

100 anni da Laue

Gli atomi sono troppo piccoli per essere “visti” mediante la luce visibile. La scoperta della diffrazione dei raggi-X da parte dei cristalli ha confermato che sono composti da disposizioni regolari periodiche di atomi.

Nel 1895 Röntgen scoprì un nuovo tipo di radiazione, di natura sconosciuta. La chiamò raggi-X: erano invisibili e potevano penetrare la materia solida. Materiali a diversa densità assorbono una dose diversa di raggi-X, questa proprietà fu rapidamente utilizzata per produrre immagine mediche, le ossa sono infatti più dense dei muscoli. La tecnica è la stessa utilizzata oggi negli ospedali e dai dentisti per vedere ossa e denti fratturati.

Molti scienziati hanno tentato di usare cristalli per capire i misteriosi raggi-X. All'inizio del 1912 a Monaco una lastra fotografica illuminata da raggi-X attraverso cristalli di sfalerite (solfuro di zinco), mostra forti macchie invece dell'ombra con la forma del cristallo: i raggi-X sono stati divisi e deviati dal cristallo!! Il fenomeno, già conosciuto nell'ottica, è definito DIFFRAZIONE.

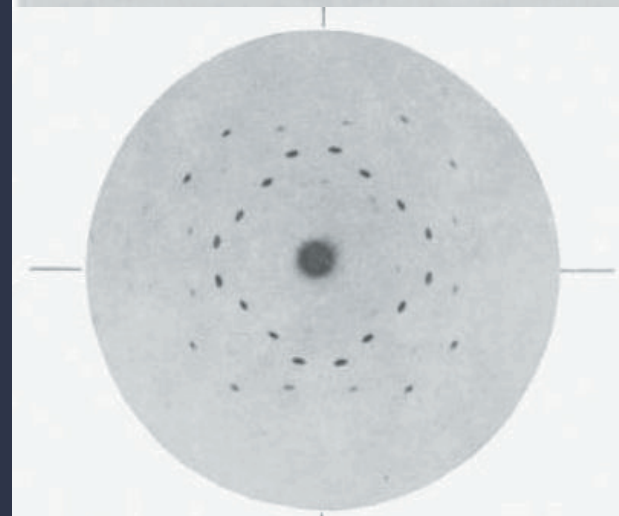
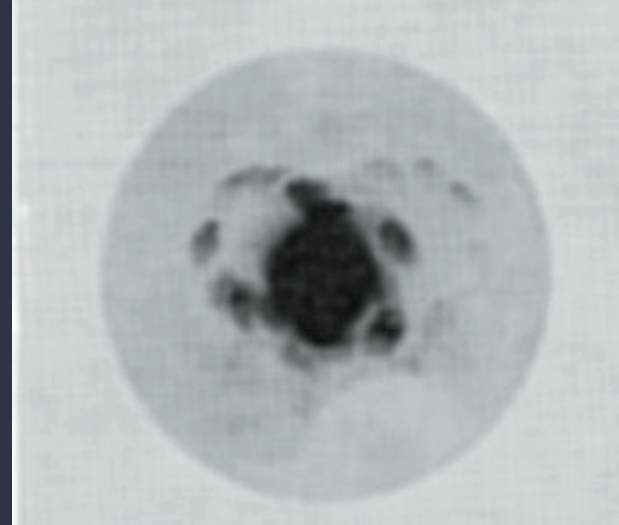
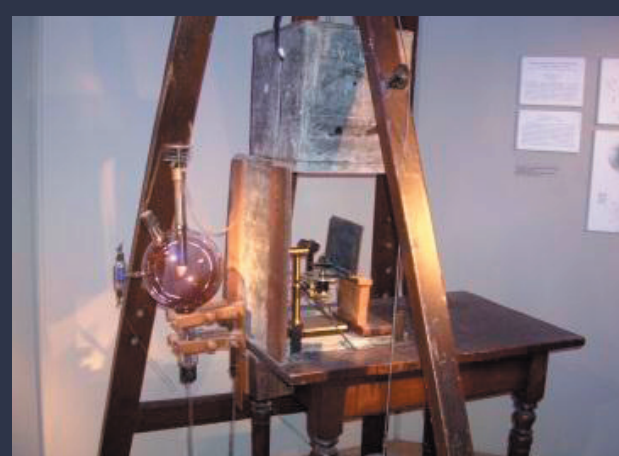
L'esperimento, effettuato orientando il cristallo in diverse direzioni, mostra chiaramente che le macchie di diffrazione mostrano la stessa simmetria del cristallo!! La semplice osservazione della diffrazione dei raggi-X da parte di cristalli ha quindi provato due aspetti fondamentali: (1) i raggi-X sono onde, proprio come la luce, però hanno una lunghezza d'onda molto più piccola. (2) i cristalli sono arrangiamenti periodici di oggetti che diffondono i raggi-X ... questi oggetti sono gli atomi che compongono i minerali e le molecole.



