



Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXVIII  
Giacchino Onorati editore S.r.l. - unipersonale

[www.giacchinoonoratieditore.it](http://www.giacchinoonoratieditore.it)  
[info@giacchinoonoratieditore.it](mailto:info@giacchinoonoratieditore.it)

via Vittorio Veneto, 20  
00020 Canterano (RM)  
(06) 45551463

ISBN 978-88-548-9949-0

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: febbraio 2018.

## Dal micro al macro

Esempi utili nella pratica didattica

MICHELE A. FLORIANO, ANNA CARONIA\*

### Abstract

Nel presente contributo è presentato un percorso didattico basato sull'introduzione di un modello particellare della materia che, partendo da pochi semplici presupposti, viene progressivamente arricchito di nuove caratteristiche non originariamente "contemplate" per interpretare diverse proprietà fisiche della materia. Il confronto fra le previsioni del modello e le proprietà macroscopiche della materia è realizzato mediante una successione logica di semplici attività laboratoriali attraverso le quali gli studenti sono guidati a formulare ipotesi e a verificarle. Viene anche illustrato che una visione microscopica consente di progettare e costruire congegni e macchine su scala nanometrica secondo un approccio dal basso verso l'alto che sfrutta le interazioni intermolecolari e le caratteristiche di autoorganizzazione delle molecole.

### 1. Livelli di concettualizzazione della Chimica

In tutte le scienze sperimentali è comune il collegamento dalle evidenze macroscopiche a una modellizzazione di tipo microscopico. Nello studio della materia e delle sue trasformazioni la Chimica ricorre per spiegare e interpretare il mondo che ci circonda a tre diversi livelli macroscopico, microscopico e simbolico.

Spesso in modo naturale i chimici passano inconsapevolmente da un livello a un altro con il rischio, se non viene esplicitamente specificato il livello a cui si fa riferimento, di indurre ambiguità nella maniera in cui il messaggio è recepito da non esperti. Per il chimico parlare di densità dei corpi, per esempio, significa considerare la materia a livello macroscopico, se parla di reazione si riferisce a un sistema microscopico ma scrivere la reazione significa fare riferimento al livello simbolico. La chimica si occupa dello studio della materia e delle sue proprietà quindi è importante iniziare un percorso di studio sistematico della disciplina dal comprendere cos'è la materia, il suo comportamento e le sue proprietà. Per fare ciò si può ricorrere alla costruzione di un modello inteso come un sistema che aiuta

\* Michele A. Floriano, Dipartimento STeBiCeF, Università degli Studi di Palermo e Divisione Didattica — SCI e Associazione SPAIS, Palermo; Anna Caronia, Istituto Superiore Ettore Majorana, Palermo.

gli scienziati a razionalizzare ciò che non può essere visto e osservato. Il modello è utile in diversi ambiti scientifici per esempio per sistemi estremamente grandi come il sistema solare o estremamente piccoli gli atomi o le molecole. Il modello aiuta lo scienziato ma anche gli alunni a comprendere, descrivere, interpretare un fenomeno ma anche a prevedere il suo comportamento; permette di intuire che le scienze sono in continua evoluzione e che i modelli possono diventare incoerenti o insoddisfacenti e vanno modificati e migliorati via via che nuove proprietà vengono prese in esame.

## 2. Il modello particellare della materia

Da studi e attività sperimentali di ricerca realizzate in didattica della Chimica è stato dimostrato efficace e valido l'uso del modello particellare della materia. Si parte da una formulazione semplice per interpretare le proprietà della materia e quindi si arricchisce con nuove caratteristiche quando è necessario.

