

# cristallochimica

La cristallografia spiega le relazioni intercorrenti fra proprietà fisiche, composizione chimica e arrangiamento atomico nei cristalli.

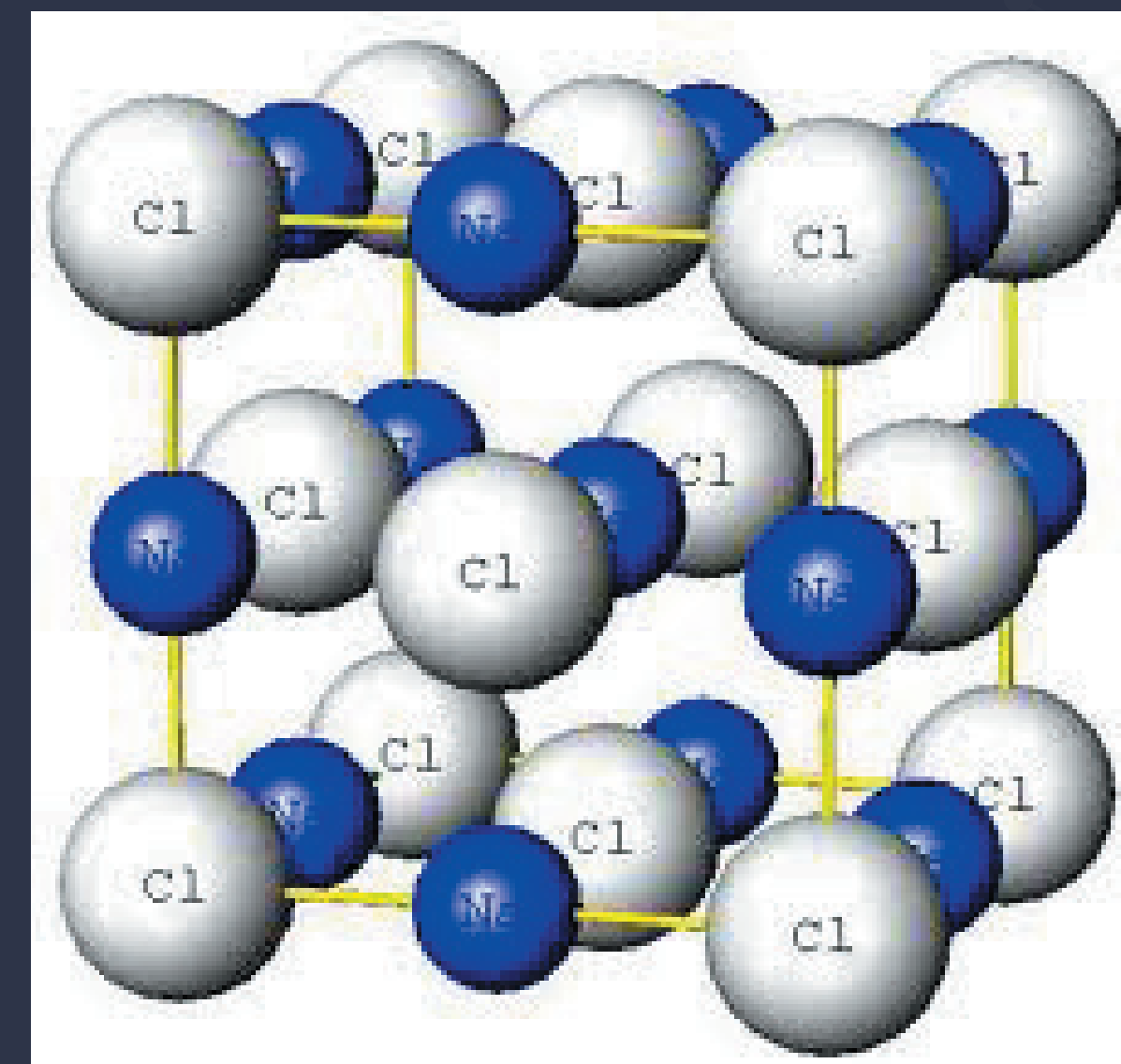
Dall'aggregazione di atomi, costituenti base della materia, si formano le molecole; dall'aggregazione di atomi e/o molecole si sviluppano i cristalli.

Nel caso di aggregazione di molecole si parla di struttura molecolare; mentre i legami fra atomi costituenti la molecola sono particolarmente forti, i legami fra molecole sono generalmente deboli, conferendo al cristallo particolari proprietà (ad esempio, facile sfaldabilità e bassa durezza), come nel caso dei cristalli di ghiaccio.