W.C. Röntgen (1845-1923)
Premio Nobel per la Fisica nel 1901.



M. T.F. von Laue (1879-1960)
Premio Nobel per la Fisica nel 1914.



Atoms are too small to be ‘seen’ by light in an optical microscope. The discovery of the diffraction of X-rays by crystals showed they were made of periodic regular arrangements of atoms. In 1895, Röntgen discovered a new type of radiation but was unable to determine its precise nature. In the end, he gave up and called them X-rays. They were invisible and able to pass through solid matter. Different materials have different densities and absorb different amounts of X-rays. This property of matter was quickly used to produce images for medicine; bones are denser than flesh. The same method is used by hospitals and your dentist today to look at broken bones, and your teeth! Many scientists attempted to use crystals to help understand these mysterious ‘X’-rays. In the first half of 1912 in Munich physicists shone a narrow beam of X-rays at a single crystal of the mineral sphalerite (zinc sulphide), and exposed a photographic plate behind the crystal, just as for medical X-ray images. Instead of seeing just a shadow of the crystal they saw many strong spots; the X-ray beam had been split up and diverted by the single crystal! This phenomenon was well known from light optics – it is called DIFFRACTION. By orienting the crystal it became apparent that the diffraction pattern had the symmetry of the crystal!! Therefore, this single observation of the diffraction of X-rays by crystals proved two things:

(1) X-rays are waves, just like light, but with much shorter wavelengths.