Dopo essere stato introdotto, il modello va consolidato e arricchito assieme agli studenti partendo da fenomeni reali anche tratti dalla vita quotidiana, apparentemente banali, ma spiegati e interpretati sulla base del modello attraverso attività laboratoriali. Così facendo, gli studenti, in modo naturale si abituano a pensare come gli scienziati: prevedono, spiegano e successivamente validano le ipotesi formulate. La costruzione del modello a partire dalle conoscenze acquisite e dal quotidiano serve a modificare alcune idee errate e innate negli studenti sulla

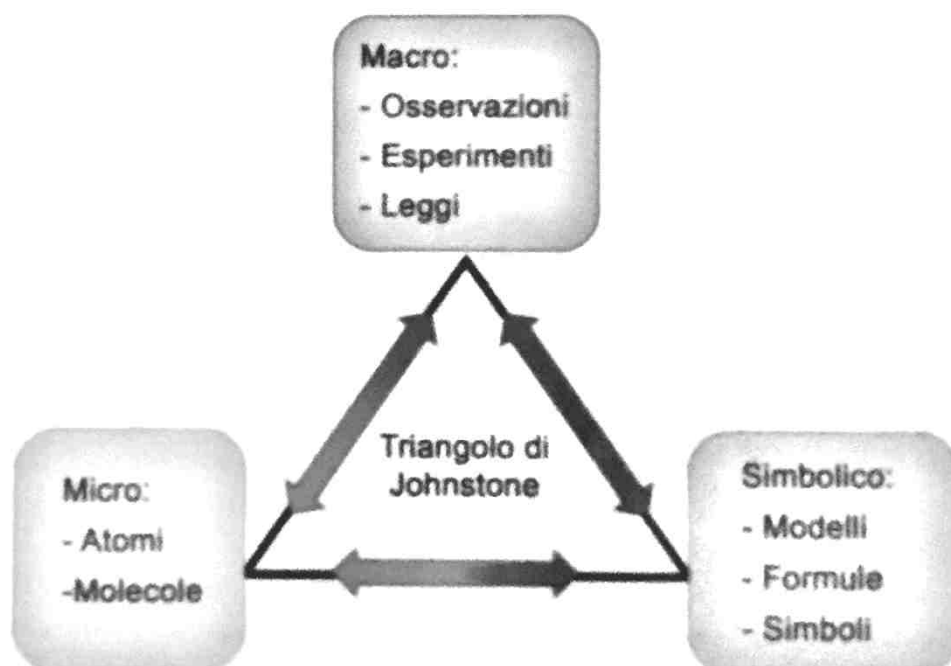


Figura 1. Rappresentazione schematica dei tre livelli di concettualizzazione della Chimica proposta da Johnstone.

materia, per esempio, intesa come qualcosa di continuo e di statico o sull'aria confusa con il vuoto cioè qualcosa che non contiene materia.

Per costruire il modello particellare si parte da alcuni presupposti non immediatamente dimostrabili che possono essere presentati come risultati della ricerca scientifica. Questi presupposti sono:

- a) la materia è fatta di particelle;
- b) le particelle sono indivisibili, indeformabili e mantengono la stessa dimensione;
- c) particelle uguali hanno la stessa massa;
- d) particelle diverse hanno masse differenti.

Obiettivo del metodo didattico qui riportato è di spiegare e motivare alcune proprietà della materia che si manifestano alla nostra percezione. Scelta una proprietà specifica s'indaga e la s'interpreta sulla base dei presupposti sopra elencati. Passando in rassegna diverse proprietà della materia e provando a interpretarle con il modello sin qui definito ci si renderà conto che i semplici presupposti enunciati non sono sufficienti a spiegare tutte le proprietà come quelle che, per esempio, implicano che le particelle si muovano o quelle che suggeriscono che le particelle possano interagire. In questo modo si dimostrerà anche il metodo con cui opera la ricerca scientifica e, cosa molto importante, ciò sarà il risultato di un processo di rielaborazione critica da parte degli studenti.

Per facilitare l'attività didattica è opportuno utilizzare schede di lavoro in cui attraverso semplici domande o rappresentazioni iconografiche emergono le idee degli studenti che attraverso il confronto e la discussione e con l'aiuto del docente potranno essere modificate e/o motivate.