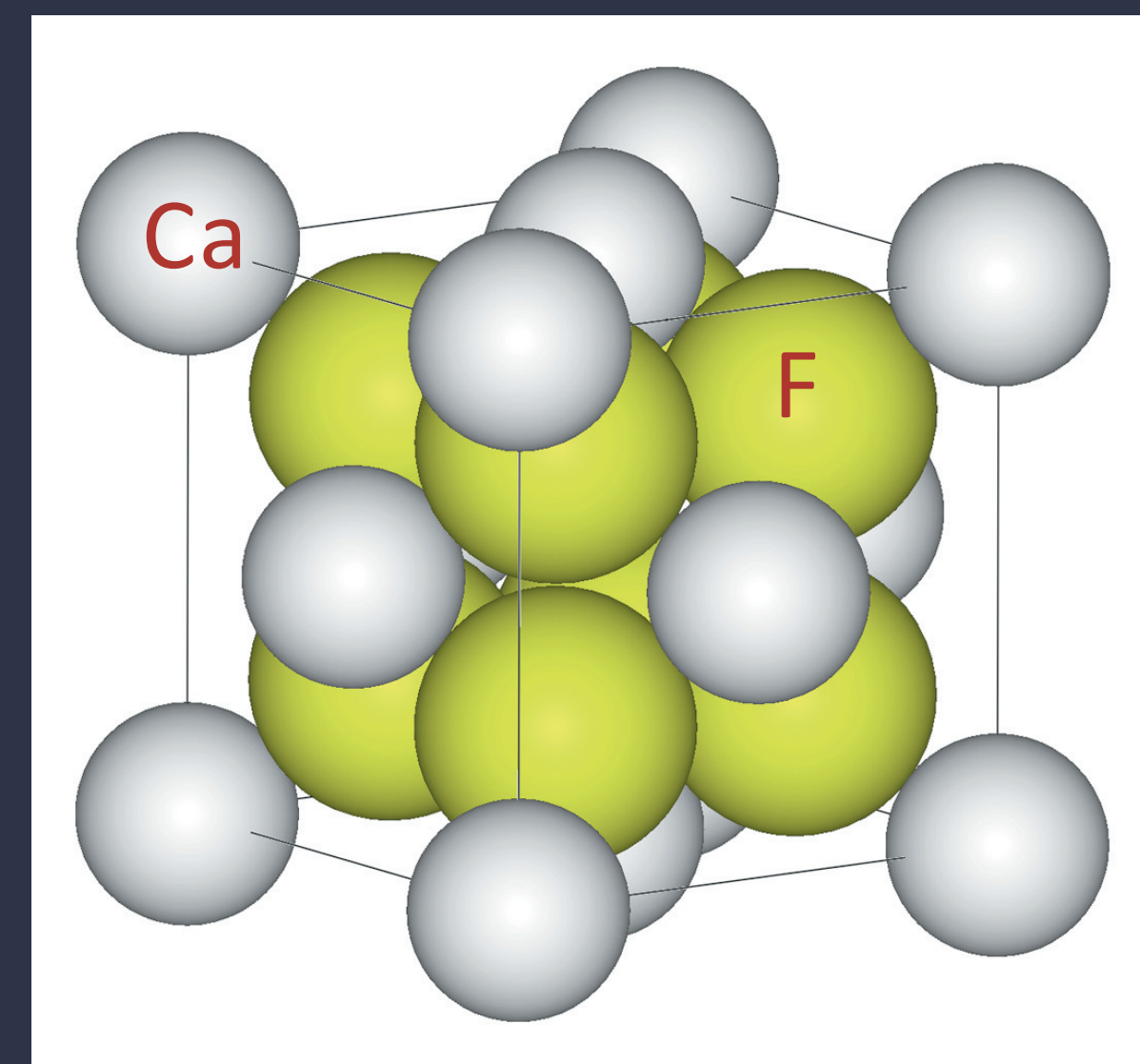
I cristalli possono accrescersi per aggregazione di atomi a formare strutture come quella del salgemma ( $\text{NaCl}$ ) o della fluorite ( $\text{CaF}_2$ ).



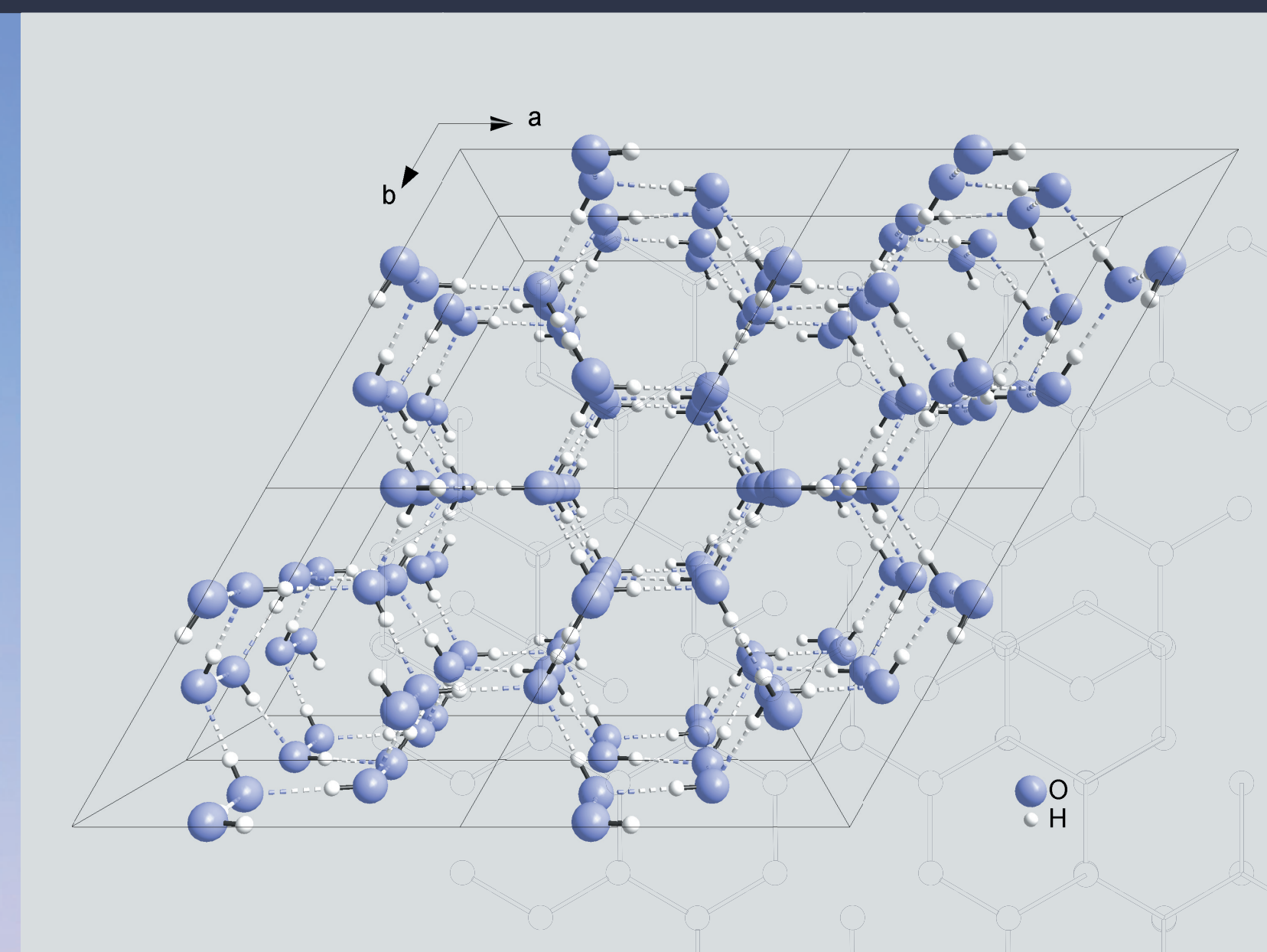
Halite: cristalli e struttura.