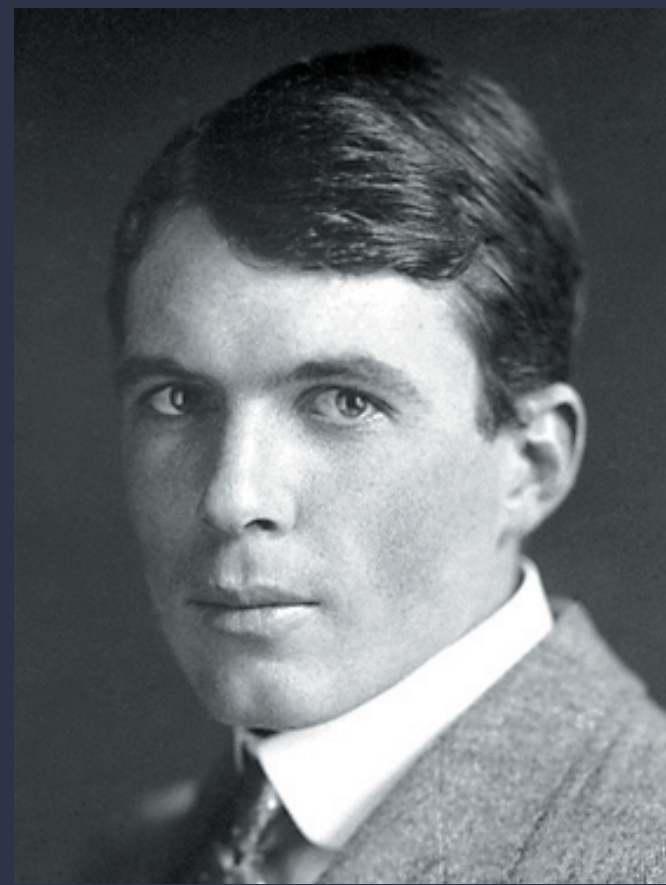
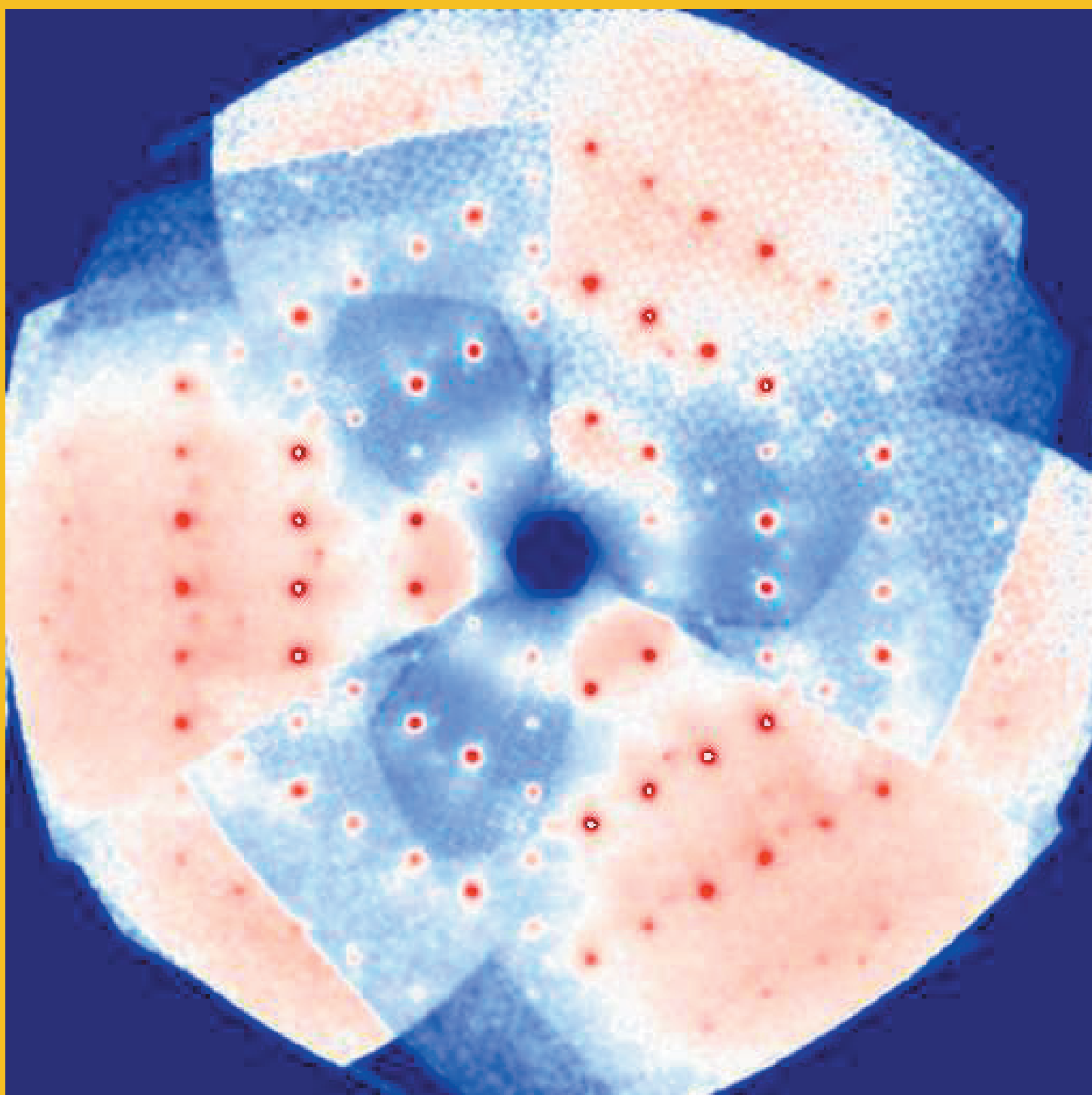
(2) Crystals are periodic arrays of objects that scatter X-rays....these objects are the atoms which make up minerals and molecules.

