A e B. Il legame ha un certa lunghezza normale, lunghezza di equilibrio, mostrata nella parte centrale della Figura 6.30. Gli atomi oscillano intorno alle loro posizioni, come se tra loro ci fosse una molla elastica, in modo che la lunghezza del legame alternativamente aumenta (a destra) e poi diminuisce (a sinistra).

¹²Bisogna tenere conto che in una reazione tra molecole con molti atomi possono esserci in generale vari legami che si devono rompere e nuovi legami che si devono formare. Si tratta di trasformazioni complesse che non possono verificarsi che con una successione di stadi successivi più semplici.



Figura 6.30: Moto oscillatorio di allungamento e accorciamento di un legame chimico.

Il periodo del movimento (il tempo in cui si compie una oscillazione completa) è tipicamente di una frazione di picosecondo (1 picosecondo è un millesimo di miliardesimo di secondo); la frequenza di oscillazione (quante volte il movimento completo si compie in un secondo) è fissa ed è caratteristica della molecola considerata, dipende cioè dagli atomi che la costituiscono e dalla forza del legame. Questa è la frequenza della radiazione che la sostanza è capace di assorbire e che noi registriamo nello spettro. Nella Figura 6.31 viene mostrato lo spettro infrarosso di assorbimento dell'acido cloridrico HCl (Schettino, 1975).

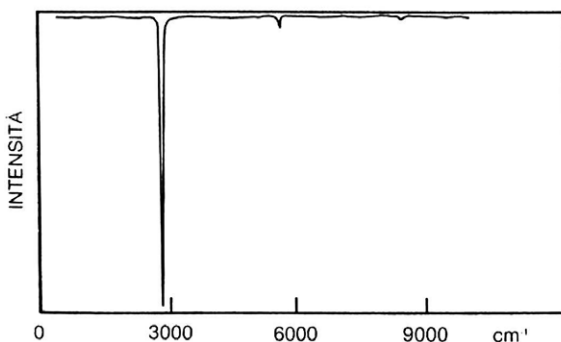


Figura 6.31: Spettro infrarosso schematizzato dell'acido cloridrico HCl. La banda a 2900 cm^{-1} è caratteristica della molecola. La scala in cm^{-1} riporta l'inverso della lunghezza d'onda proporzionale alla frequenza.

Ci troviamo quindi in una situazione in cui, mentre gli atomi si muovono con una velocità incredibilmente alta, la frequenza che noi misuriamo nello spettro è sempre la stessa, immutabile.

6.6.3 Esattezza

L'esattezza di cui ci parla Calvino si riferisce alla precisione del linguaggio della letteratura, necessaria per rendere anche i più minuti dettagli e le sfumature di pensieri e immagini. È questo il linguaggio poetico, altra cosa certamente che non il linguaggio comune, omologato e piatto. Anche in questo caso Calvino si confronta con una opposizione tra esattezza e indeterminatezza, trovando di quest'ultima una enunciazione nella poetica di Leopardi, per il quale il linguaggio poetico vuole essere vago e impreciso. Ma Calvino si rende conto che il vago presuppone una varietà, una incertezza, che nella frase vanno pure costruite con precisione per suscitare le emozioni desiderate. Di questo alternarsi, o forse confluire, nelle scelte formali della composizione letteraria di esattezza e indeterminatezza e del bisogno di un modello di riferimento geometrizzante e ordinato, Calvino trova analogie nelle scienze. Ad esempio, i problemi matematici privi di soluzioni generali ma passibili di soluzioni parziali, singole, che combinate approssimano la soluzione generale vivono di questo contrasto tra esattezza e indeterminatezza (approssimazione). Un'altra analogia troviamo nel concetto di entropia: nella deriva irreversibile verso il disordine totale possono emergere punti privilegiati che si organizzano in una forma, in un disegno definiti. Calvino vede l'esattezza nella composizione letteraria come un tentativo, un esperimento del mettere insieme le parole, i suoni, per afferrare l'essenza delle cose rappresentate, un processo che avviene per approssimazioni successive, quasi una battaglia con il linguaggio. Non è difficile vedere in questo un'analogia con la sperimentazione dello scienziato nel laboratorio, dove bisogna mettere insieme i risultati di esperimenti successivi, propri e di altri, esperimenti anche di diversa natura, per ricomporre un quadro di insieme in un modello o in una teoria.

Vediamo quindi che, forse in nessuna altra categoria di Calvino come in questa, la prossimità con l'universo della scienza sembra del tutto evidente. Nel mondo specifico della chimica, i cristalli sono, come abbiamo già avuto modo di vedere, l'esempio della perfezione e della regolarità. L'ordine esatto con cui gli atomi e le molecole si dispongono nel reticolo cristallino, in una unità fondamentale che si ripete per occupare tutto lo spazio senza lasciare vuoti, si riflette nell'ordine geometrico esteriore macroscopico. Tutte le infinite sostanze solide dell'universo cristallizzano in uno dei sette sistemi cristallini (cubico, esagonale, tetragonale, trigonale, ortorombico, monoclino-

no, triclinico) le cui strutture fondamentali, le celle elementari, sono mostrate nella Figura 6.32. Le stesse strutture si ripetono per tutte le categorie di composti.

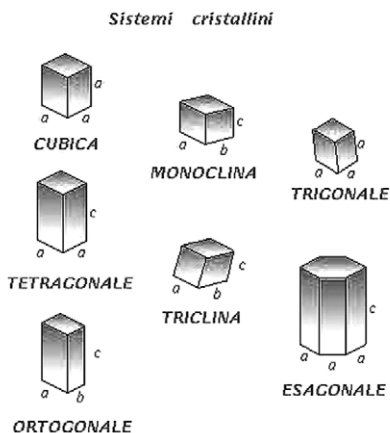


Figura 6.32: Forma delle celle elementari dei sette sistemi cristallini.

Ma l'esattezza della geometria microscopica e macroscopica delle strutture cristalline è solo una approssimazione limite: impurezze, difetti, irregolarità nella disposizione degli atomi sono sempre in agguato, sia pure in concentrazioni minime. Tuttavia, queste imperfezioni, indeterminatezze nel linguaggio di Calvino, hanno la loro rivincita perché spesso sono fondamentali nel determinare le proprietà fisiche e chimiche dei cristalli. Il diamante, che come abbiamo visto è costituito da carbonio, è perfettamente trasparente quando è puro. La presenza di impurezze di azoto produce un colore giallo, impurezze di boro un colore blu, impurezze di idrogeno un colore rosso. L'esposizione a sorgenti radioattive crea difetti che danno luogo ad una colorazione verde.

Le impurezze giocano un ruolo fondamentale nel determinare le proprietà elettriche dei semiconduttori (ad esempio silicio e germanio). Ma il ruolo di esattezza e disordine è fondamentale anche nel processo di crescita dei cristalli. Per generare la giusta sovrapposizione degli atomi nel cristal-

lo sono richiesti tempi lunghi e quindi la crescita di cristalli perfetti avviene lentamente. Se si cerca di accelerare la crescita del cristallo, ad esempio con una più rapida evaporazione del solvente, si può avere la formazione di masse macroscopicamente informi, nelle quali la presenza di strutture geometriche regolari, microcristalli, si può rivelare solo al microscopio.

6.6.4 Visibilità

La categoria della visibilità è la più difficile da discutere nel contesto del nostro discorso. Tra quelle discusse è l'unica per la quale Calvino non trova il contrappeso di un contrario. Calvino si riferisce alla immagine fisica, o più spesso alla immagine oltre la realtà oggettiva, che presiede al lavoro del poeta e dello scrittore e che è contemporanea o precede l'elaborazione e l'immaginazione verbale. C'è sempre un gioco possibile di reciprocità tra la parola, la frase che può suscitare un'immagine visiva, e un'immagine che si trasfonde nella espressione verbale. Una questione che Calvino analizza riguarda l'origine dell'immagine o, meglio, del repertorio, del serbatoio di immagini potenziali, reali o mai esistite concretamente, a cui il poeta e lo scrittore possono attingere. L'origine è forse sempre trascendente, se non altro come stratificazione di molteplici esperienze individuali o collettive. La convinzione di Calvino è che, comunque, l'immaginazione sia uno strumento di conoscenza e che, come tale, conviva con la conoscenza scientifica. Nelle sue *Cosmicomiche* (Calvino, 1965) le immagini all'origine del racconto sono derivate dal linguaggio della scienza.

La chimica, come abbiamo già visto, è fonte inesaribile di metafore, allusioni, immagini, molte delle quali sono ormai radicate nell'immaginario popolare. Nella Appendice sono riportati locuzioni e modi di dire dell'alchimia e della chimica di oggi. Si tratta solo di una piccola selezione di espressioni, tratte principalmente dal *Dizionario Mito-Ermetico* di Dom Pernety (Pernety, 1983) e da un analogo dizionario alchemico e di chimica farmaceutica antiquaria di M. Fumagalli (Fumagalli, 2000). Il contenuto dell'Appendice può apparire come una semplice curiosità, ma in realtà esso è rivelatore del livello al quale l'immaginazione ha permeato il modo di esprimersi degli alchimisti o filosofi ermetici e di come questa tradizione non si sia del tutto perduta con la transizione verso la chimica come scienza moderna.

L'immagine svolge un ruolo molto importante nella chimica. Abbiamo

già parlato delle immagini apparse in sogno a Mendeleev e a Kekulé che, secondo la leggenda, sarebbero state, rispettivamente, alla base della scoperta della tavola periodica e della struttura molecolare del benzene. In questi casi abbiamo una quasi perfetta analogia con la transizione descritta da Calvino dall'immagine all'elaborazione di un'espressione verbale tra le tante possibili. Ricordo che un ignoto revisore (*peer reviewer*) recensendo un articolo scrisse che il lavoro non sembrava accettabile perché c'erano troppo poche immagini per essere un vero lavoro di chimica. Non si può essere d'accordo con una affermazione così singolare, ma la cosa dimostra, sia pure in modo inconsueto, quanto le immagini possano essere importanti nel lavoro del chimico.

Allargando il discorso, le immagini nella chimica rispondono all'esigenza di rappresentare il mondo dell'infinitamente piccolo. Il loro valore non è solo quello di chiarire graficamente trattazioni che hanno anche notevoli complessità concettuali, ma le immagini hanno acquistato un valore euristico importante. Abbiamo riportato in precedenza in questo volume numerose immagini di strutture molecolari, semplici o complesse, che sono strutture geometriche con una loro intrinseca armonia e bellezza. Non possiamo vedere gli atomi invisibili con i nostri sensi ma ci sono strumenti sempre più sofisticati che cercano di penetrare nell'universo microscopico. Nel mondo degli atomi ci sono altri segnali nascosti, che altri occhi possono rivelare per raccontarci la storia degli atomi e svelarci tutte le proprietà degli atomi e delle molecole. Sono gli occhi delle tecniche spettroscopiche, della diffrazione dei raggi X, della cromatografia, dell'elettrochimica che agiscono come sonde che non possono farci vedere gli atomi ma, come prolungamento dei nostri sensi, ci dicono tutto di loro. Su un altro versante, lo sviluppo di supercalcolatori sempre più potenti ci permette di fare modelli, simulazioni che penetrano nella dinamica degli atomi e delle molecole.

