

I minerali: costituenti delle rocce e materie prime. Caratteristiche, applicazioni e rischi.

Codice SOFIA: 86602

Prof. M. Giovanna Vezzalini

BRANCHE DELLA MINERALOGIA

CRISTALLOGRAFIA MORFOLOGICA: forma geometrica esterna dei cristalli

CRISTALLOGRAFIA STRUTTURALE: posizione degli atomi nel reticolo cristallino (struttura cristallina)

CRISTALLOCHIMICA: relazioni tra proprietà chimiche e struttura cristallina

CRISTALLOFISICA : dipendenza delle proprietà fisiche da composizione chimica e struttura

MINEROGENESI: condizioni di formazione dei minerali

MINERALOGIA SISTEMATICA: classificazione e proprietà dei minerali

METODI CHIMICO-FISICI PER L'ANALISI DEI GEOMATERIALI

MINERALOGIA APPLICATA: (es. geologia, scienza dei materiali, materie prime, corrispondenti sintetici, ambiente, beni culturali ecc.) **Prof. Rossella Arletti**

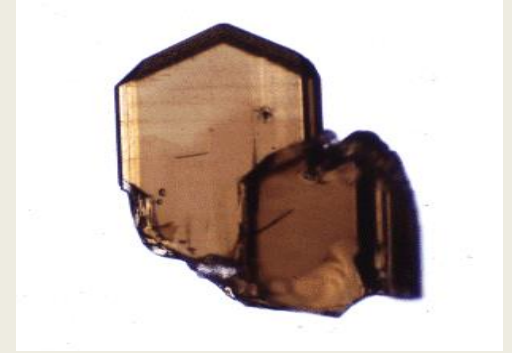
Perché studiare i minerali, le loro proprietà e la loro evoluzione al cambiamento delle condizioni fisico-chimiche?

1. Costituenti principali delle rocce. Evoluzione della crosta terrestre, terremoti, dissesto idrogeologico ecc.
2. Materie prime utilizzate tal quali, estrazione di metalli, loro applicazioni, sintesi di materiali simili ecc.

Sasso, pietra, roccia, cristallo, minerale...?

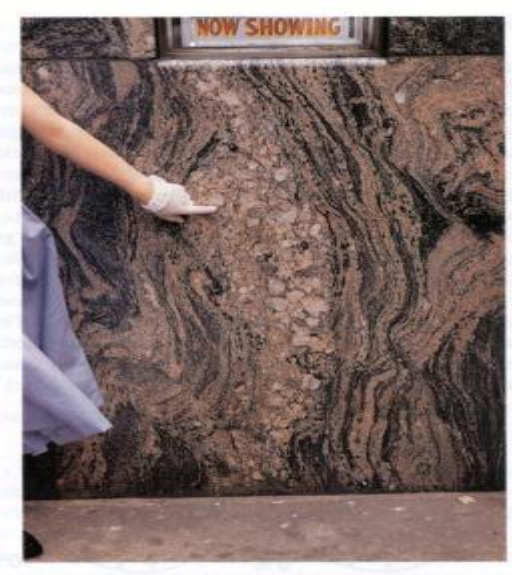


MINERALE: sostanza naturale (generalmente) solida e **crystallina**, tipicamente prodotta da processi inorganici. Sostanza omogenea dal punto di vista chimico e fisico rappresentabile da una formula chimica (**mineralogica**) che esprime i rapporti stechiometrici fra le varie specie atomiche presenti nel minerale (CaCO_3 , SiO_2 ecc.).



I **MINERALI** sono i costituenti delle rocce

ROCCIA: aggregato di minerali formatisi naturalmente in seguito a processi naturali diversi. Sostanza eterogenea.



Stati di aggregazione della materia

Stato gassoso: Particelle indipendenti che riempiono completamente il volume a disposizione. Un aumento di pressione provoca una diminuzione di volume