100 anni da Bragg

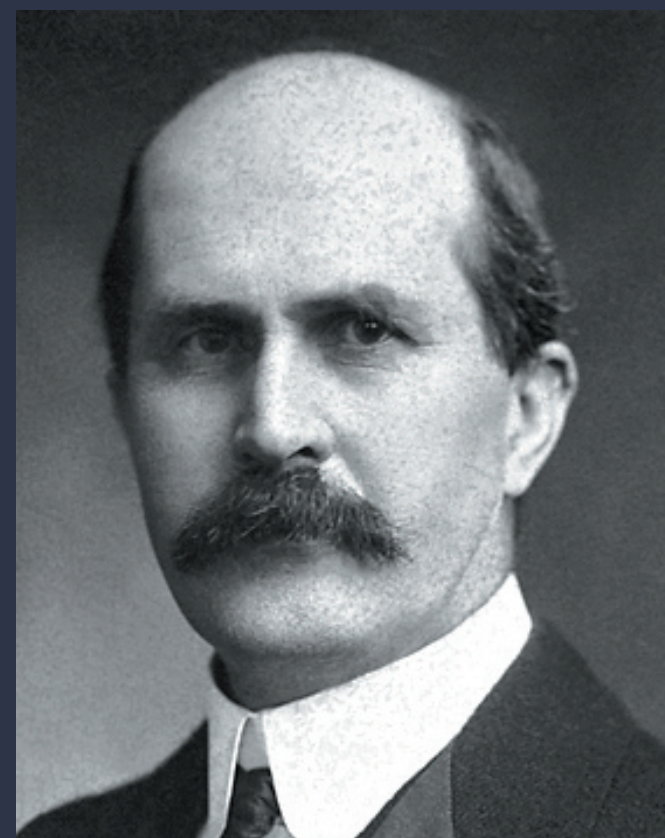
La diffrazione dei raggi-X da parte dei cristalli permette di determinare le posizioni degli atomi nei cristalli. Prima della scoperta della diffrazione dei raggi-X nel 1912 la struttura atomica dei cristalli non poteva essere misurata: la lunghezza d'onda della luce è troppo lunga per vedere gli atomi.

Ci sono due proprietà evidenti in tutti gli spettri di diffrazione: (1) la posizione delle macchie di diffrazione sul rivelatore: WL Bragg ha dimostrato che l'angolo di diffrazione dei raggi-X si interpreta mediante la spaziatura dei piani atomici nel cristallo. (2) Le macchie di diffrazione hanno intensità diverse. Immediatamente dopo la scoperta di Von Laue il gruppo di ricerca composto da Bragg padre e figlio sviluppò il modo di determinare le posizioni degli atomi nei cristalli a partire dalle intensità dei raggi diffratti.