6.6.5 Molteplicità

La molteplicità di cui ci parla Calvino è la complessità dell'universo esteriore e interiore che la letteratura vuole rappresentare. La letteratura, secondo Calvino, dovrebbe tendere verso una forma enciclopedica aperta per offrirci come metodo completo di conoscenza e rivelare tutta la rete di connessioni possibili:

Da qualsiasi punto di partenza il discorso s'allarga a comprendere orizzonti sempre più vasti, e se potesse continuare a svilupparsi in ogni direzione arriverebbe ad abbracciare l'universo intero.

È un progetto ambizioso per la letteratura ma Calvino afferma che la letteratura vive e continua ad avere una missione solo ponendosi obiettivi smisurati, anche al di là delle apparenti possibilità di realizzazione. La conoscenza che perseguiamo nella letteratura si articola da un lato attraverso l'esattezza, la precisione della descrizione dei fatti, delle cose, dei sentimenti e dall'altro attraverso una tendenza verso la variabilità, la digressione, la fuga verso la molteplicità. Lo scrittore non solo scopre e descrive ma ha un ruolo attivo e le sue scelte informano la realtà descritta, selezionata entro una molteplicità di realtà possibili o virtuali. Calvino fa un interessante parallelo tra il ruolo dello scrittore e quello dello scienziato:

Prima ancora che la scienza avesse ufficialmente riconosciuto il principio che l'osservazione interviene a modificare in qualche modo il fenomeno osservato, Gadda sapeva che conoscere è inserire qualcosa nel reale, e, quindi, deformare il reale.

La complessità è la regola in tutta la pratica della chimica e con essa ci si confronta e ci si scontra continuamente. Il termine stesso *molteplicità* entra con un significato tecnico preciso nella definizione della struttura elettronica degli atomi e delle molecole. Gli elettroni che ruotano intorno all'atomo si trovano in stati di energia definiti (orbitali). Gli elettroni, a loro volta, possono essere in due diversi stati di spin: in termini elementari lo spin indica la rotazione dell'elettrone intorno a un suo asse in senso orario o antiorario. Indichiamo graficamente le due direzioni di rotazione (i due spin) con una freccia verso l'alto o verso il basso, rispettivamente. In un certo stato di energia possono trovarsi al più due elettroni, con spin opposto. Con questi semplici criteri, e considerando la cosa da un punto di vista puramente topologico, in tre orbitali della stessa energia, rappresentati come caselle, possiamo disporre tre elettroni in venti modi distinti come indicato nella Figura 6.33. Diciamo allora che la molteplicità dello stato elettronico complessivo è di 20. Le venti configurazioni possono poi essere suddivise in vari sottoinsiemi.

| | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|
| ↑ | ↑ | ↑ | ↓↑ | ↓ | |
| ↑ | ↑ | ↓ | ↓↑ | | ↓ |
| ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↓↑ | |
| ↑ | ↓ | ↓ | | ↓↑ | ↑ |
| ↓ | ↑ | ↑ | ↓ | ↓↑ | |
| ↓ | ↑ | ↓ | | ↓↑ | ↓ |
| ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | | ↓↑ |
| ↓ | ↓ | ↓ | | ↑ | ↓↑ |
| ↓↑ | ↑ | | ↓ | | ↓↑ |
| ↓↑ | | ↑ | | ↓ | ↓↑ |

Figura 6.33: Molteplicità della configurazione di tre elettroni in tre orbitali aventi la stessa energia.

Quando un granello di sale da cucina (cloruro di sodio, NaCl) finisce sulla fiamma del gas, la fiamma si colora di un bel giallo: è il sodio che ad alta temperatura emette una radiazione gialla. Se si osserva accuratamente questa riga del sodio si vede che in realtà si tratta di una riga doppia: ci sono due righe di colore giallo leggermente diverse tra loro. Lo sdoppiamento di questa riga è dovuto appunto alla molteplicità della configurazione elettronica nel sodio.

Abbiamo già definito i cristalli come sistemi geometricamente perfetti, ma c'è una molteplicità anche per i cristalli. Infatti cambiando le condizioni di temperatura e pressione in cui i cristalli si formano, lo stesso sistema chimico può cristallizzare in strutture cristalline diverse. Il fenomeno viene detto polimorfismo. Un esempio di polimorfismo lo troviamo nel carbonato di calcio, $CaCO_3$, che può cristallizzare in una struttura trigonale (*calcite*) o in una struttura ortorombica (*aragonite*); cristalli di calcite e di aragonite sono mostrati nella Figura 6.34.

Ma la situazione è anche più complessa perché, ad esempio, nel caso della calcite abbiamo centinaia di forme esterne diverse dei cristalli a seconda della direzione preferenziale di crescita dei cristalli, determinata dalle condizioni esterne, inclusa la velocità di crescita. Il caso più straordinario di

polimorfismo si ha per il carbonio e per le forme di diamante e di grafite, le cui strutture sono mostrate nella Figura 6.35.



Figura 6.34: Cristalli trigonali di calcite (a sinistra) e cristalli ortorombici di aragonite (a destra).

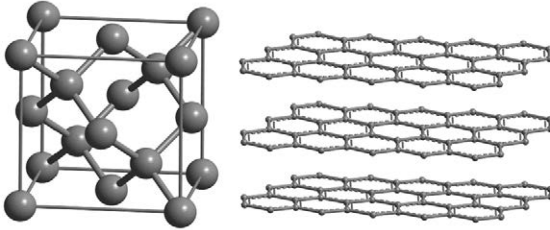


Figura 6.35: Struttura cristallina del diamante (a sinistra) e della grafite (a destra). È mostrato l'impacchettamento degli atomi di carbonio nelle due strutture.

Il caso del carbonio (del diamante e della grafite) illustra quanto possano essere diverse le proprietà di strutture cristalline alternative dello stesso materiale. Nonostante la semplicità della struttura molecolare, l'acqua è uno straordinario caso di polimorfismo. Cambiando le condizioni di temperatu-

ra e di pressione sono state identificate più di dieci diverse strutture cristalline. Il polimorfismo è di particolare importanza anche nel caso di prodotti di interesse farmaceutico: a seconda della struttura cristallina la biodisponibilità del farmaco (solubilità, lavorabilità, possibilità di assorbimento) cambia per cui si pone il problema, in caso di polimorfismo, di stabilizzare la forma cristallina più utile.

La molteplicità è dappertutto nella tavola periodica degli elementi e nelle molecole, anche quelle più semplici. L'ossigeno è l'elemento essenziale per la vita: pensiamo semplicemente all'espressione preoccupata *mi manca l'ossigeno*. Eppure, in altri contesti, l'ossigeno è elemento deleterio o distruttore, come negli incendi oppure nei processi di corrosione del ferro e dei metalli. Normalmente l'ossigeno elementare è nella forma di molecola biatomica, O_2 , ma esiste anche come molecola triatomica, O_3 , ozono. L'ozono è una molecola buona quando negli strati alti dell'atmosfera assorbe le radiazioni ultraviolette che sarebbero deleterie per gli organismi viventi. Ma la stessa molecola è molto meno buona quando la troviamo al livello del mare ed è un segnale di inquinamento.

Consideriamo lo zolfo, S, che appartiene allo stesso gruppo dell'ossigeno. A seconda delle condizioni lo zolfo forma una straordinaria serie di molecole, S_2 , S_3 , S_6 , S_8 , S_{12} oppure strutture polimeriche con il concatenamento di moltissimi atomi. Come simbolo, lo zolfo è associato con il fuoco, il fumo, gli inferi e quindi ha una connotazione chiaramente negativa, che può anche essere legata all'odore insopportabile di molti composti dello zolfo. Nella scena finale del *Don Giovanni* di Mozart il servo dice (Raffaelli, 2006):

I diavoli, il fuoco, il Commendatore

...

Sentite il fetore, che indosso averò.

Ma ci sono altre connotazioni di segno opposto. Ulisse, dopo essere tornato a Itaca ed essersi liberato dei Proci e delle ancelle infedeli, si rivolge alla fedele nutrice Euriclea in questo modo (Omero, 1918):

Questi [Ulisse] allor tai parole alla diletta
nutrice rivolgea: Portami, o vecchia,
il zolfo salutare, ed il fuoco,
perché l'albergo salutar io possa

...
Prima il zolfo, ed il fuoco, ad Euriclea
rispose il pien d'accorgimenti eroe.
La nutrice, ubbidendo, il sacro zolfo
portògli, e il fuoco prontamente; e Ulisse
la sala e il vestibolo, e il cortile
più volte vaporò

Quindi lo zolfo è visto anche come elemento purificatore. I cosiddetti *flori di zolfo* (zolfo purificato per sublimazione) sono usati, in piccolissime quantità, in medicina omeopatica. Ma lo zolfo è anche elemento fondamentale nella materia vivente. Inoltre è usato in agricoltura come fungicida, oltre a molti altri impieghi.

Anche l'arsenico è un elemento dalle multiformi proprietà. Legato al gallio (come arseniuro di gallio) è un importante semiconduttore impiegato in circuiti integrati e in pannelli fotovoltaici. Ma forse la sua fama è legata maggiormente agli effetti venefici di molti suoi composti, effetti da cui deriva la sua denominazione come *polvere dell'eredità*. In *Madame Bovary* di Gustave Flaubert (Flaubert, 2001) Emma Bovary muore per ingestione di una robusta dose di arsenico. Le proprietà di veleno dell'arsenico sono celebrate nel famoso film di Franck Capra *Arsenico e vecchi merletti* (1944). In una canzone del cantautore Sergio Caputo, *Waterloo*, l'arsenico viene invece invocato in altro modo:

Sotto sotto come niente sei romantica
ma io non me ne intendo di [...] botanica
Questo amore che
mi scambussola le abitudini
sarà come una mia Waterloo.
Questo amore che ci tonifica come
arsenico, se vuoi [...]
Meglio che resti tra noi [...]

Si tratta forse di un'eco di vecchi impieghi terapeutici ormai in disuso.