Fluorite: cristalli e struttura.



Cristallo di neve e relativa struttura.



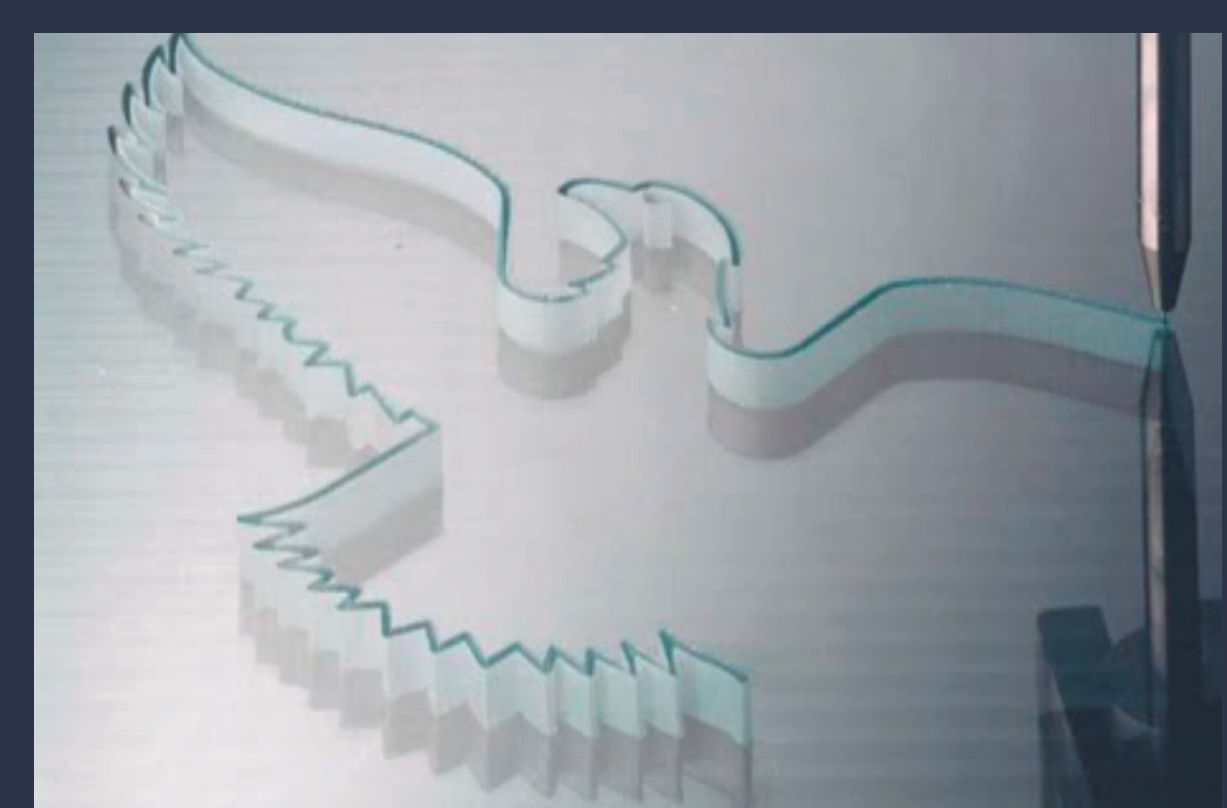
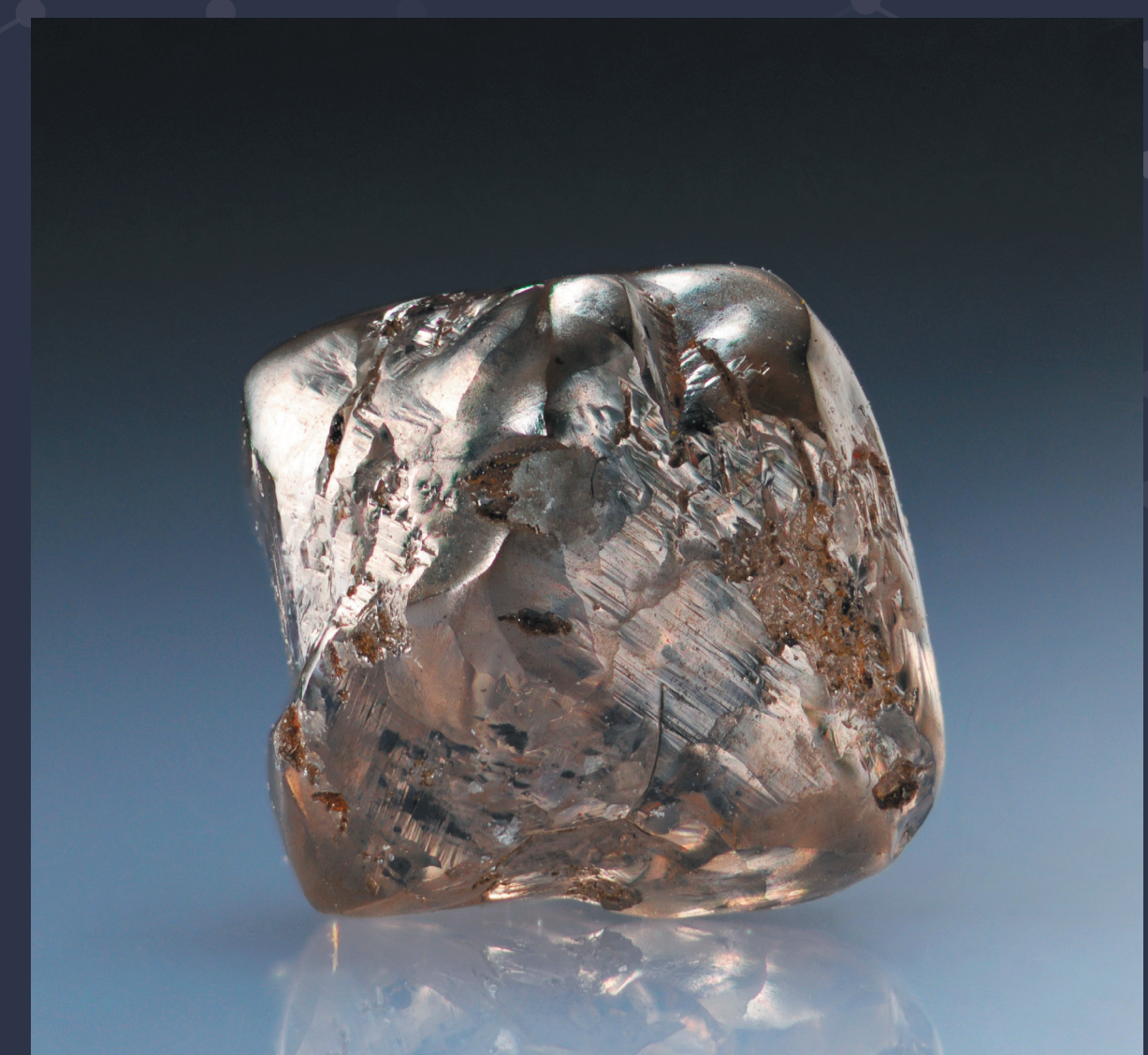
Crystal chemistry explains the relationships between physical properties, chemical composition and the atomic arrangement in crystals. Molecules form by the aggregation of atoms, that are the basic components of all matter; by aggregation of atoms and/or molecules, crystals are formed.

