

Comprende versione
ebook



Antonella Maria Maggio • Roberto Zingales

Appunti di un Corso di Storia della Chimica



Accedi ai contenuti digitali

Espandi le tue risorse
un libro che **non pesa**
e si **adatta** alle dimensioni
del **tuoi lettore!**



Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edises.it**
e accedere ai contenuti digitali.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie

Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.
L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per 18 mesi.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edises.it** e segui queste semplici istruzioni

Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci email e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito **edises.it**
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edises.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*





I contenuti digitali sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere all'**Ebook**, ovvero la versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita Bookshelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.

L'accesso ai contenuti digitali sarà consentito per **18 mesi**.

Antonella Maria **Maggio** • Roberto **Zingales**

Appunti di un Corso di Storia della Chimica



Antonella Maria Maggio, Roberto Zingales
Appunti di un Corso di Storia della Chimica
Copyright © 2023, EdiSES Edizioni S.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2027 2026 2025 2024 2023

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.

Stampato presso PrintSprint S.r.l. – Napoli

per conto della EdiSES Edizioni S.r.l. – Piazza Dante Alighieri, 89 – Napoli

www.edises.it
assistenza.edises.it

ISBN 978 88 3623 157 7

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma assistenza.edises.it

Al prof. Leonello Paoloni

Per condurre i miei allievi al medesimo
convincimento che io ho, gli ho volu-
to porre sulla medesima strada per la
quale io ci son giunto, cioè per
l'esame storico delle teorie chimiche.

S. CANNIZZARO
*Sunto di un corso di
Filosofia Chimica*

Indice

13 *Prefazione*
di Luigi Cerruti

21 *Introduzione*

27 Capitolo I
La protochimica

1.1. La protochimica, 29 – 1.2. Il fuoco, 29 – 1.3. I metalli, 31 – 1.4. La terracotta, 34 – 1.5. Il vetro, 35 – 1.6. La calce, 36 – 1.7. I pigmenti minerali, 36 – 1.8. La concia, 38 – 1.9. La coloritura dei tessuti, 39 – 1.9.1 *La porpora*, 40 – 1.9.2. *L'indaco*, 41 – 1.9.3. *Il chermes*, 41 – 1.9.4. *La mordenzatura*, 42 – 1.10. I cosmetici, 42 – 1.11. Gli unguenti e i profumi, 43 – 1.12. I saponi, 44 – 1.13. I medicamenti, 45 – 1.14. Le bevande fermentate, 45

47 Capitolo II
L'Alchimia

2.1. Gli alchimisti cinesi, 49 – 2.2. Gli alchimisti indiani, 51 – 2.3. Alessandria e la cultura ellenistica, 51 – 2.4. Gli alchimisti alessandrini, 53 – 2.4.1. *Gli alchimisti esoterici*, 54 – 2.4.2. *Gli alchimisti essoterici*, 56 – 2.4.3. *I testi alessandrini*, 57 – 2.4.4. *Fine del periodo alessandrino*, 59 – 2.5. I Romani, 60 – 2.6. Gli alchimisti arabi, 62 – 2.6.1. *Geber*, 66 – 2.6.2. *Rhazes*, 68 – 2.6.3. *Abu – Mansur*, 70 – 2.6.4. *Avicenna*, 70 – 2.7. Gli alchimisti europei, 72 – 2.7.1. *Il monachesimo*, 73 – 2.7.2. *L'incontro tra due culture*, 74 – 2.7.3. *Le traduzioni*, 75 – 2.7.4. *Le Università e gli Enciclopedisti*, 76 – 2.8. Paracelso, 82 – 2.9. Gli iatrorchimici, 86 – 2.9.1 *Andreas Libau*, 87 – 2.9.2. *Jan Baptist van Helmont*, 89 – 2.9.3. *Angelo Sala*, 90 – 2.9.4. *Johann Rudolf Glauber*, 92 – 2.9.5. *François Dubois*, 92 – 2.9.6. *Otto Tachenius*, 93 – 2.10. I manuali, 93

97 Capitolo III
La costituzione della Materia

3.1. I filosofi greci, 98 – 3.1.1. *Il principio unico*, 100 – 3.1.2. *Gli elementi*, 103 – 3.1.3. *Pitagora*, 105 – 3.1.4. *L'atomismo*, 106 – 3.1.5. *Platone*, 109 – 3.1.6. *Aristotele*, 111 – 3.1.7. *Epicuro*, 115 – 3. 2. Gli alchimisti, 116 – 3.2.1. *Gli alchimisti arabi*, 117 – 3.2.2. *Gli atomisti medievali*, 119 – 3.2.3. *Il Rinascimento*, 122 – 3.3. Il Seicento, 123 – 3.3.1. *Cartesio e i meccanicisti*, 125 – 3.3.2. *I concetti di principio e misto*, 127 – 3.3.3. *Robert Boyle*, 128 – 3.4. La teoria del flogisto, 130 – 3.5. Isaac Newton, 134 – 3.5.1. *Dopo Newton*, 136 – 3.6. Conclusioni, 138

139 Capitolo IV

Le leggi quantitative

4.1. La bilancia, 140 – 4.2. Il peso specifico, 143 – 4.2.1. *La bilancia idrostatica*, 144 – 4.2.2. *L'areometro*, 145 – 4.3. Il barometro, 146 – 4.4. Il termometro, 150 – 4.4.1. *La scelta del fluido termometrico*, 156 – 4.4.2. *Le scale termometriche*, 157 – 4.5. Le determinazioni quantitative, 161 – 4.5.1. *Il principio di conservazione*, 162 – 4.5.2. *La composizione delle sostanze*, 164 – 4.5.3. *La stechiometria*, 164 – 4.5.4. *Le proporzioni definite*, 170