Dopo avere chiarito che la materia e quindi l'aria, per esempio, è fatta di particelle che presentano un volume e una massa propria si può passare all'esplorazione delle particelle intese come sistema in continuo movimento attraverso per esempio la spiegazione del perché se si spruzza un profumo l'odore è percepito per primo da chi sta nelle vicinanze. Il concetto di diffusione a diverse temperature ci aiuta nell'introduzione nel modello di un'altra variabile e cioè che il movimento delle particelle è influenzato dalla temperatura. Dopo avere spiegato con l'ausilio del modello particellare alcune proprietà fisiche della materia si possono interpretare gli stati fisici e i passaggi di stato sulla base delle interazioni tra le particelle. L'unicità dei punti fissi nei passaggi di stato introduce il concetto di sostanza costituita da particelle di un solo tipo che si differenzia dal miscuglio cioè la materia fatta da particelle di tipo diverso. Introdurre le tecniche di separazione dei miscugli risulta quasi spontaneo in quanto queste sfruttano le differenti proprietà di particelle diverse permettendo di separare le sostanze. È opportuno utilizzare il modello particellare appena descritto per interpretare inizialmente solo proprietà fisiche. Una volta consolidato, si potrà introdurre la capacità di queste particelle di cambiare la propria identità descrivendo le trasformazioni chimiche. Per interpretare la possibilità che le particelle si combinino per formare nuove sostanze occorrerà

descrivere la struttura interna, e quindi introdurre i modelli atomici, che finora non è stata presa in considerazione.

Tuttavia sullo sfondo rimane la domanda: ma queste particelle esistono per davvero?

Oggi la microscopia a forza atomica (AFM) o quella a effetto tunnel (STM) consentono di ottenere immagini con risoluzioni dell'ordine delle dimensioni atomiche e che supportano in maniera molto convincente la natura particellare della materia. Di conseguenza, sebbene il modello sin qui presentato prescindendo dalla reale esistenza di atomi e molecole, queste recenti evidenze sperimentali ne rafforzano la realistica.

### 3. Un approccio sistemico

Dopo avere chiarito come collegare le evidenze macroscopiche alla natura particellare della materia occorre distinguere chiaramente fra proprietà specifiche della singola particella e quelle derivanti dall'insieme di un gran numero di esse. Anche se può apparire superfluo sottolinearlo, il punto di ebollizione di un liquido come l'acqua può essere definito solo per un campione macroscopico contenente un numero elevatissimo di molecole d'acqua. Lo stato fisico di una sostanza non è una proprietà definibile per una singola particella. Il passaggio da una proprietà macroscopica a quella della singola particella può essere meglio messo in evidenza prendendo in considerazione alcune proprietà caratteristiche di aggregati di poche decine o centinaia di particelle. In questa scala dimensionale, tipica delle nano particelle, le proprietà dipendono dalle dimensioni del campione. Un esempio eclatante è dato dai cambiamenti di colore che si possono osservare in nano aggregati di atomi d'oro di diverse dimensioni. Il colore, come tante altre proprietà, dipende dal numero di particelle e dalle loro mutue interazioni. Questa caratteristica, ovvero il fatto che le proprietà di un sistema di particelle interagenti non siano la semplice somma delle proprietà dei componenti individuali è tipica della Chimica ed è fondamentale che venga messa in evidenza. Per chiarire meglio questo concetto si pensi a un'orchestra in cui l'effetto armonico di una sinfonia si ottiene solo dall'interazione di tutti gli orchestrali coinvolti che interagiscono regolando la propria esecuzione in relazione a quella degli altri per ottenere un suono armonico. Se si confrontasse la stessa sinfonia suonata da singoli strumenti e dall'intera orchestra il risultato che si otterrebbe non sarebbe eguale, in quanto il comportamento complessivo in qualsiasi sistema non è mai equivalente alla semplice somma delle parti. Allo stesso modo, quindi, atomi e molecole cambiano comportamento in base al contesto, alle specie vicine e al loro numero in quanto cambiando le interazioni risulta diverso l'effetto.