La molecola di anidride carbonica, CO_2 , che come abbiamo visto è una molecola centrosimmetrica con il carbonio al centro e due ossigeni ai lati, nonostante la semplicità della struttura è molecola di grande versatilità

e di usi molteplici, un vero Fregoli della chimica. È il prodotto (insieme con l'acqua) della combustione di materiali a base di carbonio (idrocarburi, carbone). Inoltre è un prodotto finale del metabolismo dei mammiferi. Le piante invece assorbono l'anidride carbonica dall'atmosfera per utilizzarla, attraverso la fotosintesi clorofilliana, per produrre i loro nutrienti. L'anidride carbonica è un importante gas atmosferico, responsabile, insieme ad altre molecole, del riscaldamento globale del pianeta a causa della sua capacità di riassorbire la radiazione infrarossa emessa dalla Terra. L'anidride carbonica viene usata negli estintori per spegnere incendi. Ad alta pressioni e nello stato liquido (anidride carbonica superfluida) viene usata come solvente per reazioni chimiche in sostituzione di solventi organici tossici. Inoltre viene usata come refrigerante nello stato solido (ghiaccio secco). Ad altissime pressioni si trasforma in un solido cristallino di estrema durezza e diventa simile all'ossido del silicio (SiO_2 , silice, quarzo), elemento più pesante dello stesso gruppo del carbonio. La versatilità della anidride carbonica spazia, quindi, da gas a materiale ultraduro.

Un'altra manifestazione della molteplicità nella chimica si ritrova nell'isomeria delle strutture molecolari, di cui abbiamo già parlato in una sezione precedente. Molecole di dimensioni medie o grandi hanno in generale una flessibilità dell'edificio molecolare che origina una straordinaria varietà di geometrie e conformazioni. Questa varietà ha una grande importanza nelle biomolecole per determinare le relazioni tra struttura e funzionalità biologica.

Appendice: Locuzioni in alchimia e chimica

Abitacolo del pollastro. Indica il vaso ermetico o la fornace degli alchimisti. Esso è chiamato variamente, vaso triplo, Athanor, crivello, letame, Bagno-maria ecc. ed è il fornello segreto dei filosofi cioè la materia che conserva il fuoco dei filosofi.

Abito tenebroso. Indica il colore nero che la materia raggiunge durante la putrefazione.

Acciaio dei saggi. Nome usato per una lega di ferro e antimonio.

Aceto delle montagne. Il dissolvente universale dei metalli. Il riferimento alle montagne deriva dal fatto che gli alchimisti chiamavano montagne i metalli.

Acqua asciutta. Questo ossimoro indica un materiale costituito da microparticelle di acqua circondate da uno strato di biossido di silicio che impedisce alle microparticelle di aggregarsi in un liquido. L'acqua asciutta ha l'aspetto di una polvere di zucchero.

Acqua d'Alregi. Acqua di calce.

Acqua d'elsabon. Sale comune reso liquido dall'assorbimento del vapor acqueo.

Acqua del cielo. Aqua coelestina. Indica il mercurio. Oppure talora lo spirito di vino rettificato, talmente leggero da sembrare partecipare alla natura del cielo.

Acqua palestina. Fiore di rame o verderame.

Acqua viscosa. Mercurio.

ALCHIMIA. Usato come acronimo di *Ars Laboriosa Convertens Hu-*

miditate Ignea Metalla In A (A era il segno del mercurio sublimato). Arte di lavoro che converte i metalli in mercurio sublimato attraverso il calore del fuoco.

Angolo. Secondo i filosofi ermetici la loro materia ha tre angoli nella loro sostanza (sale, zolfo, mercurio), quattro nella sua virtù (i quattro elementi), due nella sua materia (il fisso e il volatile) e uno nella sua radice, il caos da cui tutto è fatto.

Aquila. Indica il mercurio dopo la sua volatilizzazione, e in generale tutta la materia volatile. Altri uccelli, come la colomba, hanno lo stesso significato.

Aquila di San Giovanni. Aria calda e umida. Detta anche Uccello di Giove.

Arbor Dianae. Albero di Diana, noto anche come albero dei filosofi, è un amalgama dendritico di argento che si può ottenere mettendo del mercurio in una soluzione di nitrato di argento. Poiché ha proprio l'aspetto di un albero aveva indotto gli alchimisti a considerarlo segno di esistenza di vita nel mondo minerale. In generale Diana è sinonimo di argento.

Arbor Iovis. Albero di Giove è lo stagno. O anche una sostanza metallica in generale.

Arbor Saturni. Albero di Saturno. È un deposito di piombo cristallizzato con una forma di albero. Si ottiene da zinco in una soluzione di acetato di piombo. Saturno è sinonimo di piombo.

Argento. Gli alchimisti non intendevano l'argento normale ma la materia pervenuta al bianco durante il processo di cottura (vedi Tabella 3.1).

Argento del popolo. Sale amaro. Indicato anche col nome di Argento dei poveri.

Argento potabile. Un elisir, basato su una ricetta di Paracelso, capace di impartire forze vitali del principio femminile primordiale (ritmo, rigenerazione, crescita, fertilità, riproduzione)

Arsenico bianco. Gli alchimisti indicavano il sublimato di Arsenico o ancora il triossido di arsenico, che forma fumi bianchi o può avere aspetto lattiginoso. Noto per le sue proprietà venefiche, in passato è stato usato come medicamento. Ed è ancora usato in omeopatia.

Bestia velenosa dei savi. Si intende il mercurio come solvente universale o, alternativamente, la pietra perfetta al rosso che cambia la natura dei metalli.

Bronzo di Ermete. Indica il corpo imperfetto prima o durante il processo di trasformazione. Nomi alternativi sono Lattone, Leone verde, e tantissimi altri ancora.

Burro di antimonio. Indica il cloruro di antimonio. È una sostanza densa, oleosa, di colore giallastro, velenosa. Il nome deriva dal fatto che lasciato su un foglio di carta lasciava gli stessi segni di una sostanza grassa, come il burro.

Cadmium blu. I pigmenti a base di cadmio (ad esempio i solfuri) sono di colore giallo, arancione o rosso. Tuttavia il laser ad elio cadmio emette nel blu.

Camaleonte universale. Era una miscela di ossido di manganese, ossido di ferro e potassa o soda. Il nome deriva dal fatto che sciogliendo la miscela in acqua si hanno dei rapidi cambiamenti di colore.

Cane di Armenia. È uno dei nomi dato dai filosofi ermetici al loro zolfo.

Capolavoro dell'arte. È la pietra filosofale, l'elisir perfetto al rosso, la cosa più eccellente a cui l'uomo possa pensare per il suo benessere.

Caput mortuum. È il residuo terroso che resta dopo l'estrazione dei principi attivi da un corpo. È detto anche terra dannata.

Centro del mondo. Ha lo stesso significato di Capolavoro dell'arte: il nome indica che in questa pietra sono riunite tutte le proprietà dell'Universo.

Centro dell'uovo. Indica semplicemente il giallo, come ovvio.

Cielo plumbeo. È un esempio delle tante dizioni che hanno inglobato nomi o concetti della chimica. Il cielo plumbeo indica un cielo scuro che richiama il colore «morto-smorto» del piombo indicato da Primo Levi (vedi Sezione 6.3.1).

Coda di pavone. Indica i colori dell'arcobaleno, che si manifestano in successione durante l'Opus alchemico: i colori principali sono indicati dal corvo (nero), dal cigno (bianco), dalla fenice (rosso) e dal pavone per i vari colori.

Colpire troppo gli spiriti. Vuol dire dare un fuoco troppo grande.

Cristalli di luna. Indicava il nitrato di argento cristallino.

Cristalli di Venere. Indicava l'acetato di rame cristallino.

Dicembre. Indica il tempo della putrefazione. Come visto in Tabella 3.1 il nero della putrefazione è associato con la stagione invernale.

Dolcezza di Saturno. Indica la scienza ermetica o magistero al bianco. Alternativamente, potrebbe indicare il Sale di Saturno, cioè il piombo ridotto

a sale. Il magistero è il processo della Grande Opera.

Dulcedine di Marte. Perossido di ferro.

Ebdanic. Indica Marte o il ferro.

Elanula. È l'allume dei filosofi, cioè il sale principio di tutti i sali, dei minerali e dei metalli.

Electrum immaturum. Elettro immaturo. Indica una sostanza media tra il minerale e il metallo e quindi una cosa né completamente perfetta né completamente imperfetta; essa giungerà a maturazione per opera dell'artista.

Elephas spagirico. Acqua forte (aqua fortis): per gli alchimisti non è l'acqua forte comune o l'acqua regia ma il mercurio che dissolve tutti i corpi ed è il principio di tutti i metalli.

Elesmatis. Piombo bruciato.

Elidrion. Uno dei tanti nomi del mercurio.

Elixir completo. Elisir composto da tre pietre (lunare, solare e mercuriale): un antidoto perfetto che guarisce gli animali da tutte le malattie.

Elixir perfetto al bianco. La materia calcinata a bianchezza che trasforma i metalli in argento. Olio di talco degli antichi. È medicina per i vegetali e i minerali. È medicina anche per le donne perché meno ignea dell'elisir al rosso.

Elixir perfetto al rosso. Pietra portata alla perfezione. Trasforma i metalli in oro perfetto, più perfetto di quello delle miniere. È anche la panacea per il corpo umano. Detto anche Forza di ogni forza o Oro potabile.

Elqualiter. Vetriolo verde, solfato eptaidrato di ferro, una sostanza cristallina verde da cui si otteneva il vetriolo, cioè l'acido solforico.

Escremento. Simbolo di forza vitale residente nell'uomo. Associato simbolicamente con la materia putrefatta che verrà rigenerata nell'oro. Escremento del succo del piano di Bacco indicava il tartaro.

Essatum vinum. Spirito di vino rettificato. Serviva per estrarre tinture, essenze, odori.

Fagiano di Ermete. Indica il mercurio, sia per la sua volatilità che per la variazione dei colori durante la grande opera.

Falce di Saturno. È la falce che taglia ali e gambe a Mercurio: vuole indicare la parte fissa della materia.

Fame dei filosofi. Indica l'anelito dei filosofi ermetici a volere imparare l'arte dell'alchimia.

Fanciullo. Indica lo zolfo o il mercurio. In generale fanciulli sono i quattro figli della natura, i quattro elementi, che il filosofo ermetico, l'alchimista, deve aiutare a maturare e trasformare nella pietra perfetta.

Feblech. Ferro o acciaio dei filosofi.

Femmina bianca. Anche Femmina dei Filosofi. Indica il mercurio allo stato finale della trasformazione.

Fiala filosofale. È il fornello dei saggi, detto anche uovo filosofale.

Fiele di vetro. È una schiuma che si separa in superficie quando il vetro fonde.

Fiore d'aria. Ruggine.