The structure is called molecular when the crystal grows by molecular aggregation; in this case, while the atomic bonds in each molecule are very strong, the bonds between molecules are generally weak, giving the crystal specific properties, as in ice crystals (for example, easy cleavage and low hardness). Crystals can also form by atomic aggregation, as in the structures of common salt (halite,  $\text{NaCl}$ ) or fluorite ( $\text{CaF}_2$ ).



# struttura cristallina e proprietà fisiche

Le proprietà fisiche dei cristalli sono definite non solo dalla composizione chimica, ma anche dalla struttura. Diamante e grafite, entrambi composti da carbonio allo stato cristallino, presentano caratteristiche fisiche profondamente diverse. La bassa durezza della grafite (1-2 nella scala di Mohs) rispetto a quella del diamante (10) e il basso peso specifico della grafite (2.2) rispetto al diamante (3.5) sono l'espressione delle differenti strutture cristalline: compatta e densa, caratterizzata da forti legami covalenti quella del diamante, meno compatta, caratterizzata da deboli legami di Van der Waals quella della grafite.



- SIMMETRIA
- LEGAMI CHIMICI
- PESO SPECIFICO
- DUREZZA
- SFALDATURA
- LUCENTEZZA
- INDICI DI RIFRAZIONE
- COLORE

GRAFITE

esagonale  
covalente e  
Van der Waals

2.16

1-2

perfetta basale

semimetallica

1.93-2.07

grigio scuro

DIAMANTE

cubico  
covalente

3.52

10

perfetta ottaedrica

adamantina

2.42

generalmente  
incolore, giallo pallido

The physical properties of the crystals are defined not only by the chemistry, but also by the crystal structure. Diamond and graphite, crystalline carbon, show very different physical feature. The lower hardness of the graphite to respect that of diamond (respectively 1-2 and 10 in the Mohs scale of hardness) and the density of graphite (2.2) significantly lower than that of diamond (3.5), are expression of the different crystalline structures: diamond structure packed, characterized by strong covalent bonds, graphite structure less compact, characterized by weak Van der Waals bonds.