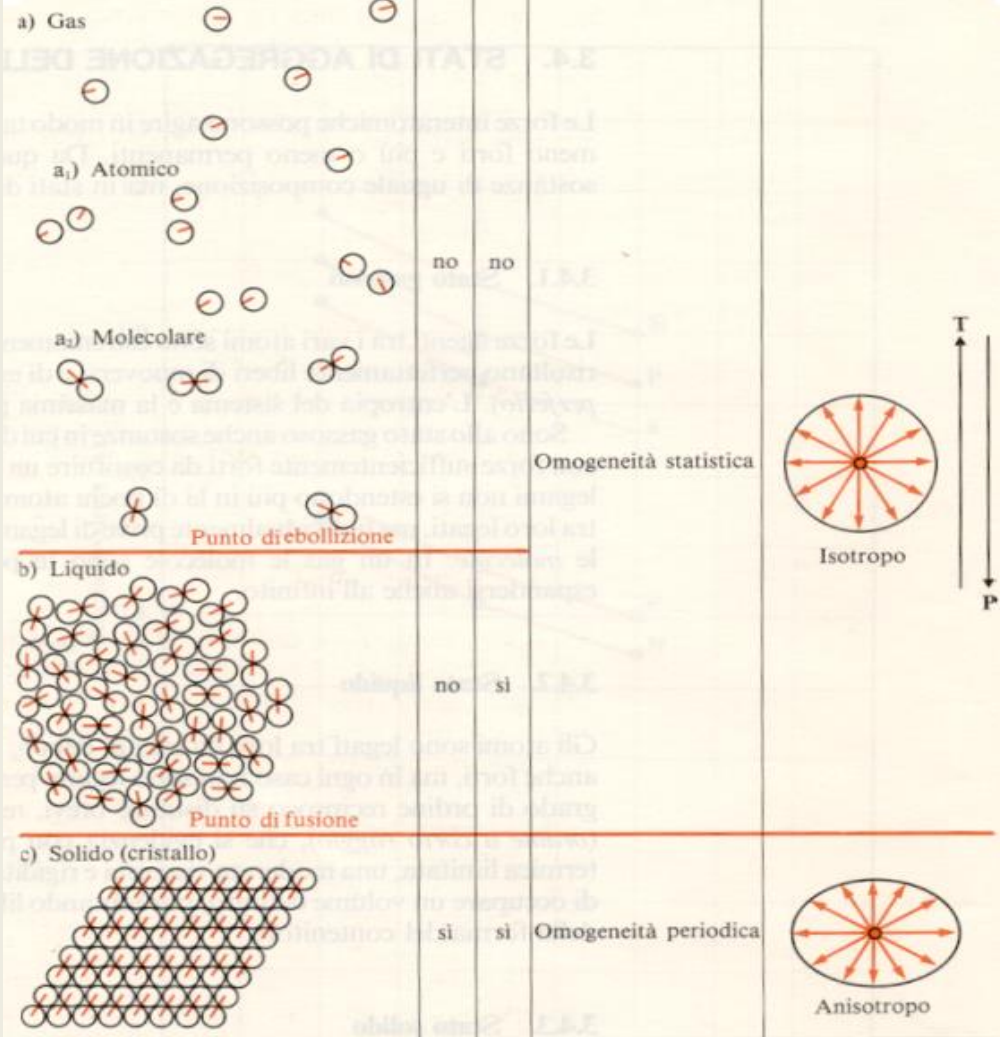
Stato liquido: interazioni attrattive tra particelle vicine; bassa compressibilità; alta agitazione termica degli atomi; legami intermolecolari non permanenti

Stato solido: agitazione termica ridotta; legami stabili

Solidi cristallini: distribuzione ordinata di atomi e molecole; omogeneità periodica; bassa energia; ANISOTROPIA

Solidi non cristallini o amorfi: distribuzione disordinata di atomi e molecole; omogeneità statistica; ISOTROPIA

GAS



LIQUIDO

CRISTALLO

Quick Check

When can water be considered a mineral?

- A. Never
- B. Always
- C. Only in its frozen state
- D. Only in its gas state



Discussion:

None of these are minerals. Using the images (and nothing else), can you identify which material dissatisfies which property?

Mineral properties:

1. Naturally-occurring,
2. Homogeneous solid,
3. Ordered atomic arrangement,
4. Definite (but commonly not fixed) chemical composition,
5. (generally formed by an inorganic process).



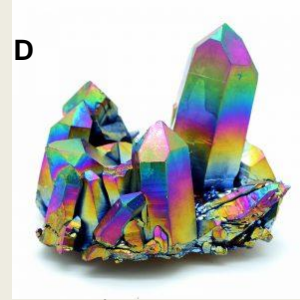
coppercanyonlapidary.com



Picclick.com



<http://asiaamber.com/>



geologypage.com



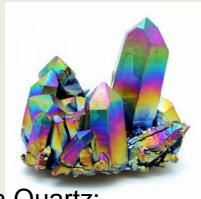
C Johnbetts-fineminerals.com

Discussion:

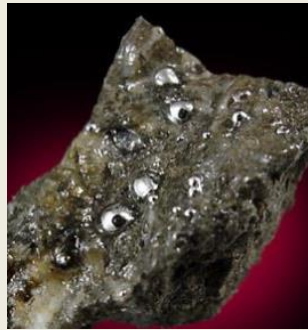
None of these are minerals. Using the images (and nothing else), can you identify which material dissatisfies which property?

