PAOLO MIRONE (*)

# Wilhelm Ostwald fra «teoria» e «ipotesi» atomica (1890-1908) (**)

**Wilhelm Ostwald between "atomic theory" and "atomic hypothesis" (1890-1908).**

**Summary** - The evolution of Ostwald's ideas about the discrete constitution of matter is reviewed, from the original acceptance of atomic theory to its refusal in the name of energetics and then to the final full acceptance and its motivations. Finally Ostwald's position is contrasted with the attitudes of other contemporary advocates of anti-atomism.

Fra gli ultimi anni dell'800 e i primi del 900 si sviluppò un estremo tentativo di opposizione all'atomismo e alla teoria cinetica dei gas, ad opera principalmente di due fisici, Ernst Mach e Pierre Duhem, entrambi con forti inclinazioni filosofiche, e di un chimico, Wilhelm Ostwald, principale esponente di una concezione della natura che prese il nome di *energetica*.

Ostwald, tuttavia, non era stato da sempre un avversario della teoria atomica; nella seconda edizione del suo grande «Trattato di chimica generale», pubblicata a partire dal 1891, egli scriveva (corsivi miei):

«*La teoria atomica di Dalton ha raggiunto un altissimo grado di verosimiglianza* grazie all'assoluta validità dimostrata dalle tre leggi stechiometriche fondamentali... che ne conseguono... Poiché *importanti ragioni parlano a favore della teoria atomica, e nessuna di qualche peso contro*, essa è stata adottata anche nel presente libro».[1]

Ma otto anni dopo la posizione di Ostwald cambia radicalmente. Egli si è convinto che l'*ipotesi atomica*, come la chiama ora,[2] è paragonabile a un'impalcatura che ha ormai esaurito la sua funzione ed è diventata un ingombrante residuo. Perciò, nella terza edizione della sua opera più diffusa, il «Compendio di chimica

(*) Dipartimento di Chimica, Università di Modena.

(**) Relazione presentata al IV Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Venezia, 7-9 novembre 1991).

[1] W. OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, Vol. 1, Engelmann, Leipzig 1891, p. 16-17.

[2] Ostwald usava il termine «ipotesi» per le congetture scientifiche non controllabili e chiamava invece «prostesi» le supposizioni utili al lavoro di ricerca (W. OSTWALD, *L'evolution d'une science: la chimie*, Flammarion, Paris 1910, p. 330).

generale», egli l'abbandona del tutto e modifica conseguentemente anche la terminologia: il peso atomico diventa «peso di combinazione» (Verbindungsgewicht), il peso molecolare determinato mediante la densità del gas «peso normale» (Normalgewicht), la grammo-molecola «mole» (Mol).[3] Per ironia della sorte, negli anni immediatamente precedenti (1894-1898) erano stati scoperti i gas nobili, così che Ostwald è costretto a usare il termine «peso di combinazione» per elementi incapaci di combinarsi come elio, neon e argon, o a quel tempo ritenuti tali come cripton e xenon (Fig. 1).

L'atteggiamento di Ostwald nei riguardi dell'atomismo è presentato nella maniera più efficace e pittoresca in un testo divulgativo, «La scuola di chimica», scritto in forma di dialogo tra maestro (M.) e scolaro (S.):

«M. - Che cosa trovi ancora di oscuro in questa legge [delle proporzioni multiple]?

S. - Oscura, a vero dire, non mi riesce per nulla: tuttavia io supponevo che, dietro di essa, si celasse qualche fenomeno più recondito, che fosse la vera base di una legge così meravigliosa.

M. - Mio Dio! A ogni modo è un concetto molto infantile. Mi ricorda quel contadino il quale, a chi aveva tentato di spiegargli il funzionamento della locomotiva, soggiungeva: «Va bene, tutto questo l'ho capito perfettamente; quello che non riesco a capire è dove si metta il cavallo che serve a tirare tutti questi vagoni». ... Di una simile sorta di cavallo è un centinaio di anni, in realtà, che i chimici si sono andati immaginando l'esistenza anche per la legge delle proporzioni multiple.

S. - Un cavallo? Come sarebbe a dire?

M. - Intendiamoci, ho parlato per metafora. Intendevo dire che anche gli scienziati, nei tempi scorsi sentirono il bisogno di rappresentarsi sotto una forma materiale la causa di questa legge; ché, senza questo fondamento, non avrebbero saputo immaginarsi come essa potesse esistere ...