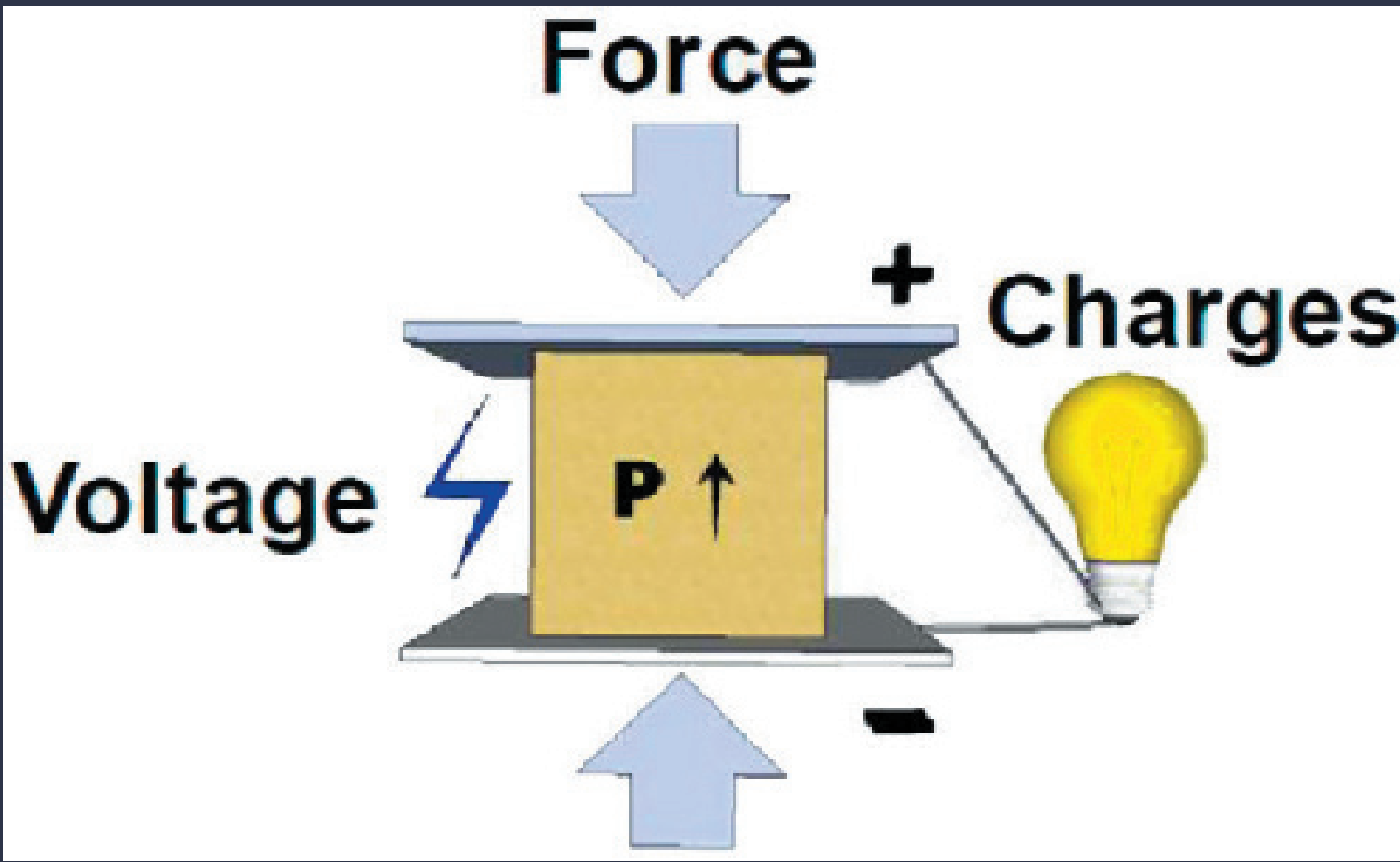
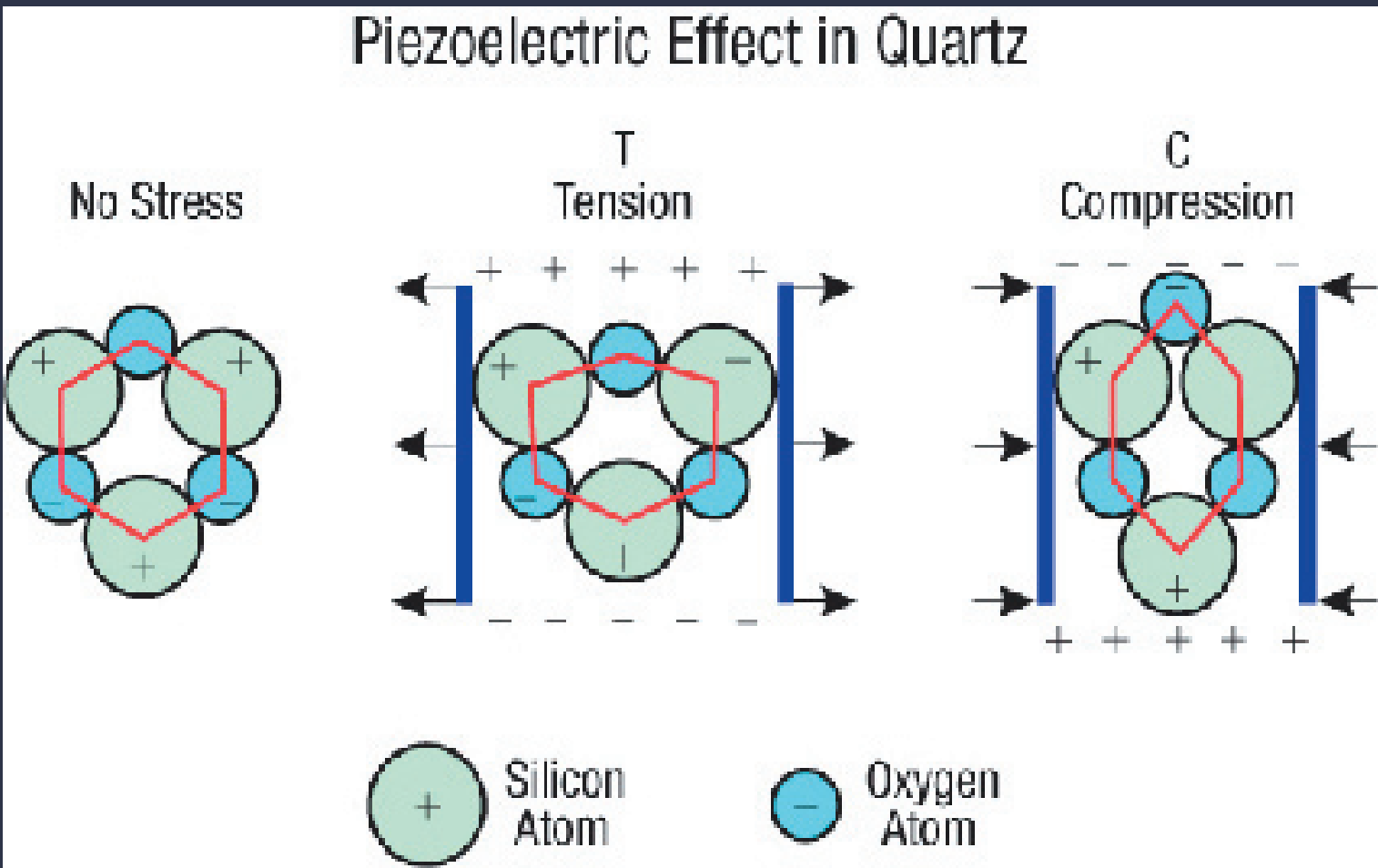


Piezoelettricità del quarzo: perché molti orologi funzionano grazie a un minuscolo cristallo di quarzo?

