

LETTERATURA

Il sistema periodico

Che vincere la materia è comprenderla, e comprendere la materia è necessario per comprendere l'Universo e noi stessi: e che quindi 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: a pensarci bene aveva persino le rime!

(Primo Levi, *Il sistema periodico*, 1975)

Contrariamente alla concezione secondo la quale il valore della conoscenza scientifica sia esclusivamente «tecnico», Primo Levi vi scorge un valore addirittura «poetico». Nella poesia della tavola periodica di Mendeleev egli riconosce un'analogia con le assonanze: così come le parole dal suono simile si dispongono secondo uno schema ordinato nei versi poetici, elementi con caratteristiche simili sono distribuiti con ordine, a formare un sistema con una struttura organica ben precisa.

La ricerca di un ordine

Nel corso del 1800 lo sviluppo della chimica permise una conoscenza approfondita della materia, al punto che verso la metà del secolo si rese necessario mettere ordine nelle conoscenze acquisite. Grazie a continue scoperte di elementi nuovi ne erano stati riconosciuti circa una cinquantina e gli scienziati iniziavano a chiedersi se il loro numero fosse infinito. Sicuramente occorreva un criterio per ordinarli e caratterizzarli.

Diversi chimici, per diversi anni, si cimentarono nella ricerca di un criterio per la classificazione della moltitudine di elementi, ma solo nel 1869 si ebbe la prima sintesi che rendeva effettivamente conto delle differenze e riproduceva le regolarità della materia: la «tavola periodica» costruita dal chimico russo Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1834-1907) può essere considerata una base per la chimica inorganica moderna. Inoltre al suo straordinario ordine sottostà un principio ordinatore «quantistico» che all'epoca era del tutto insospettabile. Mendeleev aveva cioè costruito uno schema che funziona bene a diversi livelli, da quello macroscopico delle caratteristiche fisiche che distinguono i materiali a quello microscopico del comportamento chimico e quindi, ancora più in profondità, della distribuzione degli elettroni intorno ai nuclei atomici.

La tavola degli elementi

All'epoca erano noti 63 elementi, che Mendeleev ordinò secondo una griglia con righe e colonne, considerando il loro peso atomico, ordinato in ordine crescente, e le loro caratteristiche chimiche come la capacità di legarsi ad altri atomi. In questo modo ottenne una disposizione logica e coerente, al punto che negli spazi della griglia che risultavano vuoti fu possibile prevedere l'inserimento di altri elementi con precise caratteristiche fisiche e chimiche, che furono trovati in seguito. La storia della sistemazione degli elementi non si esaurisce qui. Tuttavia anche se oggi il criterio ordinatore della tavola periodica è il numero atomico Z (cioè il numero di protoni presenti nel nucleo dell'atomo dell'elemento in questione), la sua struttura non ha subito significative modifiche pur essendosi arricchita di nuove conoscenze.



Proprietà della famiglia Levi

Primo Levi nel Laboratorio di analisi quantitativa dell'Istituto di Chimica dell'Università di Torino, febbraio 1940.

MAGNESIO		nome						
12		numero atomico						
Mg		simbolo						
24,31		peso atomico (u)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 Li 6,941	4 Be 9,012							
11 Na 22,99	12 Mg 24,31							
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc (98,91)	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9
55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57 La 138,9	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 193,2

Gli elementi sono ordinati secondo il numero atomico (numero in alto a sinistra) e le loro configurazioni elettroniche, che sono responsabili del comportamento chimico e caratterizzano il gruppo di elementi che fa parte della stessa colonna.

DOMANDA Inizialmente gli elementi della tavola periodica erano ordinati secondo la massa atomica, oggi si utilizza uno schema ordinato secondo il numero atomico. Perché i due criteri non sono equivalenti?