In particolare se consideriamo un pezzo di sodio esso appare lucido e reagisce violentemente in presenza di acqua. Il cloro è un gas di colore verde giallastro, ha un odore soffocante estremamente sgradevole ed è tossico. Le due sostanze considerate separatamente hanno quindi un comportamento molto particolare e decisamente sgradevole. Tuttavia quando interagiscono formano una sostanza, il

cloruro di sodio, con proprietà così diverse da quelle delle sostanze originarie da essere addirittura commestibile.

Questa caratteristica sistemica in chimica è ancora più evidente considerando che uno stesso elemento può avere proprietà molto diverse in relazione agli altri atomi con cui si trova a interagire. Uno stesso atomo d'idrogeno avrà caratteristiche chimiche e fisiche molto diverse nella molecola d'idrogeno e nel metano. Addirittura nella molecola del metanolo esistono due tipi diversi d'idrogeno dal punto di vista della loro reattività: quelli del gruppo metilico e quello idrossilico.

#### 4. Dal micro al macro. Chimica supramolecolare

La strada che conduce da una visione macroscopica a una modellizzazione microscopica può essere percorsa anche in direzione opposta, ovvero dal micro al macro, in quello che può definirsi come un approccio bottom up e cioè dal basso verso l'alto. Questa strategia, sfruttando al meglio le caratteristiche di autoorganizzazione delle molecole, consente al chimico moderno di progettare e realizzare dispositivi e macchine su scala nanometrica assemblando opportunamente atomi e molecole. Le interazioni intermolecolari hanno una grande importanza nella Chimica supramolecolare "che si occupa delle strutture e delle funzioni di nuove entità chimiche che si formano in seguito all'associazione tra due o più specie chimiche diverse" così come proposto originariamente dal premio Nobel 1987 J. M. Lehn. La Chimica supramolecolare è alla base dello sviluppo delle nanotecnologie. In questo settore il chimico svolge un ruolo particolare in quanto riesce a gestire e modificare le interazioni intermolecolari costruendo nuovi materiali.

#### 5. Spunti per applicazioni didattiche pratiche

È fondamentale introdurre in maniera graduale le caratteristiche principali del modello particellare invitando gli studenti a realizzare e interpretare semplici fenomeni. In letteratura si possono reperire indicazioni di possibili attività laboratoriali che, tuttavia, vanno realizzate nella successione suggerita in modo da mantenere uno sviluppo logico nel processo di progressivo arricchimento del modello.