Fiori di zolfo. I fiori di zolfo in polvere si ottengono per raffreddamento rapido dei vapori di zolfo; hanno questo nome perché gli aggregati di microcristalli che si formano hanno l'aspetto di fiori.

Fontana di giovinezza. Bagno vitale e rimedio universale che mantiene giovani e prolunga la vita oltre limiti inimmaginabili: secondo gli alchimisti è l'elisir. Artefio, un adepto, dice di avere scritto il suo libro alla venerabile età di 1000 anni, come pegno per i figli della saggezza.

Fornello di pigrizia. Un fornello che si accende con poco fuoco e poca fatica e trasmette il suo fuoco a vari altri fornelli.

Fosforo di Bologna. È un solfato di bario che forma cristalli di forma radiata. Impastato con farina o polvere di carbone e calcinato mostra al buio una luminescenza a cui deve il nome.

Fuoco freddo. Nel 1699 l'alchimista tedesco H. Brand lavorando sull'urina alla ricerca dell'oro scopri una sostanza luminosa (il fosforo) che denominò fuoco freddo.

Fuoco liquido. È una miscela incendiaria costituita da salnitro, zolfo, pece e calce viva che veniva spruzzata o lanciata su navi nemiche per produrre incendi; era detta alternativamente fuoco greco, fuoco romano o fuoco artificiale.

Gemma tartarea. Sono le pietre che si generano nel corpo umano.

Ghiaccio di Maria. È il lapis specularis (pietra speculare) di Plinio. È un gesso secondario che cristallizza da soluzioni sature di gesso in fratture, dando vene trasparenti. Veniva usato come vetro per la possibilità di essere tagliato in lastre sottili.

Grido dello stagno. È il rumore caratteristico che si produce quando, a temperatura bassa, si deforma plasticamente un barretta di stagno. Il rumore

è generato dallo sfregamento dei cristalli di stagno. È detto anche pianto dello stagno.

Hyle. Materia prima degli alchimisti, materia prima della creazione. Dalla hyle derivavano tutte le cose e poteva essere isolata per dissoluzione.

INRI. Acrostico alchemico del segno della croce: Igne Natura Renovatur Integra (col fuoco la natura si rinnova integra).

IUPITER. Acrostico di In Verbis Presentibus Invenies Terminum Exquisitum Rei (nelle parole presenti troverai il fine ricercato delle cose). Il termine di per sé stava per stagno.

Lapis dei filosofi. Indica lo zolfo o la parte fissa dell'opera alchemica. È detto anche Sale dell'Oro.

Lapis infernum. Pietra pomice.

Lavare. Quando la materia è nel fornello dell'alchimista, lavare vuole indicare di aumentare il fuoco per accelerare la purificazione.

Lebbra dello stagno. Lebbra nell'alchimia è in generale una metafora delle impurità nei metalli. La presenza di impurezze nello stagno può provocare dei rigonfiamenti sulla superficie del metallo fino a forarlo.

Liquore fumante di Libavius. È il tetracloruro di stagno che forma continuamente dei vapori bianchi.

Lupo. Mercurio. Il lupo come animale è associato a Marte discendente da Saturno; il mercurio è detto nipote di Saturno.

Lupo grigio dei filosofi. Antimonio.

Magnesia dei filosofi. Amalgama fluido di argento e mercurio.

Magnesis magnesium. Sangue umano ridotto in polvere.

Malincolia. Indica la putrefazione della materia (vedi Figura 3.2). L'umore malinconico è associato al nero (vedi Tabella 3.1) perché considerato una bile nera che produce tristezza.

Manica di Ippocrate. Una calza, larga da una parte e stretta dall'altra, che serviva per filtrare liquidi o sciroppi.

Martiri del fluoro. In Zio Tungsteno, Oliver Sacks chiama martiri del fluoro i chimici del XIX secolo che avevano ottenuto il fluoro, ed i suoi composti, sperimentandone gli effetti su se stessi, come aveva fatto Humphrey Davy con gli ossidi di azoto.

Materia dei savi. È la materia su cui si esercita l'arte dell'alchimista. Poiché questa è la materia primordiale da cui tutto deriva non ha un nome specifico, ma qualsiasi nome è possibile perché ogni cosa vi è contenuta. Nel Di-

zionario Mito-Ermetico Dom Pernety elenca solo alcuni dei possibili nomi della materia dei savi riempiendo ben tre intere pagine.

Matrimonio del fratello e della sorella. È la miscela di zolfo e mercurio, principi maschile e femminile, rispettivamente; il fanciullo che nasce da questo matrimonio è la pietra che trasforma i metalli imperfetti.

Matrimonio filosofico. Allegoria delle unioni di zolfo e mercurio, o di argento e oro, o di Sole e Luna; queste nozze venivano consumate nel vaso degli alchimisti che era allegoria della camera nuziale.

Mel Saturni. Il miele di Saturno è il sale di piombo, detto anche burro o zucchero di Saturno.

Mercurio dolce. Indica il cloruro di mercurio sublimato. Dolce sta per purificato per sublimazione in modo che i fumi si condensassero. Sinonimi del mercurio dolce sono: aquila celeste, drago mitigato, arcano corallino di Paracelso, panghymagogon.

MERCURIUS. Acrostico di Medicum Ego Rubeam Creo Universalem Regiamque In Utero Solis (io sono stato creato nell'utero del Sole, la medicina rossa, universale e regale).

Merlo di Giovanni. È il nero in cui si trasforma la materia con la putrefazione.

Mese filosofico. Il mese degli alchimisti, il periodo necessario per le loro operazioni, è spesso indicato in 40 giorni o in 30 giorni o in molto meno. Ma in queste operazioni il tempo è indicato in modo piuttosto variabile ed enigmatico.

Nafta degli inglesi. Indicava l'alcol metilico.

Nostra signora del radium. Con questo nome è stata indicata Madame Curie, premio Nobel per la chimica per avere scoperto il radio.

Occhio di gambero. Carbonato di calcio. L'associazione deriva dalle concrezioni calcaree che si formano all'interno dello stomaco del gambero nel periodo del ricambio della muta.

Orecchio di stagno. Espressione che indica la mancanza di orecchio musicale. Deriva dal fatto che una volta con lo stagno, per la sua lavorabilità, venivano fatte delle protesi.

Oro degli sciochi. Vengono indicati con questo nome i cristalli di pirite che per la loro forma regolare e per il colore giallo sono scambiati per oro dagli inesperti o dagli ingenui.

Oro portabile. Rimedio eletto per rinvigorire il corpo. Le virtù terapeu-

tiche dell'oro erano riconosciute. Le ricette di preparazione variavano a seconda del chimico spagirista. Anche le denominazioni erano svariate, come oro della vita, oro trasparente, oro fulminante, zafferano d'oro.

Ossigeno. Come abbiamo visto in altre parti di questo volume, l'ossigeno è l'elemento della vita. Numerose espressioni di uso comune si richiamano a questo come metafora. Ad esempio, provvedimenti economici di un governo possono costituire *una boccata di ossigeno per le imprese*. Analogamente *l'ossigeno della pubblicità* può favorire le vendite e il commercio. Come pure *l'ossigeno delle idee* può incidere favorevolmente sulla vitalità economica. In un altro contesto, *il silenzio è l'ossigeno della mafia*.

Pianto dello stagno. Vedi Grido dello stagno.

Pietra dell'orlo. Indica lo zolfo. Il nome deriva dal fatto che lo zolfo si condensa sull'orlo dei crateri vulcanici.

Pietra sanguigna. Detta anche Lapis sanguigno. È l'ematite.

Sale armoniaco. Cloruro di ammonio. Detto anche stella al tramonto. Fu ottenuto per la prima volta dallo sterco di un cammello del tempio di Giove. Era preparato da urina e sale marino.

Serpente del Faraone. Tiocianato di mercurio. Se a una miscela contenente questo sale si dà fuoco si sviluppano dei fumi serpentiformi.

Staccio della natura. Indica semplicemente l'aria.

Slegare il corpo. Estrarre il mercurio dalle miniere dove è legato a parti eterogenee.

Spirito di corno di cervo. Strato superiore del liquido ottenuto dalla distillazione del corno di cervo. Contiene anche ammoniaca e carbonato di ammonio e per questo indica anche l'ammoniaca.

STANNUM. Acrostico di projectioniS debeT totA tameN bitumeN mutU aeternuM (infine il bitume eterno deve tutto alla potenza della proiezione).

SULPHUR. Acrostico di Separando Venenum Leniter Philosophus Homogeneam Viscositatem Resuscitat (separando la tintura il filosofo risuscita dolcemente la viscosità omogenea).

Stella di antimonio. Quando l'antimonio puro, detto anche regolo di antimonio, cristallizza la crosta che si forma sulla superficie del liquido ha una struttura caratteristica a raggiera e, per questo, è detto stella di antimonio.

Sterilità del mercurio. Come le donne non possono partorire senza il concorso del maschio, così il mercurio, elemento femminile, non può

produrre la trasformazione della materia senza il principio maschile dello zolfo.

Tagliare i piedi a Mercurio. Vedi la voce Falce di Saturno.

Tantalio. Il nome di questo metallo deriva da Tantalo, figlio di Niobe, condannato a stare in acqua fino alle ginocchia. La sua condanna era che se si abbassava per bere l'acqua si ritirava, e se si sollevava per cogliere i bei frutti sopra di lui i rami degli alberi si allontanavano. Allo stesso modo il tantalio messo in mezzo ai reagenti non reagisce con essi.

Tintura dei metalli. Tintura indica in generale i colori essenziali inerenti alle proprietà dei corpi. La tintura è l'ultimo grado della trasmutazione della materia; essa tinge i metalli e li trasforma. La tintura dei metalli è fissa, fusibile come la cera e incombustibile. Versata su un metallo caldo fonde senza fumo e vi penetra come l'olio in una carta.

Triangolo filosofico. Indica la materia dell'opera alchemica costituita da tre principi (zolfo, mercurio e sale) come i tre angoli di un triangolo; ma abbiamo ancora una triade di anima, spirito e corpo e un'altra di Sole, Luna e mercurio dei Savi.

Uomo nella bara. Pietra nera o magnesia.

Vaso di stagno. Lo stagno è un metallo relativamente debole. Per questo, vaso di stagno designa un personaggio politico debole che maschera la sua debolezza dietro lo splendore della sua funzione.

Zucchero di piombo. Detto anche zucchero di Saturno. È l'acetato di piombo ottenuto sciogliendo l'ossido di piombo in aceto.