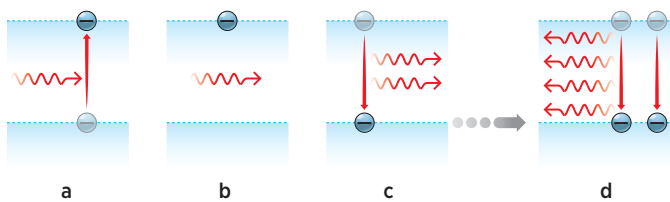
MEDICINA

Il laser

La parola *laser* è l'acronimo di *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, cioè amplificazione della luce per mezzo dell'emissione stimolata di radiazione. La luce prodotta da un laser è in genere monocromatica, coerente ed estremamente collimata, cioè il fascio è molto sottile e non si allarga significativamente anche a grandi distanze. La luce di un laser trasporta dunque energia molto «concentrata» e per questo può essere molto pericolosa per gli occhi, che sono organi molto delicati; inoltre quella prodotta dai dispositivi più potenti può addirittura provocare lesioni e ustioni alla pelle.

Come funziona un laser?

Il principio di funzionamento del laser è basato sul comportamento quantistico degli elettroni. Schematizzando un insieme di atomi come un sistema a due livelli, immaginiamo che gli elettroni si trovino tutti nello stato fondamentale. È possibile fornire energia al materiale (fase di *pompaggio*), in modo tale da portare tutti gli elettroni in uno stato eccitato: in tale condizione (*inversione di popolazione*) è sufficiente che gli elettroni ricevano uno «stimolo» luminoso per passare allo stato fondamentale, emettendo pertanto un'onda elettromagnetica nella stessa direzione dell'onda stimolante. Tale luce viene successivamente amplificata in una *cavità risonante*, cioè un risonatore formato da un segmento compreso tra due specchi nel quale le onde oscillano avanti e indietro, generando onde stazionarie, e provocando successive emissioni stimolate che amplificano l'intensità della luce complessiva fino al valore desiderato.



a. Un elettrone riceve energia e si porta in uno stato eccitato. **b.** In seguito a uno stimolo l'elettrone torna nello stato fondamentale. **c.** Quando ciò avviene emette energia sotto forma di un'onda elettromagnetica che ha la stessa direzione dell'onda stimolante. **d.** Il successivo passaggio della luce all'interno di una cavità risonante amplifica la radiazione emessa.

Il laser in medicina

Le caratteristiche della luce di un laser sono molto utilizzate nella medicina, per gli usi più disparati a seconda della sua lunghezza d'onda e dell'energia trasportata. Infatti, dato che ogni tessuto assorbe in modo efficiente una certa lunghezza d'onda, si può operare selettivamente su alcuni di essi lasciando praticamente inalterati quelli circostanti. L'utilizzo del laser in medicina si basa principalmente su 3 possibili effetti che può avere sui tessuti, in base alla sua tipologia e al tempo di applicazione:

- **effetto termico:** quando provoca un riscaldamento della zona interessata. Per esempio questo effetto è utilizzato in sostituzione dei bisturi per incidere i tessuti con estrema precisione, favorendo contemporaneamente l'emostasi nei piccoli vasi.
- **effetto fotochimico:** quando provoca reazioni in particolari sostanze fotosensibili e non in altre. Per esempio in alcune terapie contro i tumori viene introdotta una sostanza fotosensibile che va ad accumularsi nella zona da trattare, la quale viene poi irradiata senza significativi danni per i tessuti circostanti.
- **effetto elettromeccanico:** quando provoca la ionizzazione all'interno dei tessuti. Le conseguenze di ciò si manifestano con un aumento della pressione del materiale colpito, che può provocare vere e proprie rotture, come avviene nella rimozione dei calcoli.



Raymond Gregory / Shutterstock



CMRF-Crumlin

La luce laser è largamente usata nella medicina estetica e nella chirurgia oftalmica.

DOMANDA La lunghezza d'onda della luce emessa da un laser dipende dalla sostanza attiva che viene stimolata. Il tipo di luce generalmente prodotta con un laser ha lunghezze d'onda che vanno dall'infrarosso all'ultravioletto. A quale di questi due estremi corrisponde una distanza maggiore tra i due livelli energetici elettronici?