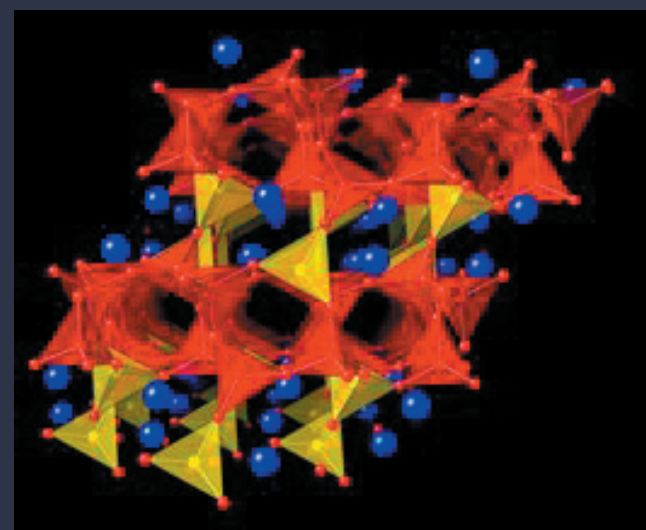
WL Bragg e WH Bragg ricevettero congiuntamente il premio Nobel per la fisica nel 1915 per l'invenzione della determinazione strutturale mediante la diffrazione dei raggi-X.



W.L. Bragg (1890-1971)
Premio Nobel per la Fisica
nel 1915.



W.H. Bragg (1862-1942)
Premio Nobel per la Fisica
nel 1915.