173 Capitolo V

La Chimica pneumatica

5.1. L'aria, 174 – 5.1.1. *La raccolta dei gas*, 177 – 5.2. La scoperta delle arie, 180 – 5.2.1. *L'aria fissa*, 180 – 5.2.2. *L'aria flogisticata*, 185 – 5.3. I protagonisti, 186 – 5.3.1. *Il religioso*, 186 – 5.3.2. *L'aristocratico*, 191 – 5.3.3. *Il farmacista*, 194 – 5.4. Gli strumenti di misura: l'eudiometro, 196 – 5.5. Antoine Laurent Lavoisier, 200 – 5.6. Conclusioni, 217

219 Capitolo VI

Elementi, atomi, molecole

6.1. La definizione di elemento, 221 – 6.2. John Dalton e la teoria atomica, 225 – 6.2.1. *Lo studio dei gas*, 226 – 6.2.2. *La determinazione dei pesi atomici*, 229 – 6.2.3. *Le proporzioni multiple*, 235 – 6.3. La legge dei volumi, 239 – 6.4. Il principio di Avogadro, 241 – 6.4.1. *La determinazione dei pesi atomici dalle densità gassose*, 245 – 6.5. Jöns Jacob Berzelius, 248 – 6.5.1. *I pesi atomici di Berzelius*, 250 – 6.5.2. *Gli atomi doppi*, 251 – 6.6. Le alternative al peso atomico, 252 – 6.7. Altri metodi sperimentalni, 254 – 6.8. Il dibattito sull'atomismo, 258 – 6.9. La restaurazione, 262 – 6.10. La rinascita, 263 – 6.11. Il Congresso di Karlsruhe, 265 – 6.11.1. *Il Sunto*, 270 - 6.11.2. *La conclusione del Congresso*, 274

277 Capitolo VII

Nomi e simboli

7.1. Il linguaggio esoterico: l'alchimia, 279 – 7.2. Il linguaggio universale, 282 – 7.2.1. *Il linguaggio algebrico*, 285 – 7.2.2. *Il linguaggio sistematico*, 285 – 7.3. Il linguaggio chimico, 286 – 7.4. Il linguaggio simbolico della Chimica, 292 – 7.4.1. *I simboli alchemici*, 293 – 7.4.2. *I simboli dell'Accademia*, 297 – 7.4.3. *I simboli di Dalton*, 298 – 7.4.4. *I simboli letterali*, 299 – 7.4.5. *Le equazioni di reazione*, 301

303 Capitolo VIII

Valenza e Struttura

8.1. La cristallografia, 304 – 8.2. La Chimica organica, 305 – 8.3. L'analisi delle sostanze organiche, 309 – 8.3.1. *L'analisi prossima*, 320 – 8.4. Gli isomeri, 321 – 8.5. Il vitalismo, 323 – 8.6. I radicali, 325 – 8.7. La classificazione, 326 – 8.7.1. *La legge della sostituzione*, 328 – 8.7.2. *La classificazione in tipi*, 330 – 8.7.3. *La teoria del nucleo*, 331 – 8.7.4. *La teoria unitaria*, 333 – 8.7.5. *La teoria dei residui*, 333 – 8.7.6. *Le serie omologhe*, 335 – 8.7.7. *La nuova teoria dei tipi*, 337 – 8.8. La sintesi degli eteri, 340 – 8.9. La teoria della valenza, 344 – 8.9.1. *Valenza costante o variabile?*, 352 – 8.9.2. *I composti insaturi*, 355 – 8.10. La stereochimica, 356 – 8.11. I composti aromatici e il luogo chimico, 361 – 8.12. Il linguaggio della Chimica organica, 364

369 Capitolo IX

Dall'ηλεκτρον all'elettrone

9.1. La bottiglia di Leida, 372 – 9.2. Franklin e l'elettricità naturale, 374 – 9.3. Galvani e l'elettricità animale, 376 – 9.4. Volta e l'organo elettrico artificiale, 380 – 9.4.1. *L'evoluzione della pila*, 384 – 9.4.2. *L'elettrolisi*, 385 – 9.5. Davy e l'identificazione di nuovi elementi, 386 – 9.5.1. *Davy e l'affinità*, 388 – 9.5.2. *Avgadro e l'ossigenicità*, 389 – 9.5.3. *Berzelius e il dualismo elettrochimico*, 390 – 9.6. Faraday e le leggi dell'elettrolisi, 394 – 9.7. Il meccanismo della conduzione elettrica in soluzione, 399 – 9.8. Arrhenius e la dissociazione elettrolitica, 401 – 9.9. L'elettrone, 404

407 Capitolo X

Acidi e basi

10.1. Le origini, 408 – 10.2. Gli acidi minerali, 410 – 10.2.1. *Acido nitrico*, 411 – 10.2.2. *Acido solforico*, 412 – 10.2.3. *Acido cloridrico*, 413 – 10.2.4. *Altri acidi*, 413 – 10.3. Gli alcali, 414 – 10.4. Classificazione degli acidi e delle basi, 414 – 10.5. Teoria degli acidi e delle basi, 417 – 10.5.1. *Lavoisier e il principio acidificante*, 419 – 10.5.2. *Liebig e la teoria della sostituzione*, 421 – 10.5.3. *Arrhenius e la dissociazione elettrolitica*, 423 – 10.5.4. *Limiti della teoria di Arrhenius*, 425 – 10.5.5 *La teoria di Brönsted e Lowry*, 427 – 10.6. La forza degli acidi, 430 – 10.7. La teoria elettronica di Lewis, 432 – 10.8. Gli indicatori, 433