S. - E in che cosa consiste questa specie, diremo così, di cavallo chimico?

M. - Già lo sai, è l'atomo».[4]

Sembra dunque che Ostwald intenda realizzare l'auspicio formulato molti anni prima da J.B. Dumas: «Se dipendesse da me, cancellerei la parola atomo dalla scienza, perché sono persuaso che essa va al di là dell'esperienza, cosa che in chimica non dovremmo mai fare».[5] Ma Ostwald non possiede la prudenza di Dumas, che si era limitato a esprimere un auspicio, e forse sopravvaluta la propria influenza che pure è molto grande. La comunità dei chimici accoglie con freddezza le sue proposte, e l'unica innovazione terminologica che trova fortuna, peraltro ampia e immediata, è proprio quella meno impegnativa in senso antiatomistico: la mole.

La presa di posizione di Ostwald contro la teoria atomica era la conseguenza e lo sviluppo di quel «superamento del materialismo scientifico» da lui proclamato

[3] W. OSTWALD, *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Engelmann, Leipzig 1899, p. 14.

[4] W. OSTWALD, *Die Schule der Chemie*, Vol. 2, Vieweg, Braunschweig 1904, p. 40 (Traduzione italiana: *Come si studiano i corpi*, Fratelli Bocca, Torino 1908, p. 75-76).

[5] M.J. NYE, *Molecular reality*, MacDonald, London 1972, p. 6.

In der nachstehenden Tabelle sind die Verbindungsgewichte der bis jetzt bekannten Elemente zusammengestellt, wobei wie immer 0 = 16 gesetzt worden ist.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Aluminium | Al = 27·1 | 39. | Neon | Ne = 20 |
| 2. | Antimon | Sb = 120·3 | 40. | Nickel | Ni = 58·7 |
| 3. | Argon | A = 39·91 | 41. | Niobium | Nb = 94·2 |
| 4. | Arsen | As = 75·0 | 42. | Osmium | Os = 192 |
| 5. | Baryum | Ba = 137·43 | 43. | Palladium | Pd = 106 |
| 6. | Beryllium | Be = 9·08 | 44. | Phosphor | P = 31·03 |
| 7. | Blei | Pb = 206·91 | 45. | Platin | Pt = 194·8 |
| 8. | Bor | B = 11·0 | 46. | Praseodym | Pr = 140·4 |
| 9. | Brom | Br = 79·963 | 47. | Quecksilber | Hg = 200·3 |
| 10. | Cadmium | Cd = 112·1 | 48. | Rhodium | Rh = 103 |
| 11. | Calcium | Ca = 40·0 | 49. | Rubidium | Rb = 85·4 |
| 12. | Cäsium | Cs = 132·9 | 50. | Ruthenium | Ru = 101·7 |
| 13. | Cerium | Ce = 140 | 51. | Samarium | Sa = 150 |
| 14. | Chlor | Cl = 35·453 | 52. | Sauerstoff | O = 16·00 |
| 15. | Chrom | Cr = 52·1 | 53. | Scandium | Sc = 44·1 |
| 16. | Eisen | Fe = 56·0 | 54. | Schwefel | S = 32·06 |
| 17. | Erbium | Er = 166 | 55. | Selen | Se = 79·1 |
| 18. | Fluor | Fl = 19·00 | 56. | Silber | Ag = 107·938 |
| 19. | Gadolinium | Gd = 156 | 57. | Silicium | Si = 28·4 |
| 20. | Gallium | Ga = 69·9 | 58. | Stickstoff | N = 14·041 |
| 21. | Germanium | Ge = 72·3 | 59. | Strontium | Sr = 87·61 |
| 22. | Gold | Au = 197·2 | 60. | Tantal | Ta = 183 |
| 23. | Helium | He = 3·96 | 61. | Tellur | Te = 127·3 |
| 24. | Indium | In = 113·7 | 62. | Thallium | Tl = 204·1 |
| 25. | Iridium | Ir = 193·2 | 63. | Thorium | Th = 232·4 |
| 26. | Jod | J = 126·86 | 64. | Thulium | Tu = 171 |
| 27. | Kalium | K = 39·14 | 65. | Titan | Ti = 48·1 |
| 28. | Kobalt | Co = 59 | 66. | Uran | U = 239·4 |
| 29. | Kohlenstoff | C = 12·00 | 67. | Vanadin | Vd = 51·3 |
| 30. | Krypton | Kr > 45 | 68. | Wasserstoff | H = 1·007 |
| 31. | Kupfer | Cu = 63·6 | 69. | Wismuth | Bi = 208·5 |
| 32. | Lanthan | La = 138·5 | 70. | Wolfram | W = 184 |
| 33. | Lithium | Li = 7·03 | 71. | Xenon | X > 65 |
| 34. | Magnesium | Mg = 24·36 | 72. | Ytterbium | Yb = 173·2 |
| 35. | Mangan | Mn = 55·0 | 73. | Yttrium | Y = 88·7 |
| 36. | Molybdän | Mo = 96·0 | 74. | Zink | Zn = 65·4 |
| 37. | Natrium | Na = 23·06 | 75. | Zinn | Sn = 118·5 |
| 38. | Neodym | Nd = 143·6 | 76. | Zirkonium | Zr = 90·6 |