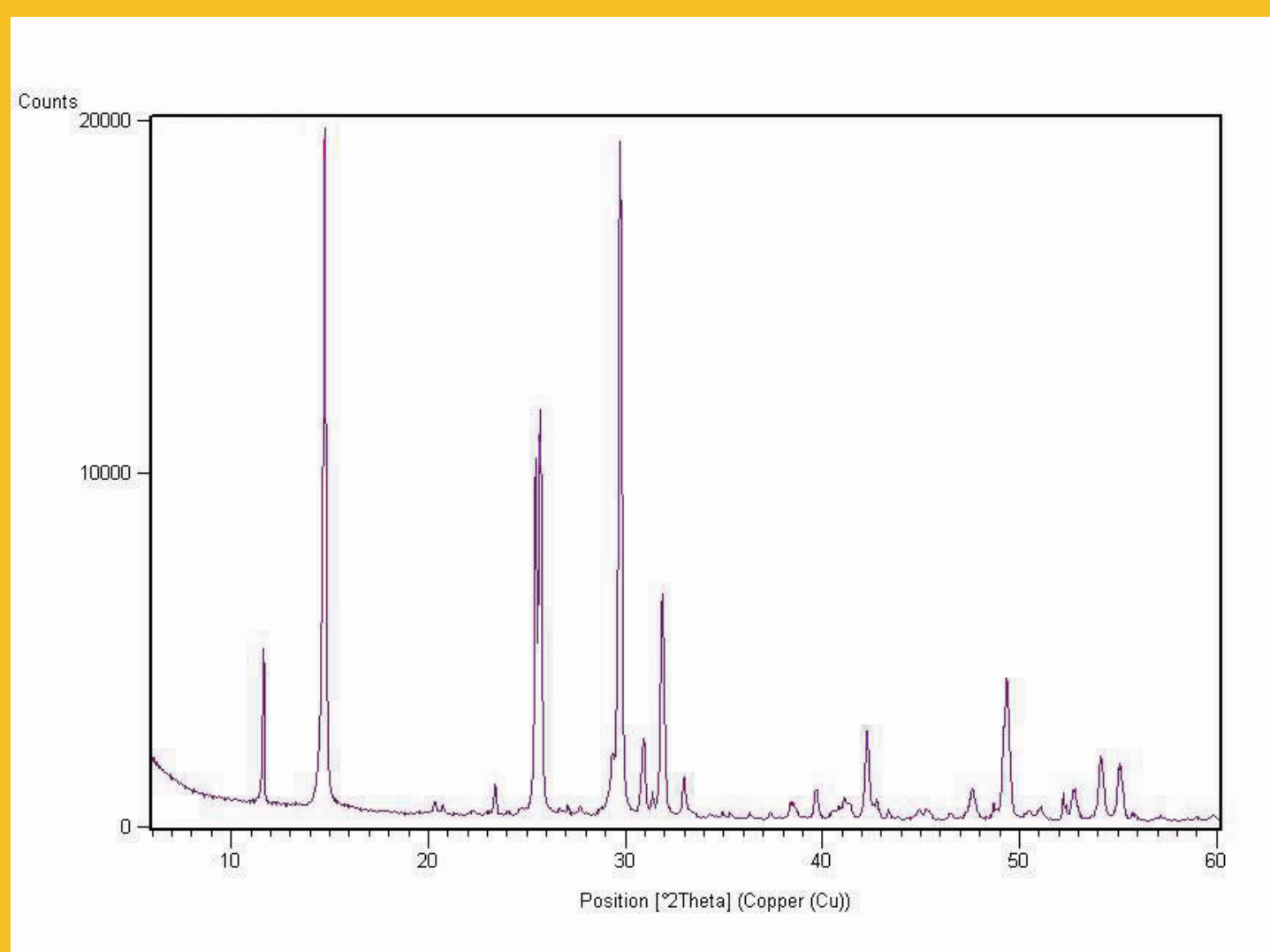


X-ray diffraction by crystals allows us to determine very precisely the arrangements of atoms in crystals. Before X-ray diffraction was discovered in 1912, the internal structure of crystals could not be seen or measured; the wavelength of light is just too long to see individual atoms. There are two obvious properties of any X-ray diffraction pattern. (1) The positions of the spots on the film or detector: WL Bragg showed that the angle of deflection of the diffracted X-rays could be simply expressed in terms of the spacing of planes of atoms in the crystal. (2) The spots have different intensities: Immediately after the discovery of X-ray diffraction the father and son team of WH and WL Bragg in England quickly developed methods to determine the arrangements of the atoms in crystals from the intensities of the diffracted X-ray beams. They jointly received the 1915 Nobel Prize in Physics for this invention of structure determination by X-ray diffraction.

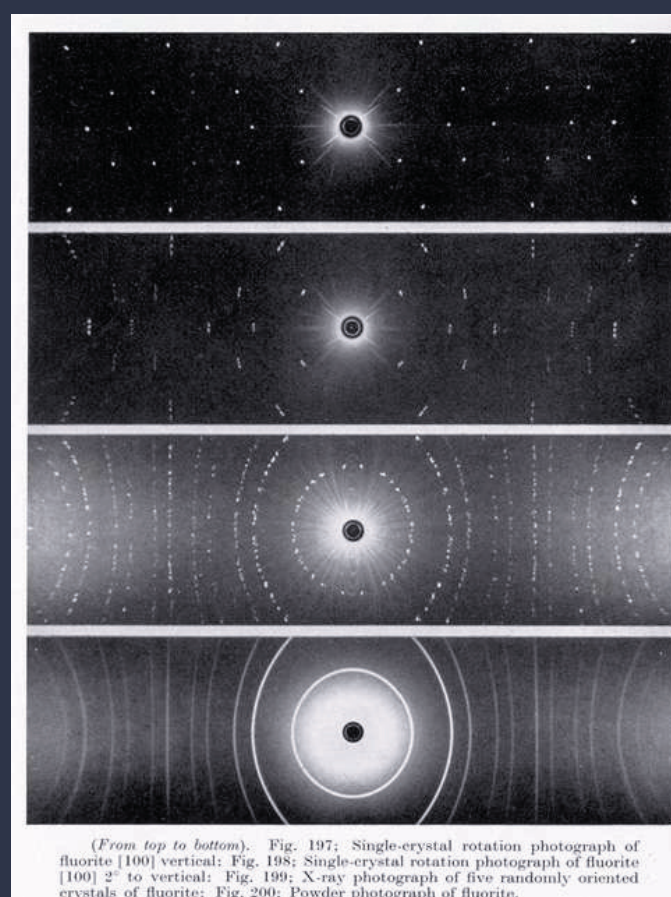
100 anni da Bragg

La determinazione delle strutture cristalline è oggi utilizzata sistematicamente in chimica, mineralogia e biologia. Ha rivoluzionato molti settori scientifici perché ci permette di “vedere” la struttura delle molecole e dei materiali e comprendere come la struttura atomica controlli le loro proprietà ed il loro funzionamento. I moderni diffrattometri a raggi-X usano sorgenti intense e rivelatori sensibili per misurare le intensità diffratte da cristalli anche estremamente piccoli (0.01 mm). Un cristallo singolo produce un insieme simmetrico di macchie di diffrazione, definito il reticolo reciproco. Se si utilizzano due cristalli, si ottiene un insieme dei due spettri di diffrazione.