Bibliografia

- Alber, M. (2001). Creative writing and chemistry. *J. Chem. Ed.*, 78:478–480.
- Aldersey-Williams, H. (1995). *The most beautiful molecule: The discovery of the buckyball*. John Wiley and Sons, New York.
- Aldersey-Williams, H. (2011). *Favole periodiche. Le vite avventurose degli elementi chimici*. BUR, Milano.
- Alighieri, D. (1955). *La Divina Commedia*. Nuova Italia, Firenze.
- Alpers, S. (1983a). *Arte del descrivere. Scienza e pittura nel seicento olandese*. Boringhieri, Torino.
- Alpers, S. (1983b). Interpretation without representation, or, The viewing of Las Meninas. *Representations*, 1:31–42.
- Antonello, P. (2005). *Il menage a quattro. Scienza, filosofia, tecnica nella letteratura italiana del Novecento*. Le Monnier, Firenze.
- Apuleio (1955). *Lasino d'oro. Le trasformazioni*. Rizzoli, Milano.
- Aragona, R. (2008). *Italo Calvino. Percorsi potenziali*. Manni, S. Cesario di Lecce.
- Aristotele (1999). *Metafisica*. Rusconi, Milano.
- Aristotele (2010). *Politica*. Edizioni Tored, Tivoli.
- Arnold, M. (1993). Literature and science. In Abrams, M. and Greenblatt, S., editors, *The Norton Anthology of English Literature*. Norton, New York.
- Asimov, I. (1980). The problem of the blundering chemist. *Science Digest*, 88:8–17.
- Bacon, F. (1659). *New Atlantis*. Newcomb, London.
- Bacon, F. (1953). *Novum Organum*. Principato, Milano.

Scienza e Arte

- Ball, P. (2006). Chemistry and power in recent american fiction. *HYLE, Int. J. Philos. Chem.*, 12:45–66.
- Balzac, H. (1995). *La ricerca dell'assoluto*. Garzanti, Milano.
- Barthes, R. (1988). *Il brusio della lingua. Saggi critici IV*. Einaudi, Torino.
- Battistini, A. (1977). *Letteratura e Scienza*. Zanichelli, Bologna.
- Bernardini, M. (2012). *La favola di Amore e Psiche. Il mito nell'arte dall'antichità a Canova*. L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Bindi, L., Steinhard, P., Yao, N., and Lu, P. (2009). Natural quasicrystals. *Science*, 324:1306–1309.
- Bindi, L. and Steinhardt, P. (2012). Quasicristalli naturali. In Pratesi, G., editor, *Il Museo di Scienze Naturali dell'Università di Firenze*, volume IV. Le collezioni Mineralogiche e litologiche. Firenze University Press, Firenze.
- Bini, R. and Schettino, V. (2014). *Materials under extreme conditions. Molecular crystals at high pressures*. Imperial College Press, London.
- Bisicchia, A. (2006). *Teatro e scienza. Da Eschilo a Brecht a Barrow*. UTET, Torino.
- Bizzarri, M. (2004). *Il pellicano. Dall'alchimia alla chimica*. Edizioni Dipartimento di Chimica, Roma.
- Borges, J. (1962). *Manuale di zoologia fantastica*. Einaudi, Torino.
- Botteril, S. (1995). Dante e l'alchimia. In Boyde, R. and Russo, S., editors, *Dante e la scienza*. Longo, Ravenna.
- Boyde, P. (1984). *L'uomo nel cosmo. Filosofia della natura e poesia in Dante*. Il Mulino, Bologna.
- Boyde, P. (1995). Lesegesi di Dante e la scienza. In Boyde, P. and Russo, V., editors, *Dante e la scienza*. Longo Editore, Ravenna.
- Boyde, P. and Russo, V. (1995). *Dante e la scienza*. Longo Editore, Ravenna.
- Brecht, B. (1998). *Vita di Galileo*. Einaudi, Torino.
- Bresciani, M. (1993). *Uno spazio senza miti. Scienza e letteratura. Quattro saggi su Italo Calvino*. Le Lettere, Firenze.
- Bresciani, M. C. (2002). Tecnologia e dimensione etica: Faussone e la chiave a stella. In Bresciani, M. C., editor, *L'uomo e le macchine*. Leo S. Olschki, Firenze.
- Brocchi, S. (2010). *Favole ermetiche*. ISBN 978-88-7922-053-8.
- Brockmeier, P. (2001). Giacomo Leopardi: critica della civiltà e autonomia estetica. *Scienza e politica*, 13:15–25.

Bibliografia

- Bruno, G. (1964). *Il candelaio*. Einaudi, Torino.
- Bucciantini, M. (2003). *Italo Calvino e la scienza. Alfabeti del mondo*. Donzelli, Roma.
- Califano, S. (2010). *Storia della Chimica. I. Dall'alchimia alla chimica del XIX secolo*. Bollati Boringhieri, Milano.
- Califano, S. (2011). *Storia della chimica. II. Dalla chimica fisica alle molecole della vita*. Bollati Boringhieri, Milano.
- Calvesi, M. (1986). *ART DOSSIER Arte e Alchimia*. Giunti, Firenze.
- Calvino, I. (1965). *Cosmicomiche*. Einaudi, Torino.
- Calvino, I. (1978). *Fiabe italiane*. Mondadori, Milano.
- Calvino, I. (2004). *Lezioni americane*. Mondadori, Milano.
- Calvino, I. (2012). *Tutte le cosmicomiche. Ti con zero*. Mondadori, Milano.
- Calvino, I. (2013). *Una pietra sopra*. Mondadori, Milano.
- Calvino, I. (2014a). *Il castello dei destini incrociati*. Mondadori, Milano.
- Calvino, I. (2014b). *Le città invisibili*. Mondadori, Milano.
- Cardone, F. (2010). *Il futurismo, la scienza e la chimica*. Casa Editrice Emil, Bologna.
- Carminati, M. (2011). *Velazquez. Las Meninas*. 24 Ore Cultura, Milano.
- Carroll, L. (1978). *Le avventure di Alice nel paese delle meraviglie e Attraverso lo specchio*. Mondadori, Milano.
- Cartwright, J. H. (2005a). Science and literature in the seventeenth-century England. In Cartwright, J. and Baker, B., editors, *Literature and science. Social impact and interaction*. ABC-CLIO Inc., Santa Barbara.
- Cartwright, J. H. (2005b). The two cultures debate. In Cartwright, J. and Baker, B., editors, *Literature and science. Social impact and interaction*. ABC-CLIO Inc., Santa Barbara.
- Cartwright, J. H. and Baker, B. (2005). *Literature and science. Social impact and interaction*. ABC-CLIO, Santa Barbara.
- Castellani, E. (2000). *Simmetria e natura*. Laterza, Bari.
- Cavaliere, A. (1987). *La chimica in versi. Rime distillate*. Mursia Editore, Varese.
- Ceppatelli, M., R.Bini, and Schettino, V. (2011). High-pressure reactivity of clathrate hydrates by two-photon dissociation of water. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 13:1264–1275.

Scienza e Arte

- Chaouli, M. (2002). *The laboratory of poetry. Chemistry and poetics in the work of Friedrich Schlegel*. The John Hopkins University Press, Baltimore.
- Chapple, J. A. V. (1986). *Science and literature in the nineteenth century*. Mac Millan, London.
- Ciabini, L., Gorelli, F., Santoro, M., Bini, R., Schettino, V., and Raugei, S. (2007). Triggering dynamics of the high pressure benzene amorphization. *Nat. Mater.*, 6:39–43.
- Ciardi, M. (2010). *Reazioni tricolori. Aspetti della chimica italiana nell'età del Risorgimento*. Franco Angeli, Milano.
- Ciardi, M. and Sordoni, V. (2008). Un testo dimenticato: Giacomo Leopardi e il saggio di chimica e storia naturale del 1812. *Intersezioni*, 1:53–62.
- Cohen, M. and Schmidt, G. (1964). Topochemistry. Part I. A survey. *J. Chem. Soc.*, pages 1996–2000.
- Coticelli, V. (2012). *L'alchimia e le arti. La fonderia degli Uffizi da laboratorio a stanza delle meraviglie*. Sillabe, Firenze.
- Contro, P. (2005). *Dante templare e alchimista*. Bastogi, Foggia.
- Corbalan, F. (2013). *La sezione aurea. Il linguaggio matematico della bellezza*. RBA Italia, Villatuerta.
- Couteur, P. L. and Burreson, J. (2006). *I bottoni di Napoleone. Come 17 molecole hanno cambiato la storia*. Longanesi, Milano.
- DeLillo, D. (2005). *Rumore bianco*. Einaudi, Torino.
- DeMartini, F. (1986). Strumenti scientifici nella dimensione fiabesca: livelli di realtà in Italo Calvino. *Il Nuovo Saggiatore*, 5:59–67.
- DeMartini, F. (1989). Strumenti scientifici nella dimensione fiabesca: livelli di realtà in Italo Calvino. In Fazio, M. D., editor, *Narrare percorsi possibili*. Longo Editore, Ravenna.
- Desiraju, G., Vittal, J., and Ramanan, A. (2011). *Crystal engineering. A textbook*. World Scientific Publishing, Singapore.
- DiMaria, C. (2002). *Il pellicano e la clessidra*. Edizioni dell'Orso, Alessandria.
- Djerassi, C. and Hoffmann, R. (2003). *Ossigeno*. CLUEB, Bologna.
- Duncan, E. (1968). The literature of alchemy and Chaucer's Canon's Yeoman's tale. *Speculum*, 43:633–656.
- Durenmatt, F. (2002). *I fisici*. Einaudi, Torino.
- Eichner, H. (1982). The rise of modern science and the genesis of romanticism. *PMLA*, 87:8–30.