437 Capitolo XI

La classificazione degli elementi

11.1. La classificazione in Chimica, 439 – 11.2. Alla ricerca di un criterio di classificazione, 441 – 11.2.1. *Riconoscimento di analogie e differenze*, 441 – 11.2.2. *Ricerca di formule algebriche o geometriche*, 444 – 11.2.3. *La ricerca di un ordine naturale*, 445 – 11.3. Mendeleév: la scoperta di un ordine naturale, 453 – 11.3.1. *Elementi e corpi semplici*, 454 – 11.3.2. *La scelta del criterio ordinatore*, 456 – 11.3.3. *La legge di periodicità*, 458 – 11.3.4. *La diffusione della legge*, 459 – 11.3.5. *La Tabella Periodica*, 460 – 11.3.6. *La correzione dei pesi atomici*, 464 – 11.3.7. *Gli elementi ancora sconosciuti*, 466 – 11.4. Il consolidamento della legge di periodicità, 467 – 11.5. Conclusioni, 469

471 Capitolo XII

Le particelle subatomiche

12.1. L'unità di carica elettrica, 471 – 12.2. La scarica elettrica nei gas, 472 – 12.3. I raggi catodici: onde o particelle?, 476 – 12.4. I raggi canale e i raggi X, 479 – 12.5. La radioattività, 481 – 12.6. Il rapporto carica/massa, 483 – 12.7. Joseph John Thomson, 485 – 12.8. L'elettrone, 488 – 12.9. La struttura dell'atomo, 491 – 12.10. I primi modelli atomici, 492 – 12.11. La natura delle radiazioni, 495 – 12.12. Il nucleo atomico, 498 – 12.13. La carica nucleare, 502 – 12.14. Gli isotopi, 505 – 12.15. Bohr e la configurazione elettronica, 509 – 12.16. Le reazioni nucleari, 513 – 12.17. Fissione e fusione nucleare, 514

517 Capitolo XIII

Alla ricerca degli elementi mancanti

13.1. L'analisi spettroscopica, 519 – 13.2. La conferma delle previsioni, 520 – 13.2.1. *Il Gallio*, 521 – 13.2.2. *Lo Scandio*, 523 – 13.2.3. *Il Germanio*, 525 - 13.3. L'esigenza di nuovi spazi, 528 – 13.4. Una nuova famiglia di elementi, 532 – 13.4.1. *L'Argon*, 532 – 13.4.2. *L'Elio*, 535 – 13.4.3. *Il completamento del gruppo*, 536 – 13.5. I metodi radiochimici, 539 – 13.6. La ricerca sistematica, 542 – 13.6.1. *L'elemento 72*, 542 – 13.6.2. *L'elemento 75*, 544 – 13.7. Un nuovo problema: gli isotopi, 546 – 13.8. Il ciclotrone e gli elementi artificiali, 547 – 13.8.1. *L'elemento 43*, 549 – 13.8.2. *L'elemento 61*, 550 – 13.8.3. *L'elemento 85*, 551 – 13.9. Al di là dei limiti della Natura: gli elementi transuranici, 551 – 13.9.1. *L'elemento 93*, 552 – 13.9.2. *L'elemento 94*, 552 – 13.9.3. *L'elemento 95*, 553 – 13.9.4. *L'elemento 96*, 553 – 13.9.5. *L'elemento 97*, 554 – 13.9.6. *L'elemento 98*, 554 – 13.9.7. *Gli elementi 99 e 100*, 554 – 13.9.8. *Gli elementi da 101 a 103*, 554 – 13.10. Il futuro: gli elementi superpesanti, 555

557 Indice dei nomi

587 Bibliografia e Sitografia

Prefazione alla prima edizione

di Luigi Cerruti¹

La nostra società è attraversata da pesanti contraddizioni, tra cui la più grave è l'attuale incapacità di controllare gli effetti di uno sviluppo scientifico e tecnologico senza precedenti. Robotica, intelligenza artificiale e grandi potenze di calcolo sono il risultato di un impegno pluridecennale da parte di scienziati, ricercatori, Stati ed imprese. A fronte di questo impegno massiccio, e del conseguente sviluppo, si deve constatare un generale disamoramento verso il pensiero scientifico – per non parlare più schiettamente di analfabetismo scientifico. In effetti, le inchieste condotte negli Stati Uniti sulle opinioni che i cittadini americani hanno sui grandi temi scientifici (a partire dall'evoluzione) mettono in luce il fatto preoccupante che il giudizio di gran parte dei cittadini si basa essenzialmente sul sentito dire. Quasi sempre manca la conoscenza diretta dei termini del problema, e ancor più non si giunge ad una analisi critica del problema di cui si discute. Detto in poche parole, nella realtà dei nostri tempi ad una società che si proclama ‘società della conoscenza’ si contrappone una ‘società dell’informazione’. Cristiano Castelfranchi, Direttore dell’Istituto del CNR per le scienze e le tecnologie cognitive, ha scritto:

L’accresciuta diffusione dell’informazione, degli insegnamenti ufficiali, e della divulgazione in effetti si abbina ad una intatta (ma non più *naïve* e corrotta) ignoranza fatta di irrazionalità, di pregiudizi, mancanza di comprensione, strumentalità. *La seria mancanza di un atteggiamento razionale si riflette sui problemi della vita, della società, ecc.* Non sembra per nulla una società della conoscenza, quanto piuttosto una società della tecnica e dell’informazione (corsivo nel testo originale).²

¹ Professore associato di Storia della Chimica, Università di Torino (1941-2021).

² C. CASTELFRANCHI, "Six critical remarks on science and the construction of the knowledge society", *J. Sc. Comm.*, 6 (4), pp. 1-3 (2007); URL: [https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/Jcom0604\(2007\)C03.pdf](https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/Jcom0604(2007)C03.pdf).

La valutazione di Castelfranchi rispetto all'attuale ‘stato di ignoranza’ è drastica: è scomparsa l’antica ignoranza ‘etimologica’, del semplice ‘non sapere’, abbiamo invece a che fare con una ignoranza ostile alla fatica del sapere, tronfia dei propri stessi pregiudizi. Posti di fronte a questa *ignoranza velenosa* diventa prezioso come un *antidoto* questo volume di Roberto Zingales e Antonella Maggio dedicato alla storia della chimica. La severità dello stile non nasconde, ma anzi esalta la varietà dei temi affrontati dai due autori.