Una lamina di quarzo opportunamente tagliata, se soggetta a sollecitazione meccanica (compressione) si carica di segno opposto sulle due superfici (dipolo), con conseguente generazione di una differenza di potenziale e flusso di una debole corrente elettrica.

Essendo il fenomeno reversibile, se assoggettiamo ad una lamina di quarzo opportunamente tagliata una sollecitazione elettrica (tramite una batteria), il cristallo reagisce contraendosi e causando così l'avanzamento delle lancette.

Solo su determinate sezioni di strutture non centrosimmetriche, come quelle ortogonali agli assi binari del quarzo, è possibile produrre un dipolo.



Quartz piezoelectricity; why do our watches need a small quartz crystal to run?

When quartz plates of specific orientations are compressed, the two surfaces of the plate become electrically charged with opposite signs, a dipole. The resulting potential difference can drive a weak electric current.

Since this phenomenon is reversible, if we electrically stimulate the quartz plate by means of a battery, the crystal contracts causing the hands of the watch to advance.

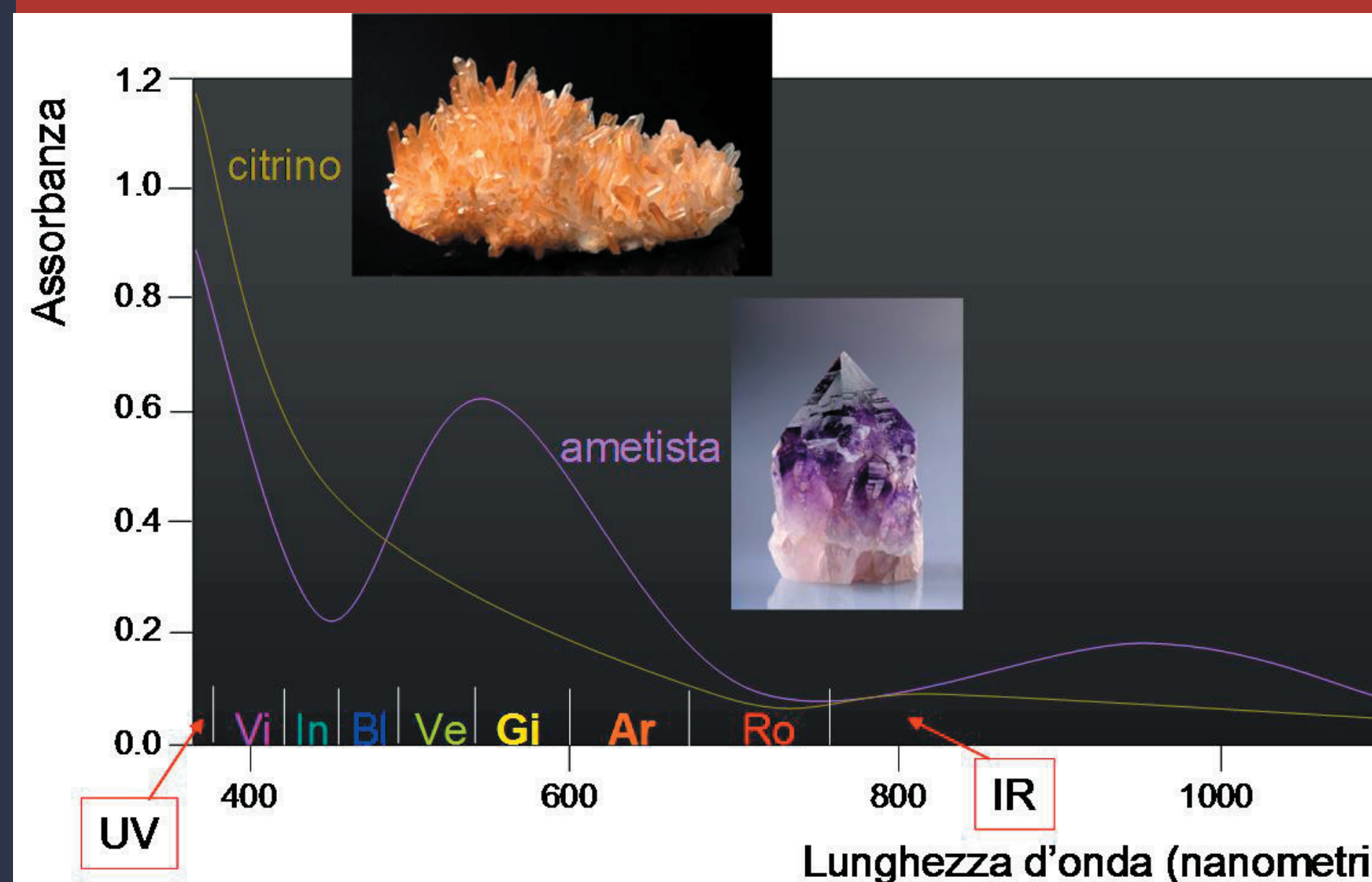
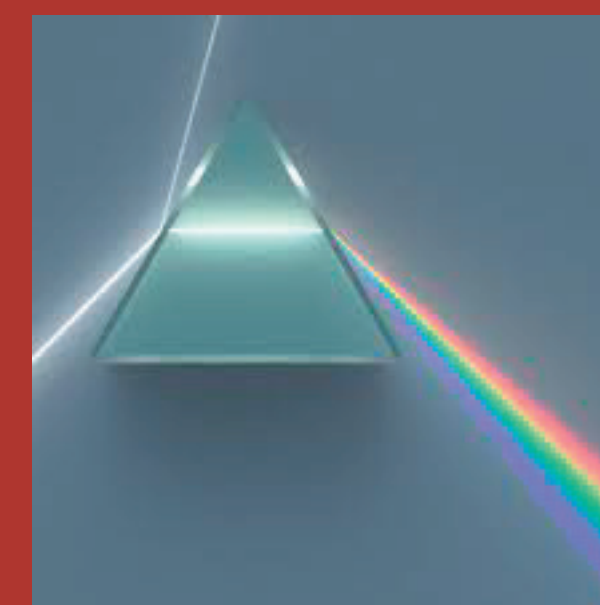
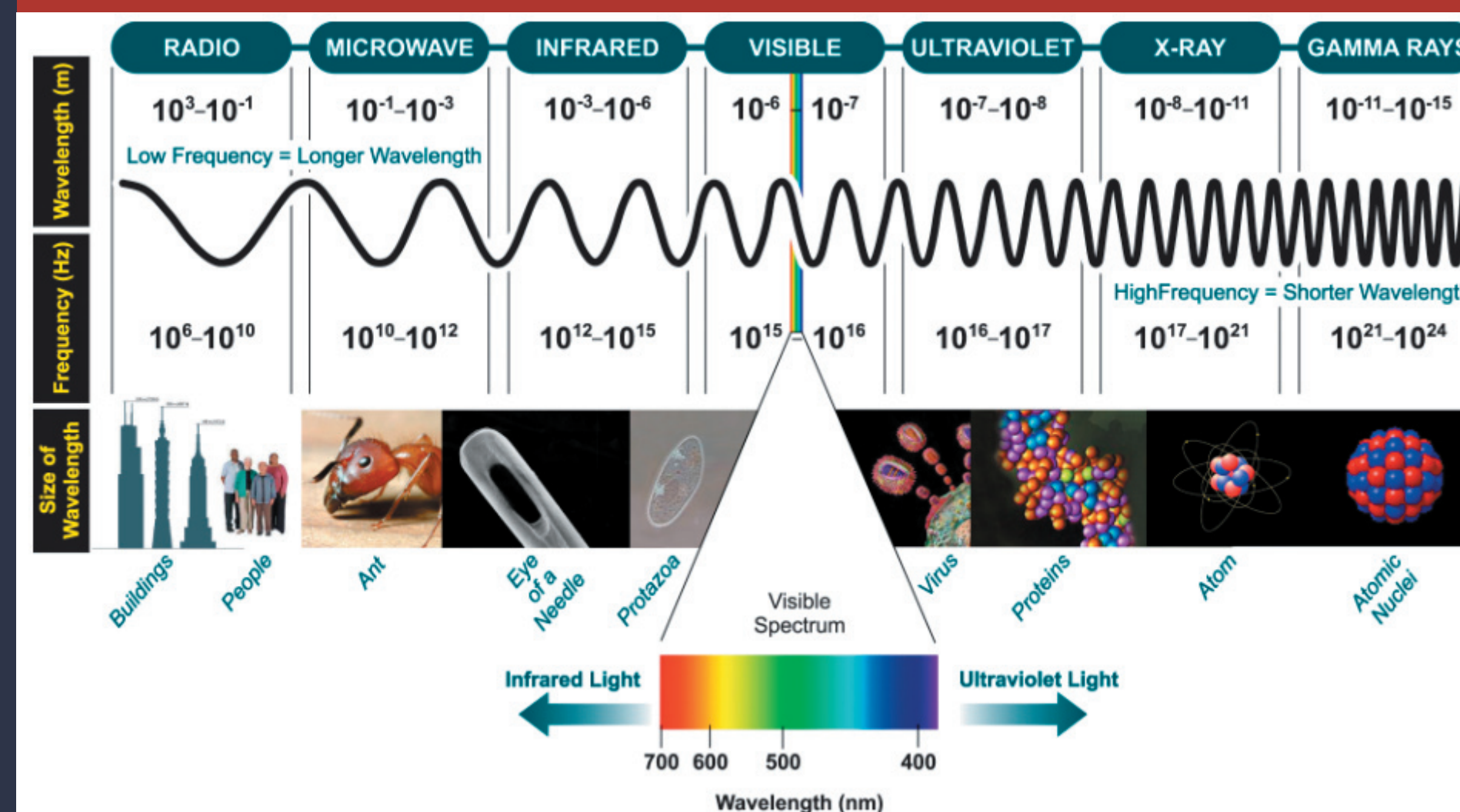
Only certain sections of non centrosymmetric crystal structures, such as those orthogonal to the twofold axis of the quartz, are able to produce such a dipole.



# origine del colore nei cristalli

L'occhio umano percepisce lo spettro costituito da lunghezze d'onda comprese fra 400 nm (rosso) e 700 nm (viola): un nanometro corrisponde a  $10^{-9}$  m (un miliardesimo di metro). Il colore percepito dall'occhio umano deriva dalla combinazione delle lunghezze d'onda che vengono trasmesse dal corpo colorato, cioè dalle lunghezze d'onda non assorbite; se tutte le lunghezze d'onda della luce bianca vengono trasmesse, l'occhio umano non percepirà alcun colore (oggetto incolore o bianco).