Bibliografia

- Eliade, M. (1977). *Forgerons et alchimistes*. Flammarion, Paris.
- Eliade, M. (2001). *Il mito dell'alchimia*. Bollati Boringhieri, Milano.
- Eschilo (2003). *Prometeo incatenato*. Mondadori, Milano.
- Faraday, M. (1965). *Experimental researches in electricity*. Dover, New York.
- Finocchi, R. (2006). Della disarmonia dis-velante l'armonia. *Aperture*, 20:104–117.
- Flaubert, G. (2001). *Madame Bovary*. Mondadori, Milano.
- Flaubert, G. (2004). *Bouvard et Pecuchet*. Garzanti, Milano.
- Forbes, P. (2005). Poetry and science: greatness in little. *Nature*, 434:320–323.
- Foucault, M. (1978). *Le parole e le cose. Un'archeologia delle scienze umane*. BUR, Milano.
- Frayn, M. (2003). *Copenhagen*. Sironi, Milano.
- Friedrich, W. and Heinemeier, J. (2009). The minoan eruption of Santorini radiocarbon dated to 1613 ± 13 bc - geological and stratigraphic considerations. In Warburton, D., editor, *Time's up! Dating the minoan eruption of Santorini*. Aarhus University Press, Denmark.
- Fullmer, J. (1960). The poetry of Sir Humphrey Davy. *Chymia*, 6:102–126.
- Fumagalli, M. (2000). *Dizionario di alchimia e chimica farmaceutica antiquaria. Dalla ricerca dell'oro filosofale all'arte spagirica di Paracelso*. Edizioni mediterrane, Roma.
- Furlan, P., Kitson, H., and Andes, C. (2007). Chemistry, poetry and artistic illustration. An interdisciplinary approach to teaching and promoting chemistry. *J. Chem. Ed.*, 84:1625–1630.
- Galilei, G. (2000). *Dialogo dei massimi sistemi*. Mondadori, Milano.
- Galluzzi, P. (2001). Nel teatro dell'Accademia. In Galluzzi, P., editor, *Scienza a corte. L'arte della sperimentazione nella Accademia Galileiana del Cimento*. Sillabe, Livorno.
- Gillard, R. (1976). Sherlock Holmes - Chemist. *Educ. in Chem.*, 13:10–11.
- Giorello, G. and Grieco, A. (1998). *Goethe scienziato*. Einaudi, Torino.
- Goethe, J. (2003). *Faust*. Mondadori, Milano.
- Goethe, J. W. (2010). *Le affinità elettive*. Garzanti, Milano.
- Granata, S. (2009). Tecniche di indagine e catalogazione digitale. In Paolillo, L. and Giudicianni, I., editors, *La diagnostica nei beni culturali. Moderni metodi di indagine*. Loghia, Napoli.

Scienza e Arte

- Gugleta, Z. (2011). Michel Foucault's (mis)interpretation of Las Meninas. or, pure representation as the tautologous structure of the sign. *Facta Universitatis. Ling. and Lit.*, 9:1–12.
- Hain, M., Bartl, J., and Jacko, V. (2003). Multispectral analysis of cultural heritage artefacts. *Meas. Sci. Rev.*, 3:9–12.
- Hargittai, I. and Hargittai, M. (1995). *Symmetry through the eyes of a chemist*. Plenum Press, New York.
- Hoffmann, R. (1987). *The metamict state*. University Press of Florida, Orlando.
- Hoffmann, R. (1988a). Molecular beauty. *Am. Sci.*, 76:389–391.
- Hoffmann, R. (1988b). Molecular beauty II. Frogs about to be kissed. *Am. Sci.*, 76:604–605.
- Hoffmann, R. (1989a). Molecular beauty III. As rich as need be. *Am. Sci.*, 77:177–178.
- Hoffmann, R. (1989b). Molecular beauty IV. Toward an aesthetic theory of six-coordinated carbon. *Am. Sci.*, 77:330–332.
- Hoffmann, R. (1990). *Gaps and verges*. University Press of Florida, Orlando.
- Hoffmann, R. (1999). *Memory effects*. Calthoun Press, Chicago.
- Hoffmann, R. (2002). *Soliton*. Trumal State University Press, Kirksville.
- Hoffmann, R. (2006). The metaphor, unchained. *Am. Sci.*, 94:406–407.
- Hoffmann, R. (2007). *Se si può, si deve?* Di Renzo Editore, Roma.
- Holmes, R. (2008). *The Age of Wonder. How the romantic generation discovered the beauty and terror of science*. Harper Press, London.
- Huxley, A. (1963). *Literature and science*. Chatto and Windus, London.
- Huxley, T. H. (1894). *Collected essays. Vol. 3. Science and education*. McMillan, London.
- Jarry, A. (1984). *Gesta e opinioni del Dottor Faustroll, patafisico*. Adelphi, Milano.
- Johnson, B. (1983). *Lalchimista*. UTET, Torino.
- Johnson, S. (2011). *Dove nascono le grandi idee*. Rizzoli, Milano.
- Kean, S. (2012). *Il cucchiaino scomparso e altre storie della tavola periodica degli elementi*. Adelphi, Milano.
- Kipphard, H. (1965). *Sul caso di J. R. Oppenheimer*. Einaudi, Torino.
- Kitaigorodsky, A. (1980). *Order and disorder in the world of atoms*. MIR Publishers, Moscow.

Bibliografia

- Leavis, F. R. (1962). *The two cultures? The significance of C.P. Snow*. Chatto, London.
- Lehn, M. (1995). *Supramolecular chemistry. Concepts and perspectives*. VCH, Weinheim.
- Leona, M. (2009). Microanalysis of organic pigments and glazes in polychrome works of art by surface-enhanced resonance Raman scattering. *PNAS*, 106:114757–14762.
- Leopardi, G. (1961). *Zibaldone*. Mondadori, Milano.
- Leopardi, G. (1979). *Operette morali*. Mondadori, Milano.
- Leppanen, A. (2000). Into the house of mirrors: the carnivalesque in Las Meninas. *Aurora, the journal of the history of art*, 1:60–77.
- Levi, P. (1963). *La tregua*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (1978). *La chiave a stella*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (1982). *Se non ora, quando*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (1985). *L'altrui mestiere*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (1988). *Il sistema periodico*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (1990). *Opere Vol. III. Racconti e saggi*. Einaudi, Torino.
- Levi, P. (2005). *Tutti i racconti. Storie naturali*. Einaudi, Torino.
- Liu, Y., Hu, C., Comotti, A., and Ward, M. (2011). Supramolecular archimedean cages assembled with 72 hydrogen bonds. *Science*, 333:436–440.
- Lucrezio (1969). *De rerum natura*. Sansoni, Firenze.
- Mach, E. (1982). *Erkenntnis und Irrtum (Conoscenza ed errore)*. Einaudi, Torino.
- Mahmoudi, N. and Azizmohammadi, F. (2011). Traces of religion and science in Herman Melville's Moby Dick. *IPEDR*, 26:1054–1058.
- Marshall, D. (1976). Carved stone balls. *Proc. Soc. Antiq. Scotland*, 180:40–72.
- Masters, E. (1971). *Antologia di Spoon River*. Einaudi, Torino.
- Maxwell, J. C. (2001). *The theory of heat*. Dover, Mineola.
- Melville, H. (1966). *Moby Dick*. Garzanti, Milano.
- Menabou, M. (2008). L'Oulipo tra Francia e Italia: l'esempio di Calvino. In Aragona, R., editor, *Italo Calvino. Percorsi potenziali*. Manni, S. Cesario di Lecce.

Scienza e Arte

- Miller, A. I. (2001). *Einstein, Picasso: Space, time and the beauty that causes havoc*. Basic Books, New York.
- Miller, A. I. (2004). Einstein, Picasso. *Phys. Ed.*, 39:484–490.
- Moser, W. (1989). Experiment and fiction. In Amrine, F., editor, *Literature and science as modes of expression*. Kluwier Academic, Dordrecht.
- Nova, A. (1997). *Las Meninas. Velazquez, Foucault e l'enigma della rappresentazione*. Il Saggiatore, Milano.
- O'Brien, J. (1993). What kind of chemist was Sherlock Holmes? *Chem. Ind.*, 11:394–398.
- O'Brien, J. (2013). *The scientific Sherlock Holmes. Cracking the case with science and forensic*. Oxford University Press, Oxford.
- Omero (1918). *Odissea*. Sansoni, Firenze.
- Otis, L. (2002). *Literature and science in nineteenth century. An anthology*. Oxford University Press, Oxford.
- Ovidio (2005). *Le metamorfosi*. Einaudi, Torino.
- Pernety, A. (1987). *Le favole egizie e greche*. Fratelli Melita Editori, Genova.
- Pernety, A. G. (1983). *Dizionario mito-ermetico*. Phoenix, Genova.
- Petruciani, M. (1978). *Scienza e letteratura nel secondo novecento. La ricerca letteraria in Italia tra algebra e metafora*. Mursia, Milano.
- Picchi, F. (1979). *Le epistole di Ali Puli. Da un manoscritto alchemico del XVIII secolo*. Edizioni Mediterranee, Roma.
- Platone (1995). *Filebo*. Rusconi, Milano.
- Platone (2003). *Timeo*. Rizzoli, Milano.
- Platone (2011). *Teeteto*. Rizzoli, Milano.
- Polizzi, G. (2008). *Per le forze eterne della materia. Natura e scienza in Giacomo Leopardi*. Franco Angeli, Milano.
- Ponge, F. (1979). *Il partito preso delle cose*. Einaudi, Torino.
- Ponge, F. (1999). *Ouvres Completes*. Gallimard, Paris.
- Porro, M. (2004). Networks and knots: the discrete and the continuous in literature. Italo Calvino and Carlo Emilio Gadda. In Antonello, P. and Gilson, S., editors, *Science and Literature in Italian culture. From Dante to Calvino*. Legenda, Oxford.

Bibliografia

- Powers, R. (2007). *Sporco denaro*. Fanucci, Roma.
- Pynchon, T. (1999). *L'arcobaleno della gravità*. Rizzoli, Milano.
- Queneau, R. (1961). *Cent Mille Millions de poemes*. Gallimard, Parigi.
- Queneau, R. (1981). *Segni, cifre e lettere*. Einaudi, Torino.
- Queneau, R. (1983). *Esercizi di stile*. Einaudi, Torino.
- Queneau, R. (1985). *La canzone del polistirene*. Vanni Scheiwer, Milano.
- Queneau, R. (2003). *Piccola cosmogonia portatile*. Einaudi, Torino.
- Raffaelli, R. (2006). *Don Giovanni tra antropologia e filologia*. Guaraldi, Rimini.
- Richards, J. (2002). *The romantic conception of life, science and philosophy in the age of Goethe*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Roesky, H. W. and Mockel, K. (1996). *Chemical curiosities. Spectacular experiments and inspired quotes*. VCH, Weinheim.
- Rossi, P. (2004). *Francesco Bacone. Dalla magia alla scienza*. Il Mulino, Milano.
- Roubaud, J. (2008). Calvino e la ricerca dell'Oulipo semantico. In Aragona, R., editor, *Italo Calvino. Percorsi potenziali*. Manni, S. Cesario di Lecce.
- Ruston, S. (2013). When respiring gas inspired poetry. *Lancet*, 381:366–367.
- Sacks, O. (2002). *Zio Tungsteno: ricordi di un'infanzia chimica*. Adelphi, Milano.
- Sala, N. and Cappellato, G. (2003). *Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura*. Franco Angeli, Milano.
- Scerri, E. (2007). *The periodic Table. Its story and its significance*. Oxford University Press, Oxford.
- Schatzberg, W., Waite, R., and Johnson, J. (1987). *The relations of literature and Science. An annotated bibliography of scholarship 1880-1980*. The Modern Language Association of America, New York.
- Schechtman, D. (1984). Metallic phase with long range order and no translational symmetry. *Phys. Rev. Letters*, 53:1951–1954.
- Schettino, V. (1975). *Le vibrazioni delle molecole*. Sansoni, Firenze.
- Schettino, V. (2001). Le simmetrie nel mondo delle molecole. *Le Scienze*, 118:78–83.
- Schmidt, G. (1971). Photodimerization in the solid state. *Pure Appl. Chem.*, 27:647–678.