I vari linguaggi specialistici in uso in chimica testimoniano i diversi approcci alla costituzione di sostanze e materiali, e si differenziano in funzione dei particolari metodi di studio con cui i chimici cercano di comprendere le trasformazioni della materia. Il linguaggio della chimica analitica non è quello della chimica quantistica, in quanto la specializzazione dei linguaggi settoriali rispecchia le diverse finalità conoscitive delle diverse branche della chimica. L’analisi di un terreno contaminato è ben diversa dal calcolo dei modi normali di vibrazione di una particolare molecola. A livello storiografico ha quindi senso parlare dello sviluppo della ‘chimica organica’ o della nascita della ‘chimica organica fisica’. Uno dei grandi pregi del racconto di Zingales e Maggio è che lo sviluppo disciplinare non è trattato come un accrescimento lineare delle conoscenze chimiche, come un processo cumulativo, tale per cui ‘sapendo una cosa’ si viene a ‘saperne un’ altra’. Come dicono i nostri Autori: “l’acquisizione delle conoscenze scientifiche, non è mai un’opera compiuta, [...] ma costituisce un processo in continua evoluzione, non privo di ostacoli e di errori”.

Leggiamo questo passo del libro, che si riferisce allo stato della ‘chimica organica’ all’inizio dell’Ottocento, ovvero riguarda, secondo i termini di quell’epoca, la situazione conoscitiva della ‘chimica animale e vegetale’:

L’approccio alla Chimica organica era largamente descrittivo e orientato alla medicina: si era interessati all’origine biologica e agli usi medici delle sostanze, piuttosto che alla loro composizione. I materiali organici più conosciuti e studiati all’inizio del XIX secolo erano sangue, grassi, bile, saliva, urina, pelle, capelli, corna, gelatina, fibrina, dal mondo animale e zuccheri, acidi, alcoli, oli, cere, gomme, indaco, tannino, canfora, dalle piante.

Si tratta di due elenchi impressionanti di ‘materiali’ organici: se i chimici si fossero limitati agli aspetti descrittivi di “pelle, capelli, corna” la chimica organica non sarebbe mai nata, e questa nascita – ben

descritta da Zingales e Maggio – è potuta avvenire cambiando in modo radicale le finalità della ricerca: non più soltanto l'utilità in campo medico ma il privilegio dato agli aspetti prettamente chimici di purezza e composizione elementare delle sostanze e della reattività caratteristica di ogni sostanza. Nel caso del passaggio da una ‘chimica animale’ ad una ‘chimica organica’ si ha un *allontanamento* dei chimici dalla medicina intesa come disciplina egemone. Ma vi sono casi fondamentali di *avvicinamento* interdisciplinare, come nel caso del modello atomico di Bohr. Scrivono Zingales e Maggio:

Nonostante l'impressione generale creata in molti libri di testo, e le sue stesse affermazioni, Bohr non era in grado di determinare con esattezza, attraverso calcoli quantomeccanici, il numero massimo di elettroni che un'orbita poteva ospitare. La sua geniale intuizione fu quella di *lasciarsi completamente guidare dai dati chimici e spettroscopici* e stabilire la configurazione elettronica dei diversi atomi sulla base delle proprietà chimiche e fisiche degli elementi, [in particolare Bohr] adeguando il numero massimo di elettroni in un'orbita alla lunghezza del corrispondente periodo della tabella periodica (corsivo aggiunto).

Il passo qui citato sottolinea la fertile commistione di concetti chimici e fisici nel pensiero di uno dei fisici teorici più importanti del Novecento. Si possono però fare anche due osservazioni che riguardano lo stile storiografico dei due Autori. Il riferimento alla “impressione generale creata in molti libri di testo” denuncia una piaga storiografica che gli storici chiamano ‘tradizione dei manuali’. Le notizie storiche che si leggono in molti manuali sono spesso riprese da altri manuali, senza alcuna verifica indipendente che i fatti narrati siano veramente accaduti, o siano accaduti nel modo descritto dal manuale. Si tramandano così notizie errate, anche in ambienti molto paludati come quello dei metrologi. Anni fa fui invitato ad un convegno di metrologi dedicato alla determinazione della costante di Avogadro. A un certo punto della mia relazione dimostrai – testi alla mano – che a consolidare il concetto di mole e a darle il simbolo *mol* era stato Walter Nernst nel 1893 in un’opera di chimica teorica³ e non Wilhelm Ost-

³ W. NERNST, *Theoretische Chemie von Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik* (Enke, Stuttgart 1893), p. 43; si noti quanto è richiamato nello stesso titolo dell’opera di Nernst: *Chimica teorica dal punto di vista della regola di Avogadro e della termodinamica*.

wald. Il testo della mia relazione fu opportunamente pubblicato su *Metrologia*, una rivista prestigiosa per gli addetti ai lavori, e oscura per tutti gli altri ricercatori⁴. Ma probabilmente la ‘tradizione dei manuali’ è inesorabile, e la precedenza concettuale viene data tuttora a Ostwald, anche in rete da Wikipedia, con tanto di bibliografia. Il secondo punto di interesse storiografico si trova quando gli Autori sostengono che malgrado “le stesse affermazioni” di Bohr, i fatti storici non corrispondono a quanto dichiarato dal grande fisico danese. Ogni affermazione fatta nel passato va confermata nei documenti, anche se a farla è stato il grande Bohr. La storia non è una scienza esatta, ma è pur sempre una scienza, con una metodologia alquanto stringente.

