

Identificare i minerali con i raggi X

Nel 1912 il fisico tedesco Max von Laue (1879-1960), nel tentativo di dimostrare la natura ondulatoria dei raggi X, sottopose un cristallo di solfato di rame a irraggiamento. Su una pellicola posta dietro al campione esaminato ottenne una specie di radiografia del cristallo, quello che in termini scientifici si chiama uno **spettro di diffrazione**, o **diffattogramma**, che permette di ricavare informazioni sulla struttura intima dei materiali solidi (figura 1).

L'esperienza di Laue aprì la strada a una lunga serie di studi sui cristalli.

Il metodo per misurare le distanze reticolari dei cristalli fu messo a punto dai fisici inglesi W.H. Bragg e W.L. Bragg (padre e figlio), i quali nel 1915 ottennero il Nobel per aver determinato con i raggi X la struttura di un cristallo di salgemma.

I raggi X sono una varietà di radiazione elettromagnetica, come la luce visibile, i raggi infrarossi, i raggi ultravioletti, caratterizzata da una lunghezza d'onda molto corta (dell'ordine di 0,1 nm) e per questo sono in grado di penetrare negli strati superficiali di una sostanza cristallina. Un fascio di raggi X ha lunghezza d'onda dello stesso ordine di grandezza della distanza tra i piani reticolari del cristallo e perciò quando colpisce un reticolo cristallino viene diffratto: le radiazioni X sono deviate e diffuse in tutte le direzioni dagli atomi del campione.

La determinazione delle distanze interatomiche e della struttura cristallina fu resa semplice

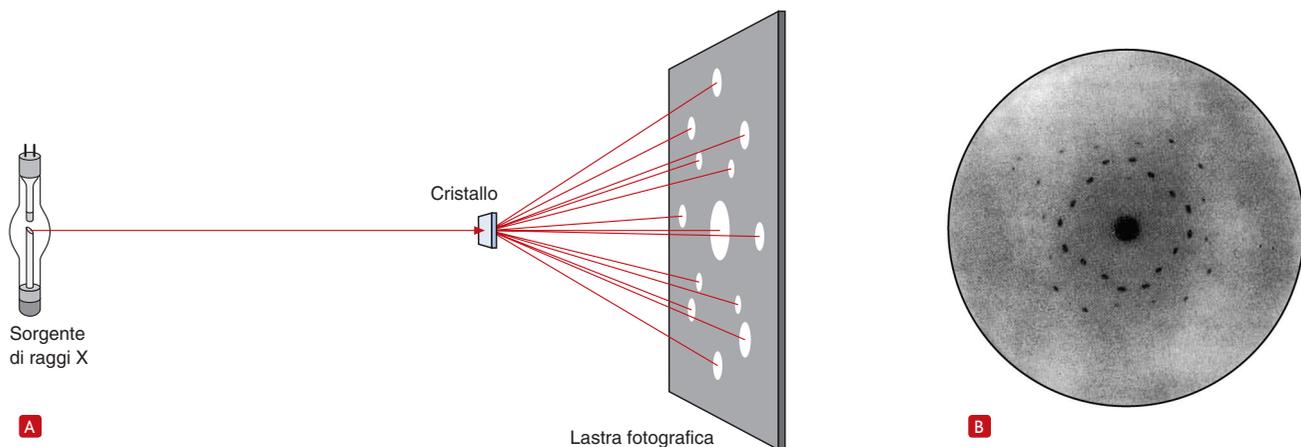
con l'introduzione, da parte dei Bragg, del concetto di riflessione dei raggi X. Essi osservarono che le onde diffratte emergono da un cristallo come se fossero riflesse dal piano reticolare. Dal momento che il potere riflettente di ogni singolo piano è molto debole, l'onda riflessa è generata dalla somma delle onde riflesse da un gran numero di piani paralleli, e affinché tutte queste onde si rinforzino a vicenda è necessario che siano in concordanza di fase (interferenza costruttiva).