Fig. 1

in una famosa conferenza, così intitolata, tenuta a Lubecca davanti al consesso dei naturalisti e medici tedeschi nel settembre 1895.[6] In quella occasione Ostwald, prendendo le mosse dal fallimento delle teorie meccanicistiche della fisica ottocentesca (fallimento che egli estendeva anche all'atomismo daltoniano e alla teoria cinetica dei gas) e dalla constatazione che «a parte il tempo e lo spazio, l'energia è la sola grandezza comune a ogni ordine di fenomeni»,[7] affermava la sua «concezione energetica del mondo» [energetische Weltanschauung], secondo la quale l'energia sarebbe l'unica realtà fondamentale soggiacente al mondo fisico, mentre la materia non sarebbe altro che «un raggruppamento di differenti energie ordinate insieme nello spazio».[8]

Ma Ostwald, pur rimanendo sempre un assertore convinto dell'energetica, non era uomo da chiudere gli occhi di fronte all'accumularsi delle prove sperimentali a favore della realtà degli atomi. Un tale atteggiamento si sarebbe difficilmente conciliato con la sua intensa attività sperimentale in diversi settori della chimica fisica, scienza di cui circa vent'anni prima egli era stato uno dei padri fondatori. In un breve scritto del 1907, intitolato «I destini dell'atomo», affiorano i primi, parziali ripensamenti, anche se alternati a residue frecciate polemiche contro gli atomisti, come dimostrano i seguenti passi (corsivi miei):

«[L'atomo] esisteva sicuramente soltanto nel suo [di Democrito] spazioso capo; da allora esso ha decisamente preferito questa ariosa dimora nelle teste degli uomini. *Solo negli ultimissimi tempi ha cominciato ad abbandonarla*; con quale successo e quali conseguenze vedremo più avanti».

«... fino ad oggi tutta la chimica si è sviluppata nel segno del concetto di atomo. Non c'è altro linguaggio che quello dell'atomistica per descrivere l'insieme di tutti questi fenomeni, e *solo recentemente singoli ricercatori hanno cominciato a liberare qua e là il terreno della scienza da questi fiori della fantasia*».

«*Quale grido di trionfo avrebbero innalzato gli atomisti* se egli [J.J. Thomson] avesse trovato lo stesso ordine di grandezza [per il rapporto massa/carica dei raggi catodici] che la teoria cinetica aveva calcolato da tempo! Ma gli successe come a Saul. Invece delle asine di suo padre, cioè i vecchi atomi rotondi, egli trovò un regno, l'elettrone. Ciò che egli trovò era infatti duemila volte più piccolo dell'atomo più piccolo ...».

«La grande variabilità del concetto di atomo... sembra mostrare senza dubbio che esso è sempre stato un'immagine molto incompleta della realtà. *Certamente questo concetto contiene degli elementi validi*, accanto però a molti elementi superflui, e sono questi la causa della sua variabilità. Ma la mia professione di fede meto-

[6] Sembra che Ostwald si sia preoccupato di dare la massima diffusione al testo di questa conferenza: esso fu pubblicato, con il titolo originale *Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, su due riviste tedesche (Naturwissenschaftliche Rundschau, 1895, 557-560 e 567-572; Zeitschrift fuer physikalische Chemie, *18* (1895), 305-320) e nella raccolta di saggi *Abhandlungen und Vortraege* (Veit, Leipzig 1904). Inoltre una traduzione francese comparve, con il titolo (redazionale) *La démode de l'atomisme contemporain*, sulla Revue générale des sciences, *6* (1895), 953-958 (cfr. anche p. 1069). Per le idee di Ostwald sull'energetica si veda anche l'appendice all'opera citata in (2).

[7] W. Ostwald, Revue générale des sciences, *6* (1895), p. 958.