- Schmitter, A. M. (1996). Picturing power: Representation and Las Meninas. *J. Aesth. Art. Crit.*, 54:255–268.
- Schuler, R. (1984). The renaissance Chaucer as alchemist. *Viator*, 15:305–334.
- Schummer, J., Bensande-Vincent, B., and van Tiggelen, B. (2007). *The public image of chemistry*. World Scientific Publishing, Singapore.
- Searle, J. (1980). Las Meninas and the paradoxes of pictorial representation. *Critical Inquiry*, 6:477–488.
- Sermonti, G. (2009). *Alchimia delle fiabe*. Lindau, Torino.
- Shelley, M. (2013). *Frankenstein*. Feltrinelli, Milano.
- Sloan, E. (1998). *Clathrate hydrates of natural gases*. Dekker, New York.
- Snow, P. C. (1964). *Le due culture*. Feltrinelli, Milano.
- Snyder, J. (1985). Las Meninas and the mirror of the prince. *Critical Inquiry*, XI:539–572.
- Snyder, J. and Cohen, T. (1980). Las Meninas: Paradox lost. *Critical Inquiry*, 7:429–447.
- Sprat, T. (2003). *History of the Royal Society*. Kessinger, Whitefish.
- Steinberg, L. (1981). Velazquez' Las Meninas. *October*, 19:45–54.
- Steiner, R. (1944). *Le opere scientifiche di Goethe*. Fratelli Bocca, Milano.
- Stevenson, R. (2013). *Lo strano caso del dottor Jeekyll e del signor Hyde*. Mondadori, Milano.
- Sutton, D. (2003). *Solidi di Archimede e Platone*. Macro Edizioni, Diegaro di Cesena.
- Tcholakian, M. (1989). La pierre dans la poesie de Ponge. *Etudes Francaises*, 25:89–113.
- Thomas, J. M. (2006). *Michael Faraday. La storia romantica di un genio*. Firenze University Press, Firenze.
- Thomson, W. (2009). The sorting demon of Maxwell. In Otis, L., editor, *Literature and science in the nineteenth century. An anthology*. Oxford University Press, Oxford.
- Tyndall, J. (1872). *Scientific use of imagination*. Lomgmans, London.
- Venturi, M., Marchi, E., and Balzani, V. (2012). The beauty of chemistry in the word of writers and in the hands of scientists. *Top. Curr. Chem.*, 323:73–106.
- Vianello, A. (2012). *Oltre il sensibile*. Elfrida Ismalli Digital Edition, Roma.
- Vicens, J. (2011). Art and chemistry: the topochemical principle and Las Meninas of Velazquez. *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem*, 71:275–279.

Bibliografia

- Waddell, T. and Sanderlin, R. (1986). Chemistry in Moby Dick. *J- Chem. Ed.*, 63:1019–1020.
- Weyl, H. (1981). *La simmetria*. Feltrinelli, Milano.
- Willis, R. (2002). The poets of chemistry. *Today's Chemist at work*, pages 41–44.
- Woodward, R. and Hoffmann, R. (1970). *The conservation of orbital symmetry*. Academic Press, New York.
- Zecchina, A. (2012). *Alchimie nell'arte. La chimica e l'evoluzione della pittura*. Zanichelli, Bologna.

Indice dei nomi

- Aldersey-Williams 108, 117, 173, 175, 177, 224
Aloé 160
Archimede 107, 108
Aristotele 6, 64
Arnaldo da Villanova 38, 65
Arnold 8, 9, 10
Ashmole 66
Bacon 8, 9, 146
Baker 113
Ball 192, 194
Balzac 189, 191
Barrow 210
Battistini 8, 17
Beccafumi 69,70
Bergmann 181, 183
Bisicchia 206, 207
Blake 146
Boccioni 153
Borges 39, 210
Boyle 225
Brecht 14, 211
Bresciani 177, 216
Bruno 207
Califano 37, 93, 115
Calvino 4, 20, 22, 23, 25,28, 30, 32, 33, 36, 50,
113, 130, 133, 155, 216, 217, 226, 230, 232,
233, 234
Capra 238
Caputo 238
Carducci 147
Carroll 198
Cartwright 8, 10, 113
Cavaliere 126, 130, 134
Chaucer 62, 64, 66, 190
Ciardi 149, 150
Clark 118, 119
Coleridge 7, 144, 145, 146, 149
Conan Doyle 201
Corradini 31
Dalí 100, 101
Dante 14, 55
Davy 92, 135, 136, 137, 138, 140, 144, 145, 152,
187, 208, 246
De André 156
De Chirico 40
De Lillo 192, 193
De Martini 216
Djerassi 212
Dobereiner 220
Donne 8, 9
Durenmatt 211
Durer 39, 40, 41, 81
Einstein 34, 211
Eschilo 207
Faraday 7, 19, 20, 209
Flanders 11, 158
Flaubert 176, 238
Forbes 135
Foucault 80, 85, 87
Galileo 14, 20, 211
Galluzzi 208
Geoffroy 181

Scienza e Arte

- Giordano 76
Goethe 180, 182, 183
Granacci 70, 71
Grimm 52
Heisenberg 210, 215
Hoffmann 87, 96, 138, 139, 140, 162, 184, 212, 214
Harsdorffer 25
Huxley A. 12, 13, 14, 147
Huxley T. 8, 9, 10
Johnson B. 207
Johnson S. 223
Kean 117, 173, 172, 174, 175
Keats 146
Kekulé 174, 233
Keplero 99, 100
Kipphard 212
Kluhn 153
Kroto 106
Lavoisier 2, 129, 148, 150, 190, 212
Lawrence 76
Leavis 8, 12
Lehrer 119
Leonardo da Vinci 83, 97, 98, 99
Leopardi 142, 147, 227
Levi 24, 31, 42, 44, 45, 93, 95, 111, 112, 113, 113, 117, 125, 126, 130, 133, 162, 164, 165, 169, 173, 180, 223, 224, 243
Longo 215
Lucrezio 15, 32, 116, 223, 124, 125, 132, 133, 155, 217, 218
Mach 12
Marinetti 152, 153
Marino 18
Mariotte 225
Maxwell 14, 20, 21, 22
McGough 160
Melville 198
Mendeleev 14, 126, 174, 219, 220, 221, 222, 223, 233
Miller 33, 34
Monti 146
Moser 12
Mozart 237
Newlands 220
Newton 10, 146, 180, 211, 217
Nova 76, 80
Omero 237
Otis 113
Ovidio 187
Parker 119, 223
Patterson 118
Perc 25, 26
Pernety 46, 47, 232, 247
Perutz 211
Pessoa 160
Picasso 16, 33, 34, 35, 78
Platone 6, 15, 58, 65, 66, 97, 99, 206
Poincaré 34, 35
Ponge 155, 156
Powers 193
Priestley 129, 136, 212
Pynchon 194
Queneau 26, 28, 30, 125, 130, 132, 133, 134
Robertson 118
Roussel 25
Sacks 178, 246
Salmon 35
Schatzberg 113
Schechtman 106
Schee 212, 213
Schlegel 144, 148, 149
Schroedinger 22
Sebartes 78
Sermoni 47, 52
Shelley 185, 186, 187
Snow 8, 10, 11, 15, 194
Southey 136
Sprat 17, 18
Talete 6
Thomson 21
Tiepolo 79
Turner 147
Tyndall 19
van't Hoff 15, 225
Velazquez 76, 81
Vianello 154
Vicens 87, 90
Whewell 7
Zecchina 67

STUDI E SAGGI
Titoli Pubblicati

ARCHITETTURA, STORIA DELL'ARTE E ARCHEOLOGIA

- Benelli E., *Archetipi e citazioni nel fashion design*
Benzi S., Bertuzzi L., *Il Palagio di Parte Guelfa a Firenze. Documenti, immagini e percorsi multimediali*
Biagini C. (a cura di), *L'Ospedale degli Infermi di Faenza. Studi per una lettura tipomorfologica dell'edilizia ospedaliera storica*
Bologna A., *Pier Luigi Nervi negli Stati Uniti 1952-1979. Master Builder of the Modern Age*
Frati M., "De bonis lapidibus concis": *la costruzione di Firenze ai tempi di Arnolfo di Cambio. Strumenti, tecniche e maestranze nei cantieri fra XIII e XIV secolo*
Gregotti V., *Una lezione di architettura. Rappresentazione, globalizzazione, interdisciplinarietà*
Maggiora G., *Sulla retorica dell'architettura*
Mantese E. (a cura di), *House and Site. Rudofsky, Lewerentz, Zanuso, Sert, Rainer*
Mazza B., *Le Corbusier e la fotografia. La vérité blanche*
Mazzoni S. (a cura di), *Studi di Archeologia del Vicino Oriente. Scritti degli allievi fiorentini per Paolo Emilio Pecorella*
Messina M.G., *Paul Gauguin. Un esotismo controverso*
Pireddu A., *In abstracto. Sull'architettura di Giuseppe Terragni*
Tonelli M.C., *Industrial design: latitudine e longitudine*

CULTURAL STUDIES

- Candotti M.P., *Interprétations du discours métalinguistique. La fortune du sūtra A 1.1.68 chez Patañjali et Bhartṛhari*
Nesti A., *Per una mappa delle religioni mondiali*
Nesti A., *Qual è la religione degli italiani? Religioni civili, mondo cattolico, ateismo devoto, fede, laicità*
Pedone V., *A Journey to the West. Observations on the Chinese Migration to Italy*
Pedone V., *Perspectives on East Asia*
Rigopoulos A., *The Mahānubhāvs*
Squarcini F. (a cura di), *Boundaries, Dynamics and Construction of Traditions in South Asia*
Vanoli A., *Il mondo musulmano e i volti della guerra. Conflitti, politica e comunicazione nella storia dell'islam*

DIRITTO

- Allegretti U., *Democrazia partecipativa. Esperienze e prospettive in Italia e in Europa*
Cingari F. (a cura di), *Corruzione: strategie di contrasto (legge 190/2012)*
Curreri S., *Democrazia e rappresentanza politica. Dal divieto di mandato al mandato di partito*
Curreri S., *Partiti e gruppi parlamentari nell'ordinamento spagnolo*
Federico V., Fusaro C. (a cura di), *Constitutionalism and Democratic Transitions. Lessons from South Africa*
Fiorita N., *L'Islam spiegato ai miei studenti. Otto lezioni su Islam e diritto*
Fiorita N., *L'Islam spiegato ai miei studenti. Undici lezioni sul diritto islamico*
Fossum J.E., Menéndez A.J., *La peculiare costituzione dell'Unione Europea*
Gregorio M., *Le dottrine costituzionali del partito politico. L'Italia liberale*
Palazzo F., Bartoli R. (a cura di), *La mediazione penale nel diritto italiano e internazionale*
Ragno F., *Il rispetto del principio di pari opportunità. L'annullamento della composizione delle giunte regionali e degli enti locali*