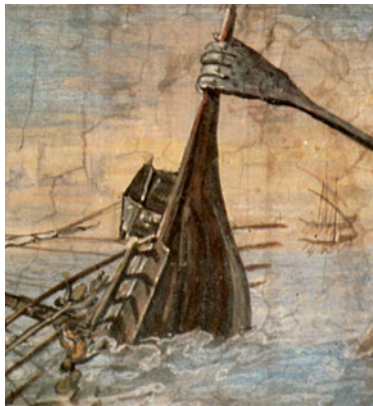
CON GLI OCCHI DI UN FISICO

Guerra e pace

Macchine da guerra e altri «utili» strumenti

Intorno al genio di Archimede di Siracusa sono nate diverse leggende, come quella degli «specchi ustori», particolari strumenti ottici riflettenti, capaci di concentrare l'energia del Sole al punto da riuscire a bruciare da lontano le navi nemiche. Nonostante sia improbabile che gli specchi di Archimede abbiano effettivamente avviato la combustione, tuttavia è plausibile che abbiano suscitato il terrore nel nemico: lo stesso scienziato, infatti, aveva progettato una quantità di macchine da guerra efficacissime, come catapulte e balestre, che sfruttando nozioni di meccanica riuscivano a concentrare grandi quantità di energia e a dirigerla verso il nemico.

La conoscenza della fisica e delle sue leggi è da sempre considerata preziosa in guerra. Nella meccanica, per esempio, la balistica si sviluppa intorno allo studio del moto dei proiettili per evidenti applicazioni belliche, ma lo stesso si può dire di altri campi della scienza. Galileo Galilei riuscì a finanziare le sue ricerche scientifiche vendendo cannocchiali, presentati innanzitutto al doge di Venezia come strumenti con i quali i marinai veneziani potevano avvistare i nemici molto prima che essi vedessero loro. L'umanità ha sempre dimostrato grande dedizione alla guerra e la superiorità nella conoscenza delle leggi della natura si traduce immediatamente in superiorità sul nemico: le applicazioni tecnologiche della scienza sono state spesso, prima di tutto, applicazioni belliche.



Affresco dello stanzino delle matematiche della galleria degli Uffizi a Firenze, che rappresenta la *manus ferrea*, macchina da guerra progettata da Archimede per affondare le navi nemiche.

PAROLA CHIAVE **Particella elementare**

DOMANDA Nel romanzo *Angeli e demoni* di Dan Brown (2000) alcuni scienziati riescono a isolare una quantità di antimateria, piccola ma sufficiente a provocare un'esplosione di energia devastante; tuttavia i protagonisti del racconto riusciranno a scongiurare la catastrofe. Perché una piccola quantità di antimateria può avere effetti distruttivi?

The «doomsday device»

Dalle catapulte ai cannoni, dai cannoni alle bombe, dalle bombe all'ipotetico ordigno capace di distruggere in un solo colpo l'intera umanità, o *doomsday device*, protagonista della pungente parodia sulla guerra fredda, *Dr. Strangelove or: How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb* (1964), del regista Stanley Kubrik. Nel film il dottor Stranamore è lo scienziato artefice del micidiale «ordigno fine di mondo», e ne caldeggia l'utilizzo contro il nemico, nonostante ciò comporti la contemporanea distruzione dell'intero pianeta. Durante la guerra fredda, Stati Uniti e Unione Sovietica investirono ingenti risorse economiche nella progettazione e nella costruzione di armi nucleari dal potere distruttivo crescente, motivandola con una pretesa di effetto deterrente nei confronti del nemico. Portando la cosiddetta *corsa agli armamenti* alle estreme conseguenze, si sarebbe potuti arrivare alla paradossale situazione descritta nel film: un pretesto qualsiasi, un gesto di follia, avrebbe messo a repentaglio l'esistenza della vita sull'intero pianeta.

Le prime armi nucleari furono progettate e realizzate a tempo di record durante la Seconda guerra mondiale, quando sembrava che la Germania nazista avesse avviato la costruzione di ordigni analoghi, che avrebbe senz'altro utilizzato contro i suoi nemici. Il programma di ricerca per la costruzione degli ordigni nucleari era denominato *Progetto Manhattan*, che, sotto la direzione scientifica del fisico statunitense Robert Oppenheimer (1904-1967), impegnava scienziati e ingegneri di prim'ordine. Molti di essi lavoravano a problemi parziali e non erano al corrente del disegno di insieme del progetto, che era invece coordinato da pochi direttori tecnici, tra i quali e l'italiano Enrico Fermi.



La sala della guerra nel film *Il dottor Stranamore* di Stanley Kubrik (1964).