[8] *Ibidem*, p. 957.

dologica è espressa dalle antiche parole del Decalogo: «Non ti farai idolo né immagine alcuna. Non ti prostrerai davanti a loro e non li adorerai.» Come adempiere a questa legge severa? Posso rispondere soltanto: con la pura logica e la pura energetica».[9]

Il pieno riconoscimento della validità della teoria cinetica e dell'atomismo non tarda molto. Nella Zeitschrift fuer physikalische Chemie del 23 ottobre 1908 compare una recensione del libro di T. Svedberg «Studien zur Lehre von den kolloiden Loesungen» in cui Ostwald scrive, riferendosi alle esperienze dell'autore sul moto browniano (corsivo mio):

«... *questa sembra essere effettivamente la prova sperimentale, a lungo cercata, della teoria cinetica*, e [questo recensore] crede di poter dichiarare senza indugio che dopo la riuscita realizzazione di questa prova... per lui è ormai cessato il motivo per rifiutare tale teoria ...».[10]

Nel novembre dello stesso anno Ostwald licenzia la quarta edizione del già citato «Compendio di chimica generale» con una prefazione nella quale il riconoscimento della teoria atomica assume quasi un tono solenne (corsivi originali):

«*Mi sono convinto che da breve tempo siamo giunti in possesso delle prove sperimentali della natura discreta ossia granulare della materia, [prove] che l'ipotesi atomica aveva atteso vanamente da secoli, anzi da millenni.* Da una parte l'isolamento e il conteggio degli ioni gassosi che hanno coronato con pieno successo i lunghi e notevoli lavori di J.J. Thomson, dall'altra l'accordo dei moti browniani con le conseguenze dell'ipotesi cinetica che è stato verificato da una schiera di ricercatori, e ultimamente nel modo più completo da J. Perrin, autorizzano ora anche lo scienziato prudente a parlare di una conferma *sperimentale* della natura atomica della materia estesa. Con ciò quella che è stata finora l'ipotesi atomica è assurta al rango di una teoria scientifica ben fondata ...».[11]

Ma oltre a queste classiche prove Ostwald ne adduce nel testo una ulteriore, fondata sul comportamento dei sistemi dispersi (corsivi miei):

«... dalle emulsioni e sospensioni facilmente riconoscibili come eterogenee fino alle soluzioni vere e proprie ... si è osservata una serie di passaggi continui, che portano a concludere che tutti questi sistemi sono della stessa natura. In altre parole, i fatti sperimentali ... portano a considerare anche queste [le soluzioni vere] come miscele di particelle di specie diversa nel senso dell'ipotesi molecolare».

«... si tratta di eterogeneità spaziali sperimentalmente verificabili nella costituzione della materia, che escludono l'assunzione di un riempimento continuo dello spazio. È vero che *queste discontinuità sono ancora al di sotto del campo immediatamente accessibile all'ultramicroscopio, tuttavia sono già molto vicine ad esso.* Infatti dai valori della tensione superficiale si trovano per le «dimensioni molecolari» valori da $6 \times 10^{-8}$ cm a circa 10 volte tanto, mentre l'ultramicroscopio arriva fino a

[9] *Die Schicksale des Atoms* (1907), in: W. Ostwald, *Die Forderung des Tages, Akademische Verlagsgesellschaft*, Leipzig 1910, p. 196-201. I passi biblici a cui l'autore fa riferimento sono, nell'ordine: Samuele 9,3-10,1; Esodo 20,4-5.

[10] W. Ostwald, Z.phys. Chem. 64 (1908), 508.

[11] W. Ostwald, Prefazione alla quarta edizione del *Grundriss der allgemeinen Chemie*. Questa prefazione è riportata anche nella successiva edizione del 1917.

circa $5 \times 10^{-7}$ cm. *Resta dunque da superare un fattore di circa dieci,* che in ogni caso non è un ampio intervallo».[12]

È evidente in questo brano la preoccupazione di portare le molecole nell'ambito degli oggetti direttamente accessibili all'esperienza, o almeno quanto più possibile vicino ad esso, in trasparente risposta alle obiezioni dei positivisti più rigidi. A questo proposito vale la pena di confrontare la posizione di Ostwald con quella, forse meno esigente, di Henri Poincaré. In precedenza questi aveva tenuto un atteggiamento scettico, anche se non pregiudizialmente ostile, nei riguardi della teoria atomica. Ma nel 1912, riferendosi alle esperienze di Perrin, Poincaré affermava (corsivo mio):

«Gli atomi non sono più un'utile finzione; ci sembra che la situazione sia tale da poter dire che *noi li vediamo perché sappiamo come contarli*».[13]