Mineral properties:

1. Naturally-occurring,
2. Homogeneous solid,
3. Ordered atomic arrangement,
4. Definite (but commonly not fixed) chemical composition,
5. (generally formed by an inorganic process).



(1) = Aqua Aura Quartz:
not naturally occurring quarzo ialino che
viene esposto ai vapori di vari elementi (Au)



(2) = Mercury* historical vs
present day interpretations



(3) = Sea Glass:
atomic arrangement



(3 e 5) = Amber: amorph and organic



(4) = Na- and K-
Feldspar (not a
definite composition)

Likely not. **Identification requires an evaluation: a hand sample and/or a thin section can be needed.** However, if you were interested in seeing the correct matching answers:

Stato cristallino: distribuzione ordinata di atomi, omogeneità periodica, anisotropia (es. tutti i minerali, sostanze organiche come le proteine).

ORDINE A LUNGO RAGGIO REGOLATO DALLA



SIMMETRIA

=

Ripetizione spaziale di un motivo (ad es. un gruppo di atomi) secondo determinate regole

Scala di ordinamento

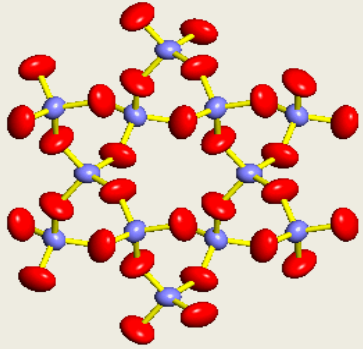
- Ordine a lungo raggio e ordine a corto raggio*

Questi vanno intesi in relazione alle dimensioni atomiche dell'ordine dell' Åmstrong (Å):

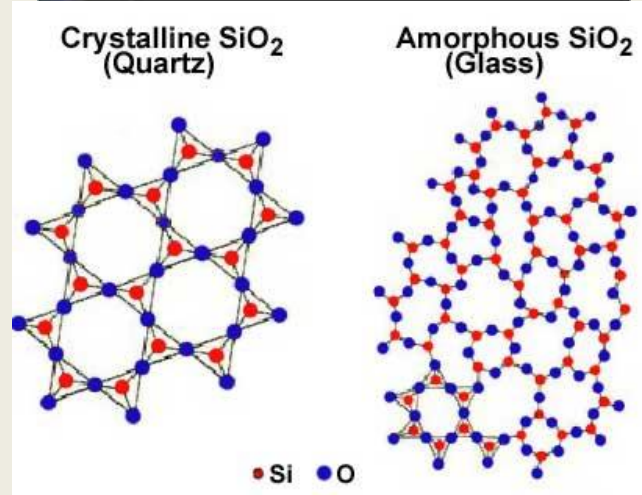
$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm} = 0.1 \text{ nm}$$

Ordine a corto raggio non si estende oltre poche decine di Å.

silice cristallina e amorfa



lunghezza del legame Si-O ~ 1,6 Å



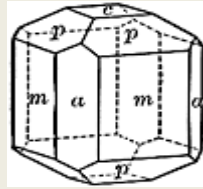
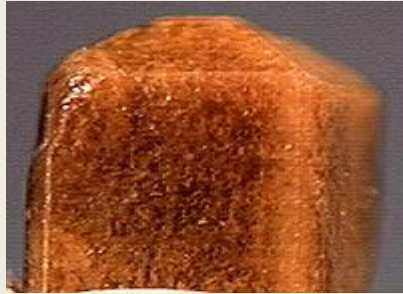
NEI CRISTALLI LA DISTRIBUZIONE DEGLI ATOMI E' OMOGENEA, PERIODICA E TRIDIMENSIONALE.

I minerali hanno struttura cristallina.

Un cristallo idealmente perfetto è costituito dalla ripetizione di unità (parallelepipedi) costruttive identiche, dette **CELLE UNITARIE** (o **ELEMENTARI**), aventi ciascuna identica orientazione, che riempiono lo spazio attraverso **traslazioni** lungo tre direzioni dette **ASSI CRISTALLOGRAFICI**.