Sorace D. (a cura di), *Discipline processuali differenziate nei diritti amministrativi europei*

Trocker N., De Luca A. (a cura di), *La mediazione civile alla luce della direttiva 2008/52/CE*

Urso E., *La mediazione familiare. Modelli, principi, obiettivi*

Urso E., *Le ragioni degli altri. Mediazione e famiglia tra conflitto e dialogo. Una prospettiva comparatistica e interdisciplinare*

ECONOMIA

Bardazzi R. (edited by), *Economic multisectoral modelling between past and future. A tribute to Maurizio Grassini and a selection of his writings*

Bardazzi R., Ghezzi L. (edited by), *Macroeconomic modelling for policy analysis*

Ciappei C. (a cura di), *La valorizzazione economica delle tipicità rurali tra localismo e globalizzazione*

Ciappei C., Citti P., Bacci N., Campatelli G., *La metodologia Sei Sigma nei servizi. Un'applicazione ai modelli di gestione finanziaria*

Ciappei C., Sani A., *Strategie di internazionalizzazione e grande distribuzione nel settore dell'abbigliamento. Focus sulla realtà fiorentina*

Garofalo G. (a cura di), *Capitalismo distrettuale, localismi d'impresa, globalizzazione*

Lauretì T., *L'efficienza rispetto alla frontiera delle possibilità produttive. Modelli teorici ed analisi empiriche*

Lazzeretti L. (a cura di), *Art Cities, Cultural Districts and Museums. An Economic and Managerial Study of the Culture Sector in Florence*

Lazzeretti L. (a cura di), *I sistemi museali in Toscana. Primi risultati di una ricerca sul campo*

Lazzeretti L., Cinti T., *La valorizzazione economica del patrimonio artistico delle città d'arte. Il restauro artistico a Firenze*

Lazzeretti L., *Nascita ed evoluzione del distretto orafa di Arezzo, 1947-2001. Primo studio in una prospettiva ecology based*

Simoni C., *Approccio strategico alla produzione. Oltre la produzione snella*

Simoni C., *Mastering the Dynamics of Apparel Innovation*

FILOSOFIA

Baldi M., Desideri F. (a cura di), *Paul Celan. La poesia come frontiera filosofica*

Barale A., *La malinconia dell'immagine. Rappresentazione e significato in Walter Benjamin e Aby Warburg*

Berni S., Fadini U., *Linee di fuga. Nietzsche, Foucault, Deleuze*

Borsari A., *Schopenhauer educatore? Storia e crisi di un'idea tra filosofia morale, estetica e antropologia*

Brunkhorst H., *Habermas*

Cambi F., *Pensiero e tempo. Ricerche sullo storicismo critico: figure, modelli, attualità*

Cambi F., Mari G. (a cura di), *Giulio Preti: intellettuale critico e filosofo attuale*

Casalini B., Cini L., *Giustizia, uguaglianza e differenza. Una guida alla lettura della filosofia politica contemporanea*

Desideri F., Matteucci G. (a cura di), *Dall'oggetto estetico all'oggetto artistico*

Desideri F., Matteucci G. (a cura di), *Estetiche della percezione*

Di Stasio M., *Alvin Plantinga: conoscenza religiosa e naturalizzazione epistemologica*

Giovagnoli R., *Autonomy: a Matter of Content*

Honneth A., *Capitalismo e riconoscimento*

Mindus P., *Cittadini e no: Forme e funzioni dell'inclusione e dell'esclusione*

Sandrini M.G., *La filosofia di R. Carnap tra empirismo e trascendentalismo. (In appendice:*

R. Carnap Sugli enunciati protocollari, Traduzione e commento di E. Palombi)

Solinas M., *Psiche: Platone e Freud. Desiderio, sogno, mania, eros*

Trentin B., *La Città del lavoro. Sinistra e crisi del fordismo*, a cura di Iginio Ariemma
Valle G., *La vita individuale. L'estetica sociologica di Georg Simmel*

LETTERATURA, FILOLOGIA E LINGUISTICA

Bastianini G., Lapini W., Tulli M., *Harmonia. Scritti di filologia classica in onore di Angelo Casanova*
Bresciani Califano M., *Piccole zone di simmetria. Scrittori del Novecento*
Dei L. (a cura di), *Voci dal mondo per Primo Levi. In memoria, per la memoria*
Ferrara M.E., *Il realismo teatrale nella narrativa del Novecento: Vittorini, Pasolini, Calvino*
Filipa L.V., *Altri orientatismi. L'India a Firenze 1860-1900*
Frances J., *Leonardo Sciascia e la funzione sociale degli intellettuali*
Franchini S., *Diventare grandi con il «Pioniere» (1950-1962). Politica, progetti di vita e identità di genere nella piccola posta di un giornalino di sinistra*
Francovich Onesti N., *I nomi degli Ostrogoti*
Frau O., Gragnani C., *Sottoboschi letterari. Sei case studies fra Otto e Novecento. Mara Antelling, Emma Boghen Conigliani, Evelyn, Anna Franchi, Jolanda, Flavia Steno*
Galigani G., *Salomè, mostruosa fanciulla*
Gori B., *La grammatica dei clitics portoghesi. Aspetti sincronici e diacronici*
Keidan A., Alfieri L. (a cura di), *Deissi, riferimento, metafora*
Lopez Cruz H., *America Latina aportes lexicos al italiano contemporaneo*
Masciandaro F., *The Stranger as Friend: The Poetics of Friendship in Homer, Dante, and Boccaccio*
Pestelli C., *Carlo Antici e l'ideologia della Restaurazione in Italia*
Rosengarten F., *Through Partisan Eyes. My Friendships, Literary Education, and Political Encounters in Italy (1956-2013). With Sidelights on My Experiences in the United States, France, and the Soviet Union*
Totaro L., *Ragioni d'amore. Le donne nel Decameron*

PEDAGOGIA

Mariani A. (a cura di), *L'orientamento e la formazione degli insegnanti del futuro*

POLITICA

Caruso S., *Homo oeconomicus. Paradigma, critiche, revisioni*
De Boni C., *Descrivere il futuro. Scienza e utopia in Francia nell'età del positivismo*
De Boni C. (a cura di), *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. 1. L'Ottocento*
De Boni C., *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. Il Novecento. Parte prima: da inizio secolo alla seconda guerra mondiale*
De Boni C. (a cura di), *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. Il Novecento. Parte seconda: dal dopoguerra a oggi*
Gramolati A., Mari G. (a cura di), *Bruno Trentin. Lavoro, libertà, conoscenza*
Ricciuti R., Renda F., *Tra economia e politica: l'internazionalizzazione di Finmeccanica, Eni ed Enel*
Spini D., Fontanella M. (a cura di), *Sognare la politica da Roosevelt a Obama. Il futuro dell'America nella comunicazione politica dei democrats*
Tonini A., Simoni M. (a cura di), *Realtà e memoria di una disfatta. Il Medio Oriente dopo la guerra dei Sei Giorni*
Zolo D., *Tramonto globale. La fame, il patibolo, la guerra*

PSICOLOGIA

Aprile L. (a cura di), *Psicologia dello sviluppo cognitivo-linguistico: tra teoria e intervento*

Barni C., Galli G., *La verifica di una psicoterapia cognitivo-costruttivista sui generis*
Luccio R., Salvadori E., Bachmann C., *La verifica della significatività dell'ipotesi nulla
in psicologia*

SOCIOLOGIA

Alacevich F., *Promuovere il dialogo sociale. Le conseguenze dell'Europa sulla regolazione
del lavoro*

Battiston S., Mascitelli B., *Il voto italiano all'estero. Riflessioni, esperienze e risultati di
un'indagine in Australia*

Becucci S., Garosi E., *Corpi globali. La prostituzione in Italia*

Bettin Lattes G., *Giovani Jeunes Jovenes. Rapporto di ricerca sulle nuove generazioni e
la politica nell'Europa del sud*

Bettin Lattes G. (a cura di), *Per leggere la società*

Bettin Lattes G., Turi P. (a cura di), *La sociologia di Luciano Cavalli*

Burroni L., Piselli F., Ramella F., Trigilia C., *Città metropolitane e politiche urbane*

Catarsi E. (a cura di), *Autobiografie scolastiche e scelta universitaria*

Leonardi L. (a cura di), *Opening the European Box. Towards a New Sociology of Europe*

Nuvolati G., *Mobilità quotidiana e complessità urbana*

Nuvolati G., *L'interpretazione dei luoghi. Flânerie come esperienza di vita*

Ramella F., Trigilia C. (a cura di), *Reti sociali e innovazione. I sistemi locali
dell'informatica*

Rondinone A., *Donne mancanti. Un'analisi geografica del disequilibrio di genere in
India*

STORIA E SOCIOLOGIA DELLA SCIENZA

Angotti F., Pelosi G., Soldani S. (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria.
Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*

Cabras P.L., Chiti S., Lippi D. (a cura di), *Joseph Guillaume Desmaysons Dupallans. La
Francia alla ricerca del modello e l'Italia dei manicomi nel 1840*

Cartocci A., *La matematica degli Egizi. I papiri matematici del Medio Regno*

Guatelli F. (a cura di), *Scienza e opinione pubblica. Una relazione da ridefinire*

Massai V., *Angelo Gatti (1724-1798)*

Meurig T.J., *Michael Faraday. La storia romantica di un genio*

Schettino V., *Scienza e arte. Chimica, arti figurative e letteratura*

STUDI DI BIOETICA

Baldini G., Soldano M. (a cura di), *Nascere e morire: quando decido io? Italia ed Europa
a confronto*

Baldini G., Soldano M. (a cura di), *Tecnologie riproduttive e tutela della persona. Verso
un comune diritto europeo per la bioetica*

Bucelli A. (a cura di), *Produrre uomini. Procreazione assistita: un'indagine multidisciplinare*

Costa G., *Scelte procreative e responsabilità. Genetica, giustizia, obblighi verso le
generazioni future*

Galletti M., Zullo S. (a cura di), *La vita prima della fine. Lo stato vegetativo tra etica,
religione e diritto*

Mannaioni P.F., Mannaioni G., Masini E. (a cura di), *Club drugs. Cosa sono e cosa
fanno*