PAROLA CHIAVE **Interazione forte**

DOMANDA Durante una reazione di fissione nucleare, l'interazione elettromagnetica prevale sull'interazione forte e un nucleo atomico si divide in due nuclei più piccoli. Spiega in 10 righe il processo di reazioni a catena che porta a un'esplosione nucleare.

Il momento della riflessione

Nel 1962 andò in scena per la prima volta *I fisici*, una commedia teatrale scritta dallo svizzero Friedrich Dürrenmatt. Il protagonista della vicenda è un fisico nucleare, Möbius, che, resosi conto che le sue ricerche scientifiche potrebbero avere ripercussioni devastanti per l'umanità, decide di fingersi pazzo e si fa internare in una clinica. Per carpire i suoi segreti, altri due fisici, appartenenti alle fazioni contrapposte di Stati Uniti e Unione Sovietica, fingendo di crederci uno Newton e uno Einstein, lo seguono nella casa di cura. Il protagonista cerca di impedire in tutti i modi che qualcuno si impossessi della pericolosa formula, ma alla fine ci riesce la direttrice della clinica, unica vera pazza, che ambisce a sottomettere il mondo intero. In uno dei 21 punti che seguono la commedia, Dürrenmatt afferma che se «il contenuto della fisica riguarda solo i fisici, i suoi effetti riguardano tutti» (F. Dürrenmatt, *I fisici*, 1962), richiamando la scienza alla sua responsabilità nei confronti dell'umanità e del mondo.

Pochi anni prima, tra il 1955 e il 1956 Bertolt Brecht (1898-1956) aveva pubblicato la terza e ultima versione della famosa *Vita di Galileo*, che può essere considerata un'opera fondamentale sullo stesso tema. Egli fa pronunciare a Galileo le parole

Se gli uomini di scienza non reagiscono all'intimidazione dei potenti egoisti e si limitano ad accumulare sapere per sapere, la scienza può rimanere fiaccata per sempre, ed ogni nuova macchina non sarà fonte che di nuovi triboli per l'uomo. [...] Tra voi e l'umanità può scavarsi un abisso così grande, che ad ogni vostro eureka rischierebbe di rispondere un grido di dolore universale...

(B. Brecht, *Vita di Galileo*, in *I capolavori di Brecht*, 1938)



United States Department of Defense (SSGT Phil Schmitt)

Scienziati per la pace

Nel 1995 il premio Nobel per la pace fu assegnato all'organizzazione non governativa *Pugwash Conferences on Science and World Affairs*, nata nel 1957, nel pieno della guerra fredda, dall'incontro di 22 scienziati provenienti da diversi paesi del mondo, compresi gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica. I fondatori del Pugwash presero spunto da un manifesto presentato da Albert Einstein e Bertrand Russell il 9 luglio 1955, per promuovere una campagna per il disarmo nucleare, e firmato da altri 11 scienziati e intellettuali di fama mondiale. Tra questi anche il fisico Joseph Rotblat che abbandonò lo stesso progetto Manhattan nel quale era coinvolto, per questioni etiche. Nel tempo, numerosi altri scienziati di tutto il mondo hanno aderito all'organizzazione, sostenendone le istanze anche in anni in cui la politica internazionale era molto tesa e continuando l'azione di promozione della pace presso i governi. Negli stessi anni in cui le potenze mondiali schieravano l'una contro l'altra testate nucleari sempre più potenti e distruttive, i loro scienziati si stringevano la mano, uniti dall'obiettivo comune del disarmo e della pace.

Oggi la questione dei rapporti tra scienza ed etica è di grande attualità e sempre più scienziati si impegnano nella promozione della pace, nella salvaguardia della salute pubblica, nel rispetto dell'umanità e della natura.



L'organizzazione non governativa *Pugwash Conferences on Science and World Affairs*, nata nel 1957 dall'incontro di 22 scienziati provenienti da diversi paesi del mondo, negli anni della guerra fredda si è impegnata nella promozione della pace e del disarmo.

PAROLA CHIAVE **Interazione debole**

DOMANDA In seguito all'esplosione di un ordigno nucleare si verificano fenomeni di decadimento radioattivo. Di quale tipo di decadimento è responsabile l'interazione nucleare debole? Spiega il fenomeno in 5 righe.