Marco Ciardi, storico della scienza e amico carissimo, ha attirato la mia attenzione su un breve saggio⁵ di Arnaldo Momigliano, studioso di fama internazionale della storiografia antica. Ha scritto Momigliano: "Poiché il mestiere dello storico consiste nel raccogliere e interpretare documenti per ricostruire e comprendere gli avvenimenti del passato, se non ci sono documenti, non c'è storia". Momigliano è veramente lapidario: "se non ci sono documenti, non c'è storia", ma purtroppo talvolta non basta che vi siano documenti. All'inizio del saggio che stiamo citando Momigliano denunciò "il vizio di leggere studi moderni invece che documenti originali, quando si discute del passato, cioè di storia". Va da sé che condivido pienamente il pensiero di Momigliano, ed anzi azzardo una modifica del testo originale: "ci sono documenti, ma se non sono letti e interpretati non c'è storia". In altri termini, non è possibile scrivere di storia basandosi su fonti secondarie. Zingales e Maggio sono totalmente esenti dal ‘vizio’ denunciato da Momigliano, in quanto hanno sempre lavorato sulle fonti originali. Vorrei però sottolineare un aspetto che va oltre le regole storiografiche. È solo l'accesso alle fonti primarie che permette il confronto fra le diverse interpretazioni dei ‘fatti’ storici, e così il volume dei nostri Autori si offre pienamente alla critica dei lettori.

⁴ L. CERRUTI, "The Mole, Amedeo Avogadro and Others", *Metrologia*, 31, 159-166 (1994).

⁵ A. MOMIGLIANO, "Le regole del gioco nello studio della storia antica", *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa. Classe di Lettere e Filosofia*, Serie III, Vol. 4, No. 4, pp. 1183-1192 (1974).

L'accenno alle norme metodologiche della ricerca storiografica mi porta a considerare più da vicino la metodologia messa in opera dai nostri Autori. Che la chimica sia una scienza sperimentale sembra un dato di fatto inoppugnabile,⁶ malgrado la latitanza dei laboratori in molte scuole, il contrarsi per gli studenti universitari del tempo trascorso al bancone, e l'accesso ad una strumentazione virtuale sempre più simile nei risultati alla strumentazione materiale. Molto spesso la storiografia della scienza segue da vicino questo andamento culturale, privilegiando gli aspetti teorici rispetto a quelli sperimentali, forse sperando di essere più comprensibile per il fantomatico ‘lettore colto’. La reazione dei nostri Autori a questo distacco dalla realtà di laboratorio è molto forte, e li ha portati a scrivere pagine che ritengo straordinarie. Mi riferisco in particolare ai ‘tappi di Liebig’.

Justus Liebig fu uno dei maggiori chimici dell’Ottocento, interessato a tutti gli aspetti della chimica, compresi quelli applicativi (si può ricordare il dado da brodo Liebig?). Scrivono Zingales e Maggio:

Intorno al 1830, [Liebig] costruì un apparato e sviluppò un procedimento analitico, tanto veloce e semplice da rendere routinarie le analisi elementari, non solo nelle mani dei chimici analitici più esperti, ma anche degli studenti, provenienti da tutto il mondo, che svolgevano nel suo laboratorio un impegnativo tirocinio analitico; il metodo rimase in uso fino all’introduzione della microanalisi nel XX secolo.

Frasi simili si trovano in tutti i testi di storia della chimica dell’Ottocento, ciò che si trova solo nel volume dei nostri Autori è altro. Alla frase appena citata è premessa una mezza pagina che colloca l’opera di Liebig in “un momento nel quale molte questioni erano ancora aperte”. Segue un elenco di otto questioni, di cui soltanto l’ultima è di carattere teorico: “in che modo gli elementi identificati erano organizzati all’interno delle molecole?”. Tutti gli altri problemi riguardano le pratiche sperimentali, ad esempio: “come diminuire

⁶ Direi che anche la fisica è una scienza sperimentale, ma i miei studenti di fisica non sembravano di questa opinione. Per un decennio ho insegnato chimica al secondo anno del corso di laurea in fisica, e specialmente quando trattavo questioni termodinamiche ricordavo che la fisica è una scienza sperimentale e che quindi occorreva validare con opportuni esperimenti la correttezza della trattazione teorica. Ebbene, la mia affermazione che la fisica è una scienza sperimentale sembrava cogliere di sorpresa i miei allievi.

l’igroscopicità dell’ossido rameico e la sua tendenza ad assorbire aria per riscaldamento?”; e ancora: “tubi di gomma e tappi di sughero erano adatti, e quale materiale si alterava meno durante la combustione?”. Sono interrogativi del tutto simili a quelli che si pone un ricercatore mentre sta ‘montando’ il proprio apparato sperimentale,⁷ a dimostrazione che i ‘dati’ sperimentali non si incontrano per caso, ma sono ‘costruiti’ con cura e passione.

Nel testo di Zingales e Maggio l’analisi epistemologica delle teorie è meno evidente dell’analisi delle pratiche sperimentali, ma è pure presente, e in un modo alquanto raffinato:

[...] alla fine del ‘700, i chimici avevano cominciato ad individuare numerose regolarità numeriche nella composizione delle sostanze e nei loro rapporti di combinazione. Di conseguenza, era sempre più avvertita l’esigenza, non solo epistemologica, ma anche didattica, di una teoria che disciplinasse e razionalizzasse tali regolarità; tuttavia, questa razionalizzazione non si sarebbe potuta realizzare se prima non si fosse riusciti a formulare un modello di struttura della materia, che si accordasse con le evidenze sperimentali.