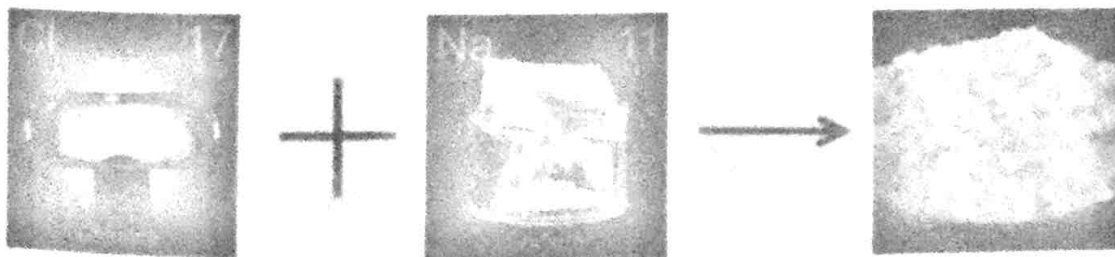
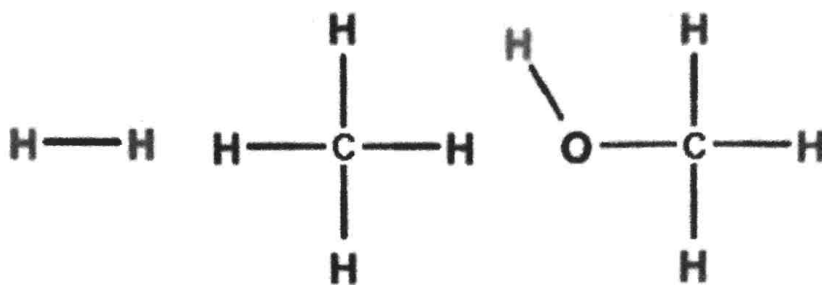
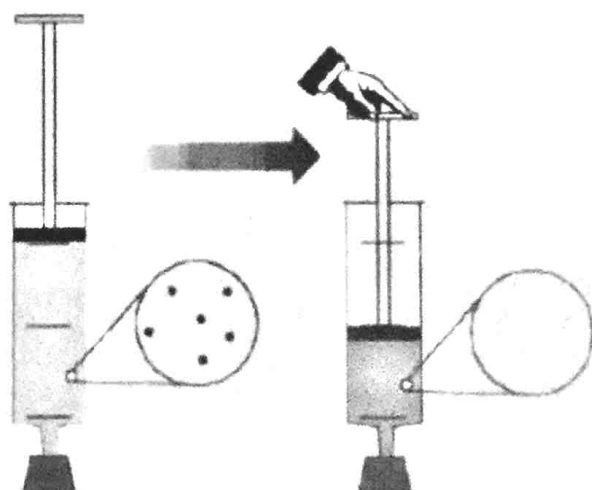


Figura 2. Il sodio ed il cloro presi separatamente hanno proprietà molto diverse da quelle del composto che si ottiene dalla loro combinazione.



**Figura 3.** Strutture molecolari che evidenziano mediante colori diversi atomi di idrogeno in differenti contesti molecolari.

A titolo esemplificativo si può rispondere alla domanda: L'aria è un materiale continuo o è formato da particelle che hanno una massa ed hanno un volume? Utilizzando una siringa in cui, dopo avere sigillato il foro (vedi immagine) si spinge il pistone verso il basso comprimendo l'aria contenuta nella siringa stessa e chiedendo agli studenti di raffigurare con un opportuno disegno la situazione delle particelle dopo la compressione. Dalla discussione delle risposte ottenute emergerà che la compressione ha provocato una diminuzione degli spazi vuoti fra le particelle. Questa specifica attività, come tutte le altre normalmente proposte in questo contesto sono apparentemente quasi banali ma hanno un enorme valore didattico e vanno quindi comunque realizzate concedendo agli studenti tempo sufficiente per l'esecuzione ma soprattutto per la riflessione.



**Figura 4.** Esempio di scheda che può essere fornita agli studenti a supporto dell'esperienza descritta. Agli studenti dovrebbe essere richiesto di completare l'immagine della parte destra.

## Riferimenti bibliografici

*Atomic Force Microscopy*. <http://www.education.mrsec.wisc.edu/nanoquest/afm/index.html>.

[http://for.indire.it/global\\_lms/uploads/pon\\_scienze1213/19215.pdf](http://for.indire.it/global_lms/uploads/pon_scienze1213/19215.pdf).

JOHNSTONE A.H., (1993). *The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand*. «J. Chem. Educ.», V 70 n. 9 p 701, September.

*Macchine molecolari*. <http://www.scienzagiovane.unibo.it/macchinem.html>.

*Microscopio ad effetto tunnel a scansione*. [http://www.labfisbiol.unina.it/pages/microcopia\\_Tunnel/stm\\_schematic.html](http://www.labfisbiol.unina.it/pages/microcopia_Tunnel/stm_schematic.html).

ROLETTO E. *I modelli particellari nell'insegnamento*. [www.treccani.it/scuola/lezioni/in\\_aula/fisica/modelli/3.html](http://www.treccani.it/scuola/lezioni/in_aula/fisica/modelli/3.html).

*Scanning Tunneling Microscopy*. <http://www.nanoscience.com/technology/scanning-tunneling-microscopy>.