Oltre alla **SIMMETRIA TRASLAZIONALE**, le stesse distribuzioni atomiche hanno una simmetria, interna alla cella elementare, dovuta alle reciproche relazioni tra atomi vicini e alla disposizione dei legami chimici.

Aspetto esterno di un minerale



In cristalli ben formati, la simmetria della distribuzione atomica si riflette nella forma e orientazione delle facce esterne del cristallo.



L'interesse scientifico per la morfologia dei cristalli, iniziato nel XVII secolo, ha portato alla completa descrizione matematica della simmetria molti anni prima che la simmetria interna dei cristalli a livello atomico fosse provata sperimentalmente.

N.B. La simmetria di un minerale influenza fortemente le sue proprietà fisiche (es. meccaniche, termiche, ottiche, magnetiche etc.) e il modo in cui il minerale risponde ai cambiamenti di T e P all'interno della crosta e del mantello terrestri o in ambito industriale.

La **cristallografia** studia lo **stato cristallino**, cioè l'insieme di atomi, stabile per effetto di legami chimici, che origina un solido a struttura ordinata, in cui ogni atomo tende a circondarsi di un medesimo intorno strutturale (atomi vicini).

L'ordinamento, cioè la regolarità della distribuzione atomica, nasce dal fatto che ogni atomo di un certo tipo tende a circondarsi del medesimo intorno strutturale (cioè dello stesso numero e tipo di atomi vicini, ugualmente disposti nello spazio con determinati legami chimici).

**QUESTO ARRANGIAMENTO ORDINATO DI ATOMI
INDUCE **SIMMETRIA** NELLA STRUTTURA E PUO'
ESSERE DESCRITTO DALLE **REGOLE DI SIMMETRIA****

CRISTALLO:

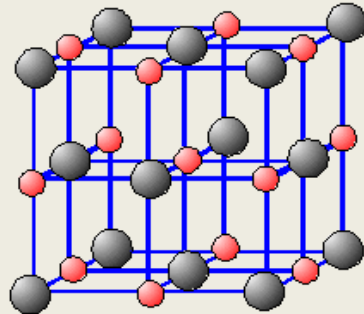
sostanza caratterizzata da una distribuzione omogenea, periodica, tridimensionale di atomi, regolata da **operazioni di simmetria**



composizione chimica definita e omogeneità di proprietà chimiche e fisiche.