Questo passo dice molte cose sulla nascita di una teoria. Non è stato sufficiente l’accumulo di dati sperimentali, e nemmeno il sentimento comune di esigenze epistemologiche e didattiche, è occorsa la formulazione di un modello della struttura della materia che rispondesse alle esigenze epistemologiche e didattiche e che si accordasse con i risultati degli esperimenti. Si può sottolineare che il momento della formulazione di un modello è il momento di massima libertà e creatività di un ricercatore. D’altra parte il destino di una teoria spesso non è univoco. A proposito di una teoria di chimica organica proposta negli anni 1830 i nostri Autori fanno questa osservazione: « Piuttosto che la soluzione al problema di identificare strutture molecolari, al momento non molto sentito, la teoria dei radicali migliorava la comprensione dei processi attraverso i quali i composti si decomponevano o si ricomponevano, suggerendo implicitamente le strategie per sintetizzarne intere classi.»

⁷ La mia personale sensibilità ai ‘tappi di Liebig’ nasce da una lontana pratica con linee a vuoto, la cui tenuta dipendeva in modo critico da quella delle connessioni fra la linea a vuoto e i palloni che contenevano il gas da studiare.

Il pensiero chimico ha due polarità ben distinte, la polarità della conoscenza della costituzione/struttura delle molecole e la polarità dello studio e del controllo delle reazioni. Il valore epistemologico del passo appena citato sta nel chiarire che l'uso della teoria dei radicali si orientò verso la polarità 'dinamica' delle reazioni, piuttosto che verso quella 'statica' delle strutture molecolari.

Giunto alla fine di questa mia nota, ricorro ancora allo scritto già citato di Castelfranchi:

Fondamentalmente, comunicare la scienza non è comunicare informazione o tecnologie. È diffondere la pratica educativa di mettere in dubbio i luoghi comuni, di comprendere su quali evidenze essi sono basati, di criticare fonti e 'dati', di cercare la 'verità', e non il dominio. Non sono le nozioni o le informazioni che contano, ma la conoscenza e la comprensione.

Il valore più spiccatò dell'opera di Roberto Zingales e Antonella Maggio è che essa propone una via critica verso la conoscenza dello sviluppo storico della chimica e verso la comprensione di cosa significa *ricerca scientifica*, una componente essenziale del mondo della vita a cui apparteniamo.

quelle delle sostanze inanimate, come colore, sapore, ecc., ma anche dei corpi animati, come vita, morte, intelligenza, ecc. Tutti gli oggetti erano fatti degli stessi atomi, e si distinguevano tra di loro per gli accidenti. Istante dopo istante, Dio poteva confermare, cambiare o annullare l'incidente relativo a ciascuno degli infiniti atomi esistenti nel mondo: nel primo caso, la sostanza manteneva la propria natura e la propria identità, nel secondo la cambiava, nel terzo scompariva⁵.

3.2.2. *Gli atomisti medievali*

Vaghi accenni, spesso critici, che ne hanno fatto diversi autori cristiani come Lattanzio e Agostino, testimoniano come il concetto di atomo, pur avendo subito una profonda recessione, fosse ancora presente nella cultura dell'Europa medievale¹¹. Gli autori che, in questo periodo, s'interessavano all'atomismo possono essere divisi in tre categorie: i cronicisti, i simpatizzanti e i proponenti.

I primi, tra i quali il vescovo Isidoro da Siviglia (ca 560 – 636), il venerabile Beda (672 – 735) e, dopo alcuni secoli, Vincent de Beauvais (1190 – 1264), erano essenzialmente degli storici che inserivano commentari sulla teoria atomica nelle loro raccolte delle conoscenze scientifiche e filosofiche dell'umanità. Tra i simpatizzanti, Adelardo di Bath e Thierry di Chartres (m ca 1155), che però sostenevano la teoria dei quattro elementi, mentre, tra quelli che ridiedero vitalità alla teoria atomica, vanno citati William di Conches (1080 – 1154) e il francescano Guglielmo di Ockham (1300 – 1350). Il loro impegno, in tempi in cui l'indipendenza del pensiero non era apprezzata, garantì la sopravvivenza della concezione atomistica; tuttavia, a differenza degli Arabi, essi non seppero arricchire la teoria con innovazioni personali⁵.

I filosofi rimasero molto più affascinati dal razionalismo aristotelico, specie dopo che San Tommaso, partendo dalla considerazione che fede e ragione non dovrebbero contraddirsi a vicenda, aiutò la Chiesa a superare la sua iniziale ostilità nei confronti del filosofo greco. Introdusse nelle teorie aristoteliche il concetto di *hylomorfismo*, l'interazione di forma e materia. La *forma sostanziale* agiva sulla materia prima, per produrre i diversi oggetti materiali, attraverso una ben definita serie di passaggi. Innanzi tutto, l'interazione reciproca tra le quattro qualità primarie degli elementi distruggeva quelle originali, producendo una singola *qualitas media*, che manteneva qualcosa dei reattivi; questa, a sua volta, forniva la disposizione necessaria indurre

la nuova forma sostanziale, la *forma mixti*. Tommaso non ammetteva forme intermedie tra la materia prima e le forme sostanziali del misto, in netto contrasto con le teorie alchemiche tradizionali, che concepivano Zolfo e Mercurio come componenti immediati dei metalli¹⁸.

La questione si arricchì di contenuti teologici con la disputa intorno al dogma cattolico della *transustanziazione*, che, partendo dalle proprietà sensibili del pane e del vino arrivava a postulare un cambiamento radicale nella loro sostanza, durante la Consacrazione. Il concetto dell'*hylomorfismo* sembrava offrire una spiegazione al miracolo eucaristico, nel quale la sostanza del pane e quella del vino scomparivano, per essere sostituite da quelle del corpo e del sangue di Cristo; invece gli accidenti (apparenza) continuavano a manifestarsi ai nostri sensi come pane e vino, sebbene non fossero più tali. L'apparenza e la persistenza di accidenti senza cause, che costituivano un intero di solito non dissociabile, subivano un disaccoppiamento, quasi unico in natura, ma perfettamente concepibile nella Fisica di Aristotele, anche se solo in presenza di un miracolo. Invece, esso era assolutamente inammissibile nella teoria atomica, che negava alle qualità sensoriali ogni realtà, indipendente dalla disposizione degli atomi⁵. Enunciato nel IV Concilio Lateranense (1215) e ribadito dal Concilio di Trento (1545 – 1563), il dogma ostacolò, in qualche modo, la diffusione nei paesi cattolici delle filosofie corpuscolari, che, assumendo che i cambiamenti delle qualità primarie implicassero anche quelli nelle qualità secondarie, rendevano insensato il concetto di passaggio dalla potenzialità alla realtà, centrale nella scienza aristotelica³.