Nella figura 2 i numeri 1, 2, 3 rappresentano piani reticolari paralleli aventi tra loro distanza d , mentre λ è la lunghezza d'onda di un fascio di raggi X che incide sui piani reticolari con l'angolo θ . Poiché gli strati più profondi del reticolo sono incontrati dai raggi incidenti con un piccolo ritardo rispetto a quelli superficiali, i raggi riflessi dal piano 2 saranno sfasati rispetto a quelli riflessi dal piano 1 di un tratto $BA + BC$. Dai triangoli rettangoli DAB e DBC si ha $AB = BC = d \cdot \sin\theta$. Lo sfasamento sarà perciò $2d \cdot \sin\theta$, e solo quando esso sarà uguale a un numero intero di lunghezze d'onda, cioè quando sarà soddisfatta l'equazione:

$$2d \cdot \sin\theta = n\lambda \text{ (equazione di Bragg)}$$

si avrà interferenza positiva fra i raggi riflessi che abbandonano il cristallo nella direzione indicata dalle frecce; per tutte le altre direzioni che non soddisfano la precedente equazione i raggi diffratti originano un'interferenza negativa. Le figure di diffrazione, che si ottengono su pellicola fotografica

FIGURA 1 (A), esperimento di diffrazione di Max von Laue. (B), spettro di diffrazione di un cristallo di salgemma.



ca, sono formate da macchie luminose corrispondenti alle direzioni secondo le quali si ha rafforzamento delle radiazioni (figura 1).

Noti la lunghezza d'onda dei raggi X e l'angolo di incidenza θ è possibile determinare la distanza d tra due piani reticolari e le dimensioni di una cella elementare di un cristallo.

Molti conoscono l'importanza dei raggi X nell'indagine sulla struttura del DNA. Furono proprio le immagini ottenute da Rosalind Franklin nel 1952 bombardando DNA cristallino con raggi X a far nascere nella Franklin stessa, in Crick e in Watson l'idea di una struttura a doppia elica per l'acido nucleico più famoso.

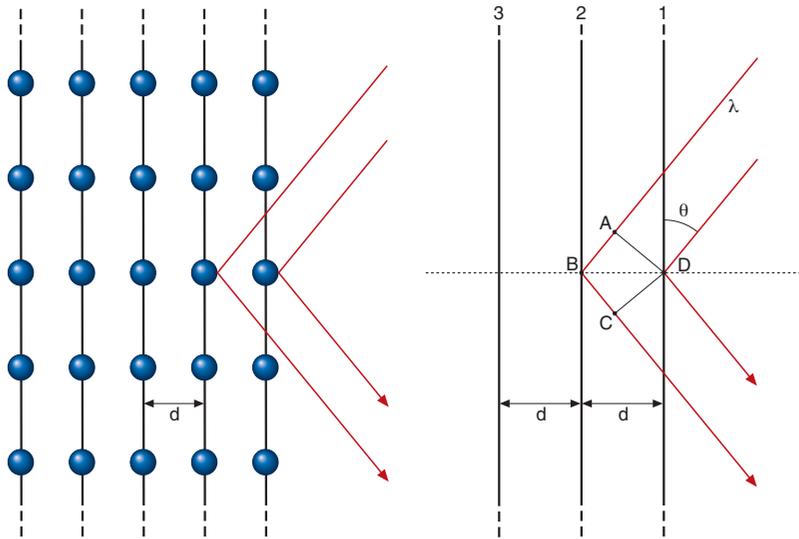


FIGURA 2 I fronti d'onda riflessi da due piani reticolari adiacenti si sommano, se la differenza dei loro percorsi (ABC) è un multiplo intero n della lunghezza d'onda λ . La distanza reticolare d è determinabile tramite una semplice costruzione geometrica in cui è evidente che $n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$ (legge di Bragg).