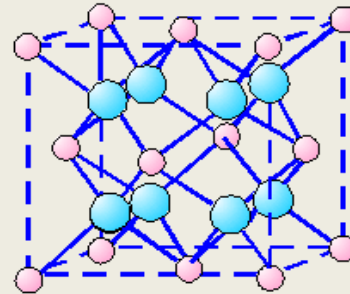
NaCl

Halite structure



● Na ● Cl

Fluorite structure



● Ca ● F

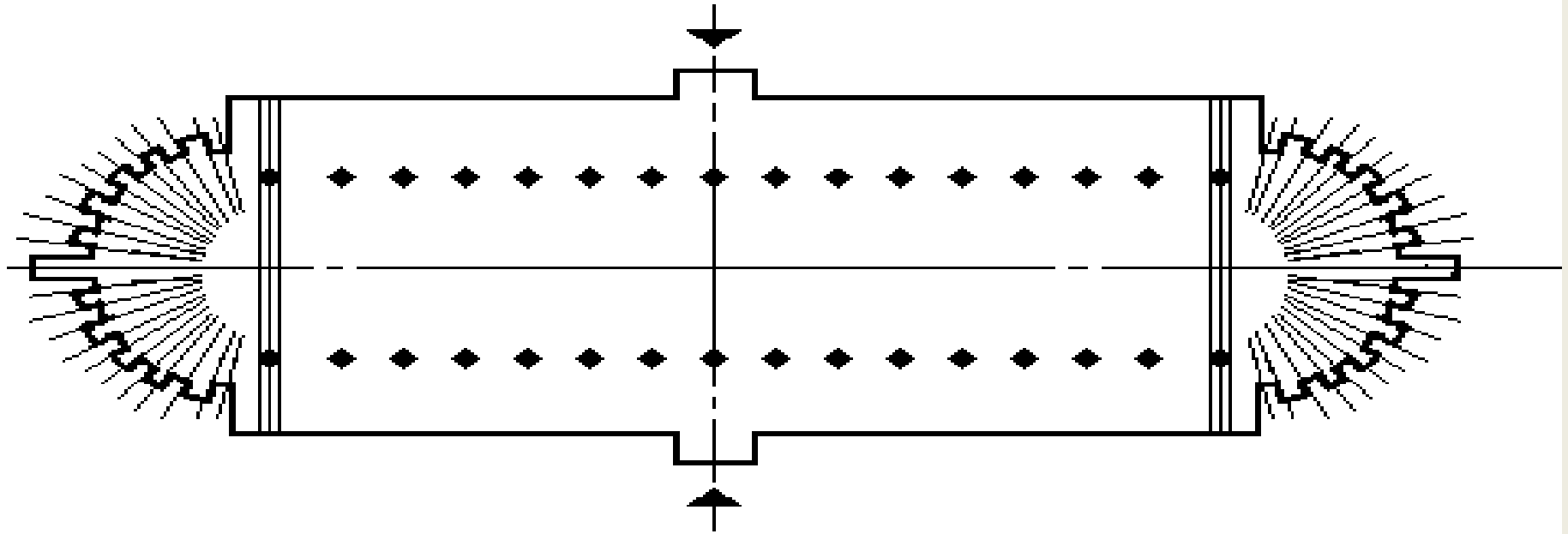
CaF₂

LA SIMMETRIA

Simmetria, termine greco che significa "*giusta proporzione, equilibrio*"

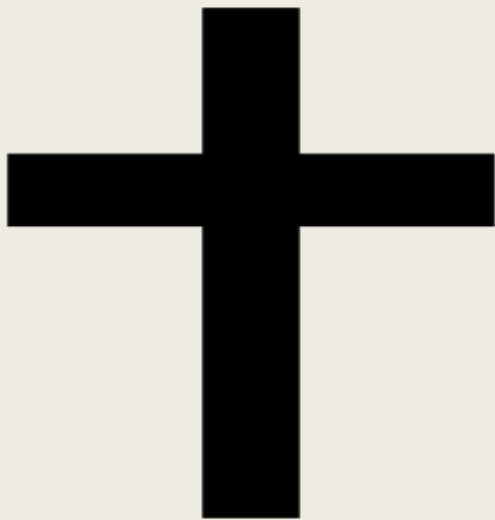
“ Tutti affermano che la bellezza visibile nasce dalla simmetria delle parti, l'una in rapporto all'altra, e ciascuna in rapporto all'insieme; dunque la bellezza di tutti gli esseri è la loro simmetria e la loro misura” (Plotino)