Tuttavia, non si poteva più non tener conto dell'esperienza accumulata nella pratica alchemica, alla quale si rifaceva la concezione della materia esposta nel *Summa Perfectionis Magisterii* da un europeo di fine duecento, che si firmava Geber, e che recentemente è stato identificato come Paolo di Taranto (XIII secolo). Concepiva i quattro elementi come ipotetici corpuscoli molto piccoli (*minima*), i quali costituivano una sorta di substrato. Ciascun metallo era costituito dai principi Mercurio e Zolfo combinati in una specifica proporzione, che da esso potevano essere isolati con le comuni operazioni dell'analisi chimica, come il riscaldamento in una fornace. I corpuscoli di Zolfo e Mercurio, a loro volta, erano costituiti dai *minima* uniti in una *fortissima compositio*, così salda da non poter essere decomposta neanche dalla forza disgregante del fuoco. Il riscontro sperimentale a questa teoria era dato da due fatti ben noti: per sublimazione, il Mercurio

condensa sotto forma di minutissime goccioline, lo Zolfo di polvere finemente suddivisa; inoltre, dopo aver calcinato i metalli, sciolta la loro calce in acido, portata a secco la soluzione, il residuo poteva essere ridotto al metallo di partenza. Questo dimostrava che la calcinazione non riduceva i metalli ai quattro elementi, perché la loro successiva ricombinazione non avrebbe dovuto necessariamente riformare lo stesso metallo¹⁸.

La differenza principale tra il concetto geberiano e quello aristotelico di mixis stava nella maggiore attenzione all'esperienza pratica degli alchimisti. Era sempre più evidente che le proprietà dei composti, pur essendo differenti da quelle dei componenti, erano in qualche modo correlate ad esse, e che i prodotti potevano essere riconvertiti nei reagenti. Questo poteva essere spiegato solo rigettando l'ipotesi aristotelica della completa distruzione dei reagenti nel corso delle reazioni, e ammettendo che essi permanessero in qualche misura nei prodotti. Geber rielaborò il pensiero aristotelico stabilendo una gerarchia di forme, alla cui base stavano quelle dei quattro elementi; al successivo livello di complessità stavano i principi Zolfo e Mercurio, costituenti di tutti i metalli, e infine quelle dei metalli e dei minerali, accessibili alla nostra esperienza. Questa concezione era il risultato del tentativo di conciliare l'uniformità della materia e dei suoi componenti elementari con la difficoltà sperimentale di isolarli come tali, e con l'idea che esistessero dei componenti macroscopici che l'alchimista poteva isolare e manipolare.

Sebbene in campo filosofico le teorie aristoteliche continuassero ad essere predominanti, quelle corpuscolari non erano del tutto scomparse, perché sembravano più adatte a spiegare le evidenze sperimentali. La differenza sostanziale tra atomismo e corpuscolarismo stava nel fatto che, mentre gli atomi, per definizione, erano indivisibili, e le proprietà dei corpi macroscopici erano determinate dalla loro disposizione, i corpuscoli erano, in linea di principio, divisibili e avevano le stesse proprietà dell'oggetto macroscopico. Furono riprese le teorie sull'esistenza reale dei *minima*, il limite ultimo della divisione dei corpi, oltre il quale la sostanza perdeva la propria identità. Per Aristotele e i suoi commentatori greci, la divisione era solo ideale e i *minima* non esistevano realmente; Averroè diede loro consistenza reale, ritenendoli il risultato di una divisione fisica, e in questa forma la teoria passò agli Scolastici.

A differenza degli atomi democritei, durante una reazione, le interazioni tra *minima* differenti causavano una loro alterazione interna e si produceva una *qualitas media*, che li predisponeva a ricevere la *forma mixti*⁴, garantendo che, in qualche misura, le loro forme originali si mantenessero nei prodotti. Nel corso dei secoli XVI e XVII, questa spiegazione dell'interazione tra i *minima* fu ritenuta sempre più insoddisfacente e pian piano sostituita da una primitiva forma di atomismo¹⁹, che era stato riportato all'attenzione degli intellettuali rinascimentali dal ritrovamento (1417), da parte di Poggio Bracciolini (1380 – 1459), del manoscritto del *De rerum natura*.

I tempi erano maturi perché le speculazioni dei filosofi e quelle degli alchimisti praticanti si differenziassero: mentre i primi si interrogavano soprattutto sulla natura e sulle proprietà delle particelle elementari, i secondi davano più enfasi ai componenti delle sostanze che adoperavano. Per costoro, le trasformazioni chimiche andavano pensate in termini di separazioni e ricombinazioni di particelle, invariabili e incorruttibili, che esistevano come tali prima di combinarsi, e rimanevano invariate nei misti. La reazione chimica non era più un passaggio dall'*essere in potenza* all'*essere in atto*, come ritenevano gli aristotelici, né un processo di maturazione, per mezzo del calore o di solventi, come ritenevano i primi alchimisti, perché gli elementi costituenti entravano a far parte *realmente* della composizione del prodotto.