The human eye detects the spectrum formed by the wavelengths from 400 nm (red) e 700 nm (violet): a nanometer correspond to  $10^{-9}$  m (a billionth meter). The colour detected by the human eye originates by the combination of the wavelengths transmitted by the coloured body, namely by the wavelengths not absorbed; if all the wavelengths forming the white light are transmitted, the human eye does not detect any colour (colourless or white body). The white light may be broken into its different wavelengths: each wavelength corresponds to a colour in the visible spectrum. Also small variations of the chemistry and/or crystal structure may cause in the mineral the partial or total absorption of different wavelengths, showing its colours, as in the citrine (yellow) quartz or in the amethyst (violet) quartz. Sometimes the colour can be caused by trace components (a few atoms over a million atoms, or ppm).



La luce bianca può essere scomposta nelle diverse lunghezze d'onda che la costituiscono: ad ogni lunghezza d'onda corrisponde un colore nello spettro visibile.

Anche per piccole variazioni di composizione chimica e/o di struttura i minerali possono assorbire in parte o completamente differenti lunghezze d'onda, mostrando i colori che li contraddistinguono, come nel caso del quarzo amethysta (viola) e del quarzo citrino (giallo). A volte bastano pochi atomi su un milione di atomi, (ppm) per produrre assorbimento selettivo e quindi colorazione.



# origine del colore nei cristalli

Il colore dei minerali è un fenomeno fisico condizionato da caratteristiche chimiche e strutturali.

Ci sono minerali bianchi o incolori, come il berillo ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ) e il corindone ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); in questi casi l'assorbimento della luce è praticamente nullo.

Eppure ci sono varietà colorate di berillo e corindone, come lo smeraldo e il rubino.

In entrambi i casi la colorazione è dovuta all'entrata nel reticolo cristallino di piccole quantità di Cr in sostituzione di Al. Il Cr, essendo un metallo di transizione con orbitali elettronici 3d parzialmente liberi, è un elemento "cromoforo", cioè "portatore di colore" poiché gli elettroni possono migrare da un orbitale all'altro con emissione di energia che può essere in parte assorbita dal reticolo cristallino, causando la comparsa del colore.



Berillo.



Berillo varietà smeraldo.

verde smeraldo?

Cr



Corindone.

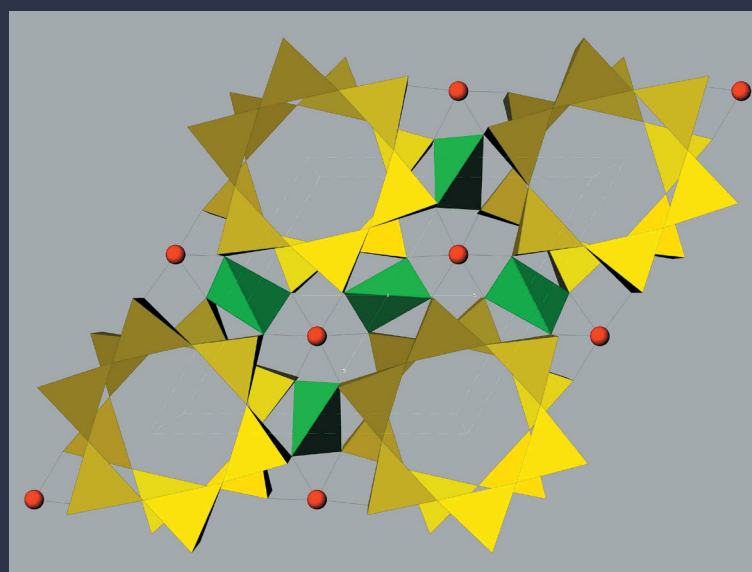


Corindone varietà rubino.

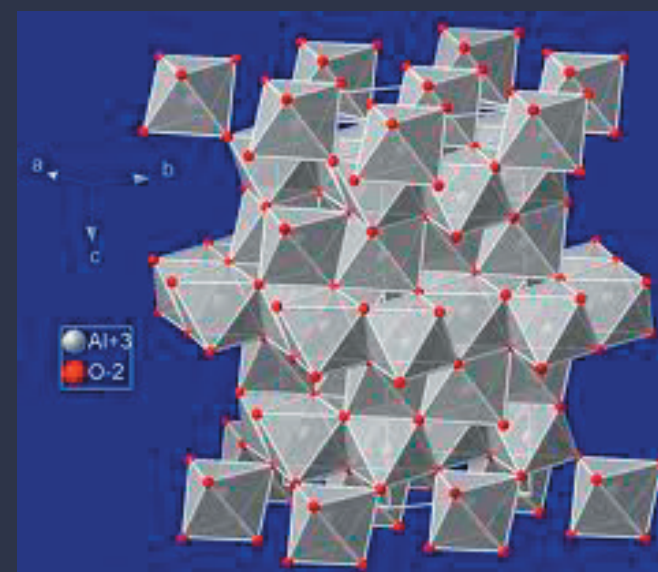
rosso rubino?



*Green or red?  
This is the question*



Struttura del berillo.



Struttura del corindone.

Ciascuna struttura cristallina permette agli elettroni dell'elemento cromoforo di emettere alcune lunghezze d'onda, assorbendone altre. Ecco perché i colori di smeraldo e rubino sono diversi, anche se causati dalla presenza dello stesso elemento cromoforo.

The colour of the minerals is physical phenomenon influenced by chemical and structural features. There are white or colourless minerals, such as beryl ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ) and corundum ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). In these cases the absorption of the light is almost zero.

Yet there are coloured types of beryl and corundum, including the gems emerald and ruby.

In both cases the colour is due to the entry into the crystal lattice of small quantity of chrome (Cr) which substitutes for aluminium (Al). Cr is a transition metal with partly empty '3d' electronic orbitals, which allows the electrons to migrate from one orbital to another.

Such elements are called 'chromophores' because the process of migration of the electrons requires specific energies; this is absorbed from incident white light, or emitted, resulting in a wavelength selection that makes the mineral coloured.

The electronic energies of a chromophore are changed by the surrounding crystal structure. That is why the colours of emerald and ruby are different, although they are caused by the same element, Cr.