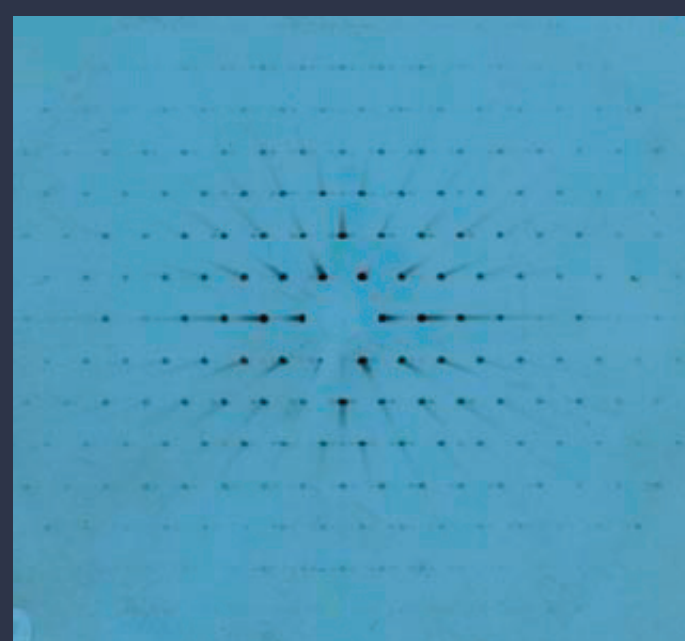
Se frantumiamo il cristallo in una “polvere” composta di moltissimi cristalli molto piccoli, lo spettro di diffrazione conterrà simultaneamente le macchie di diffrazione di tutti i cristalli, fino a produrre anelli di diffrazione, anziché macchie isolate. La posizione e le intensità di questi “anelli (o coni) di diffrazione” sono ovviamente correlate con quelle prodotte da ciascun cristallo isolato, così che anche la “diffrazione da polveri cristalline” può essere efficacemente utilizzata per determinare le strutture dei cristalli.



Spettro di diffrazione da cristallo singolo, camera di Laue, raggi-X policromatici.



(From top to bottom). Fig. 197; Single-crystal rotation photograph of fluorite [100] vertical; Fig. 198; Single-crystal rotation photograph of fluorite [100] 2° to vertical; Fig. 199; X-ray photograph of five randomly oriented crystals of fluorite; Fig. 200; Powder photograph of fluorite.



Spettro di diffrazione da cristallo singolo, camera di Buerger, raggi-X monocromatici.

Spettro di diffrazione da materiale policristallino, misurato con un moderno diffrattometro per polveri, raggi-X monocromatici.

Modern structure determination is performed routinely in chemistry, mineralogy, and biology. It has revolutionized many fields of science because it allows us to ‘see’ the structures of molecules and materials and understand how their atomic structure controls their properties and function.

Modern X-ray diffractometers use intense X-ray sources in combination with very sensitive X-ray area detectors that allow crystals as small as 0.01 mm to be easily measured. A single crystal produces a single set of diffraction spots, defining the reciprocal lattice. If you put two crystals in the beam together, you get two diffraction patterns. So, if you grind up your crystal into a powder, the powder consists of many many very tiny crystals whose diffraction patterns overlap to form diffraction ‘rings’ instead of ‘spots’. The position and intensity of these rings is obviously related to those of the single crystal, so they can also be used in ‘powder diffraction’ to determine the structures of crystals.