3.2.3. *Il Rinascimento*

Paracelso introdusse in Medicina e Chimica un nuovo modo di interpretare i fenomeni naturali, basato sulla sperimentazione e sulle pratiche di laboratorio. Integrò gli elementi aristotelici, dai quali talvolta escludeva il fuoco, con i principi alchemici *mercurio* (principio attivo, che costituiva l'anima dei metalli) e lo *zolfo* (principio passivo, che ne costituiva lo spirito), cui aggiunse un principio mediatore il *sale*, simbolo della solidità, che riteneva il componente essenziale dei corpi viventi²¹. Questi tre principi, *tria prima* (di possibile ispirazione trinitaria) non erano sostanze concretamente individuabili, ma soltanto matrici, o *archetipi*, di natura spirituale, nascosti nei corpi naturali, ai

²¹ H. W. SALZBERG. *From Caveman to Chemist*. American Chemical Society, Washington, DC, USA, 1991.

quali conferivano caratteristiche e qualità. Pur ritenendo che i tre principi si conservassero immutati nei composti chimici, avanzò l'ipotesi che, accanto ai tria prima, fosse presente una forma più spirituale, l'*archeus*, principio direttivo e organizzatore che trasformava un semplice aggregato in qualcosa di unico e omogeneo⁴.

Con la Riforma luterana e la messa in discussione, oltre che dei dogmi di fede, della guida religiosa, politica e culturale della Chiesa Cattolica, anche le dottrine aristoteliche cominciarono a subire i primi seri attacchi, e furono rivalutate le concezioni corpuscolari. Giordano Bruno (1548 – 1600) riteneva che tutti i corpi naturali fossero costituiti da *monadi*, invariabili e impenetrabili, separati da un *vacuum* o *etere*, invariabile e indistruttibile, che rappresentava lo spirito del mondo che penetrava ogni cosa. Le monadi avevano un'anima e ciascuna di esse emanava da Dio e come Dio era infinita. Esse potevano aggregarsi e disgregarsi, non in maniera disordinata, ma secondo una volontà organizzatrice che le faceva evolvere verso strutture sempre più complesse e perfette⁵.

3.3. Il Seicento

All'inizio del '600, l'atomismo non aveva ancora una connotazione scientifica, ma rimaneva nel campo dell'astrazione filosofica, mantenendo viva l'attenzione verso il problema della discontinuità della materia. Nello stesso tempo, era sempre più evidente che la sola speculazione logica non poteva interpretare esaustivamente i fenomeni.

Anche se, nel 1624, il Parlamento aveva decretato la condanna a morte di chi sosteneva o insegnava teorie opposte a quelle di Aristotele, Parigi era il centro europeo della filosofia corpuscolare, costituita da una varietà di forme differenti di atomismo e meccanicismo, in conflitto l'una con l'altra¹³. Dal punto di vista sperimentale, mentre secoli di fallimenti avevano aumentato lo scetticismo nei confronti della possibilità di realizzare la trasmutazione, chimici del calibro di Sala e Sennert dimostravano, non solo che si potevano produrre in laboratorio gli stessi minerali che si trovavano in Natura, ma anche che le sostanze che sembravano scomparire nel corso delle reazioni, in realtà non erano né trasmutate né distrutte in maniera definitiva, ma potevano, con le opportune procedure chimiche, essere recuperate nella forma originale.

Queste osservazioni permisero a Sennert di definire in maniera oggettiva, e per la prima volta operazionale, i *corpi puri*, come quelli che, per il fatto di poter essere recuperati dopo essere stati disgregati, dimostravano di avere un'identità che si manteneva inalterata durante le trasformazioni cui prendevano parte, e che era indipendente dalle sostanze dalle quali erano estratti³. Questi fatti sperimentali, e l'evidenza che alcune trasformazioni potessero essere condotte sia in una direzione che in quella inversa, venivano spiegati, piuttosto che in termini di principi o elementi, come scomposizione e ricomposizione di particelle, in aggregati sempre più grandi. Per questo, la concezione particolare divenne il punto di riferimento per tutti quei filosofi che ritenevano la visione aristotelica inconciliabile con i fatti sperimentali. Pur mettendo in crisi la tradizione alchemica, nello stesso tempo, essa paradossalmente rivalutava la trasmutazione, perché Piombo e Oro non erano forme sostanziali distinte, impossibili da trasformare l'una nell'altra (come aveva sostenuto Avicenna), ma differenti aggregati di particelle che potevano essere scomposti e ricomposti. Tutto ciò preparava la strada al concetto di elemento come entità che si mantiene immutata durante i cambiamenti chimici.

Galileo Galilei (1564 – 1642) fu il primo dei grandi filosofi naturali che rielaborò le idee degli atomisti classici: ammise l'esistenza del vuoto e accettò l'ipotesi atomistica. Ne *Il Saggiatore*, individuò l'origine del calore nel movimento delle particelle e distinse le qualità primarie dei corpi, realmente presenti negli oggetti, da quelle secondarie, frutto dalla loro interazione con l'osservatore: compito dell'indagine scientifica era interpretare le qualità secondarie in funzione di quelle primarie.

Probabilmente influenzato dagli esperimenti di Sala, il medico francese Sébastien Basso (ca 1573 – ca 1620) affermò che ogni sostanza era costituita da piccole particelle caratteristiche, che potevano unirsi in aggregati di ordine crescente, secondari, terziari e quaternari: ciascuna particella era composta da parti differenti, che le conferivano una natura specifica e diversa da quella delle particelle di altro tipo. Paragonava gli atomi alle lettere o ai mattoni di un edificio, distinguendo in questo modo tra le proprietà del misto (il significato del testo o lo stile dell'edificio) e quelle dei suoi componenti. I due esempi rappresentavano due concezioni diametralmente opposte, tra le quali i chimici avrebbero oscillato a lungo: le lettere sono diverse l'una dall'altra, i mattoni sono tutti eguali, anche se con essi si possono co-

Antonella Maria Maggio • Roberto Zingales

Appunti di un Corso di Storia della Chimica

Accedi ai contenuti digitali ➤ Espandi le tue risorse ➤ con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere ai **contenuti digitali**.
L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.