Ben diverso fu l'atteggiamento di Mach e Duhem, che mantennero fino all'ultimo (morirono entrambi nel 1916) la loro strenua opposizione all'atomismo. Nella prefazione al suo libro sui principi dell'ottica fisica Mach dichiarava nel 1913, con parole nelle quali si avverte un'ombra di stizza senile:

«Devo rifiutare di essere considerato un precursore dei relativisti con la stessa decisione con cui ho rifiutato il dogma atomistico dell'attuale scuola o chiesa.».[14]

E Duhem, dopo aver affermato, nella premessa alla seconda edizione (1914) del suo libro sulla teoria fisica, che gli sviluppi recenti della fisica teorica non gli sembravano tali da mettere in dubbio i principi da lui formulati nella prima edizione (1906), si esprimeva con queste parole sconsolate:

«È vero che certe scuole hanno mostrato di disprezzarli; liberatesi dai vincoli che tali principi avrebbero imposto loro, esse hanno pensato di correre più agevolmente e più in fretta di scoperta in scoperta; tuttavia questa corsa sfrenata e disordinata all'inseguimento dell'idea nuova ha sbaragliato il campo delle teorie fisiche e ne ha fatto un vero caos dove la logica non ha più voce in capitolo e il buon senso fugge spaventato».[15]

Riferendosi principalmente a Ostwald (quello ante-1908) e a Mach, Einstein commentò:

«L'antipatia di questi studiosi verso la teoria atomica può farsi indubbiamente risalire al loro atteggiamento filosofico positivistico. E questo è un interessante esempio del fatto che anche studiosi dallo spirito audace e dall'intuito sottile possono essere ostacolati da pregiudizi filosofici nell'interpretazione dei fatti».[16]

Mach era certamente un positivista, e come tale riteneva che nelle scienze della natura non si potesse ammettere alcun enunciato che non fosse verificabile empiricamente. Tuttavia i suoi criteri di verificabilità erano eccezionalmente rigorosi, e a quanto pare le prove della realtà atomica e molecolare portate dagli esperimenti di Thomson, Svedberg, Perrin e molti altri non erano in grado di soddisfarli.

Duhem muoveva da tutt'altre premesse filosofiche. Egli era un convinto soste-

[12] W. Ostwald, *Grundriss der allgemeinen Chemie*, Steinkopff, Dresden und Leipzig 1917, p. 525.
[13] Rif. (3), p. 157.
[14] Rif. (3), p. 168 e 179.
[15] P. Duhem, *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, Il Mulino, Bologna 1978, p. 5.
[16] A. Einstein, *Autobiografia scientifica*, Boringhieri, Torino 1979, p. 52.

nitore del valore della metafisica, ma tendeva a porre questa e la fisica su basi completamente indipendenti. Ciò lo portava a separare totalmente la fisica dalla metafisica e a collocarsi, almeno per quanto riguarda l'interpretazione delle teorie fisiche, su posizioni molto vicine a quelle dei positivisti. Per Duhem «una teoria fisica non è una spiegazione; è un sistema di proposizioni matematiche, dedotte da un ristretto numero di principi, il cui scopo è di rappresentare nel modo più semplice, completo ed esatto possibile un intero gruppo di leggi sperimentali». In altre parole, Duhem ammetteva soltanto teorie fenomenologiche (come, per esempio, la termodinamica classica) e ogni tentativo di andare al di là del livello fenomenologico rappresentava per lui un indebito sconfinamento nel campo della metafisica.[17]

Le idee filosofiche di Ostwald non erano così radicate e coerenti come quelle di Mach e Duhem. Egli condivideva l'atteggiamento positivistico della maggior parte degli scienziati del suo tempo; ma poi, alquanto contraddittoriamente e su basi non troppo solide, aveva adottato una concezione esclusivamente energetica della natura che lo aveva portato a professare una forma piuttosto ingenua di monismo.[18] Non è azzardato pensare che, essendo i suoi «pregiudizi filosofici» meno robusti di quelli di Mach e Duhem, egli ne sia stato meno ostacolato. Ovvero che, almeno in questo caso, una filosofia debole abbia contribuito a rendere meno difficile il riconoscimento di una verità scientifica.

[17] Rif. (15), pp. XI-XII e 9-24.

[18] Ernst Haeckel offrì a Ostwald la presidenza della Lega dei Monisti, da lui fondata nel 1906, e Ostwald accettò, essendo convinto che la sua era una genuina filosofia monistica (F.G. Donnan, J. Chem. Soc., *136* (1934) 316).