L'architettura richiede la simmetria

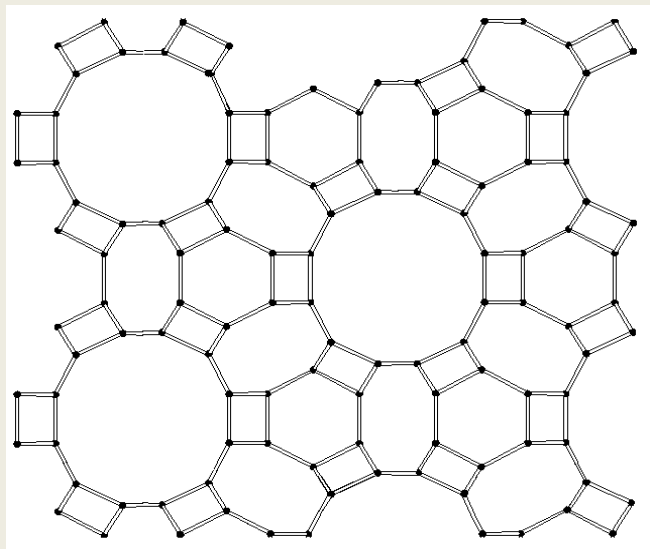




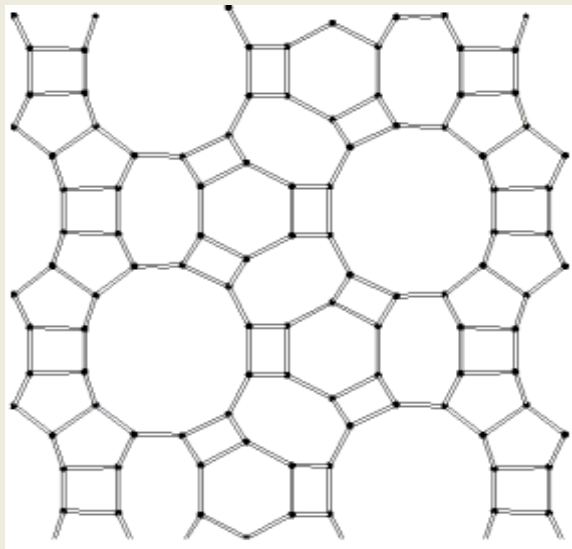
The image displays two staves of musical notation in a single system. Both staves are in the treble clef, with a key signature of one flat (B-flat) and a common time signature (C). The first staff begins with a double bar line, followed by a whole rest, then a series of eighth notes: G4, A4, Bb4, C5, Bb4, A4, G4. This is followed by a quarter rest, then eighth notes: G4, A4, Bb4, C5, Bb4, A4, G4, and finally a quarter rest. A dynamic marking 'p' is placed below the first eighth note. Above the notes, a series of slanted lines connect the notes, with a lowercase letter 'a' positioned above the first line. The second staff begins with a double bar line, followed by eighth notes: G4, A4, Bb4, C5, Bb4, A4, G4. This is followed by a quarter rest, then eighth notes: G4, A4, Bb4, C5, Bb4, A4, G4, and finally a quarter rest. A dynamic marking 'b' is placed above the first eighth note. Above the notes, a series of slanted lines connect the notes, with a lowercase letter 'b' positioned above the first line. The notes in the second staff are identical to the first staff, but the final note (G4) is marked with a sharp sign (#).



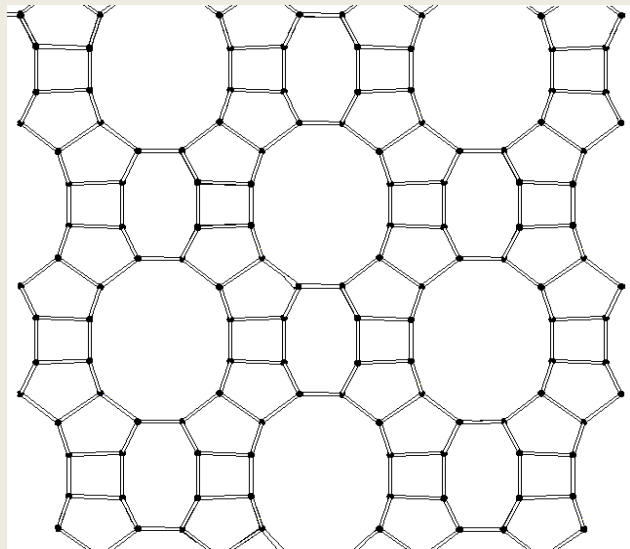
Assisiweb.com



1



2



3

SIMMETRIA

Numero di Avogadro (N_A): numero di atomi presenti in una mole di una certa sostanza = 6.022×10^{23} atomi

- Dovendo descrivere un cristallo avente, ad esempio, una mole di atomi (con N_A atomi), avremmo bisogno di $3 \times N_A$ variabili corrispondenti alle posizioni x y z di ogni atomo, cosa che è evidentemente impossibile.
- *Il tutto si semplifica enormemente se, però, si considera che gli atomi nel cristallo sono ordinati secondo certe regole:*
 - *esistono delle relazioni spaziali → **simmetrie** che, descrivendo una piccola parte del cristallo permettono di ottenere tutto il cristallo e le inerenti caratteristiche chimico-fisiche*

SIMMETRIA

- Un oggetto che resta invariato in seguito all'applicazione di una **operazione di simmetria** si dice che è simmetrico, vale a dire possiede simmetria. L'elemento geometrico utilizzato per compiere un'operazione di simmetria è detto **elemento di simmetria**.
- Concetto fortemente presente nella nostra esperienza di ogni giorno

Operazioni di simmetria = operazioni che portano in ricoprimento lo spazio lasciandone invariate le proprietà.

Operazioni di simmetria semplici:

traslazione



t

inversione



centro

rotazione



asse

riflessione



piano

Operatori o elementi di simmetria = vettori, punti, rette e piani rispetto ai quali le simmetrie esistono.

Operazioni di simmetria combinate:

rototraslazione



elicogira

rotoinversione



asse+centro

scorrimento

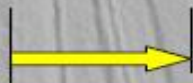


slittopiano

La traslazione



Reticolo unidimensionale



Vettore traslatore

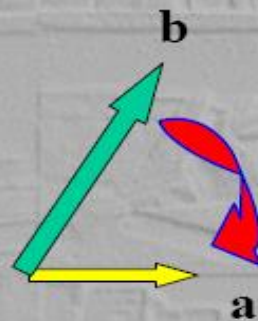
STRUTTURA

La traslazione

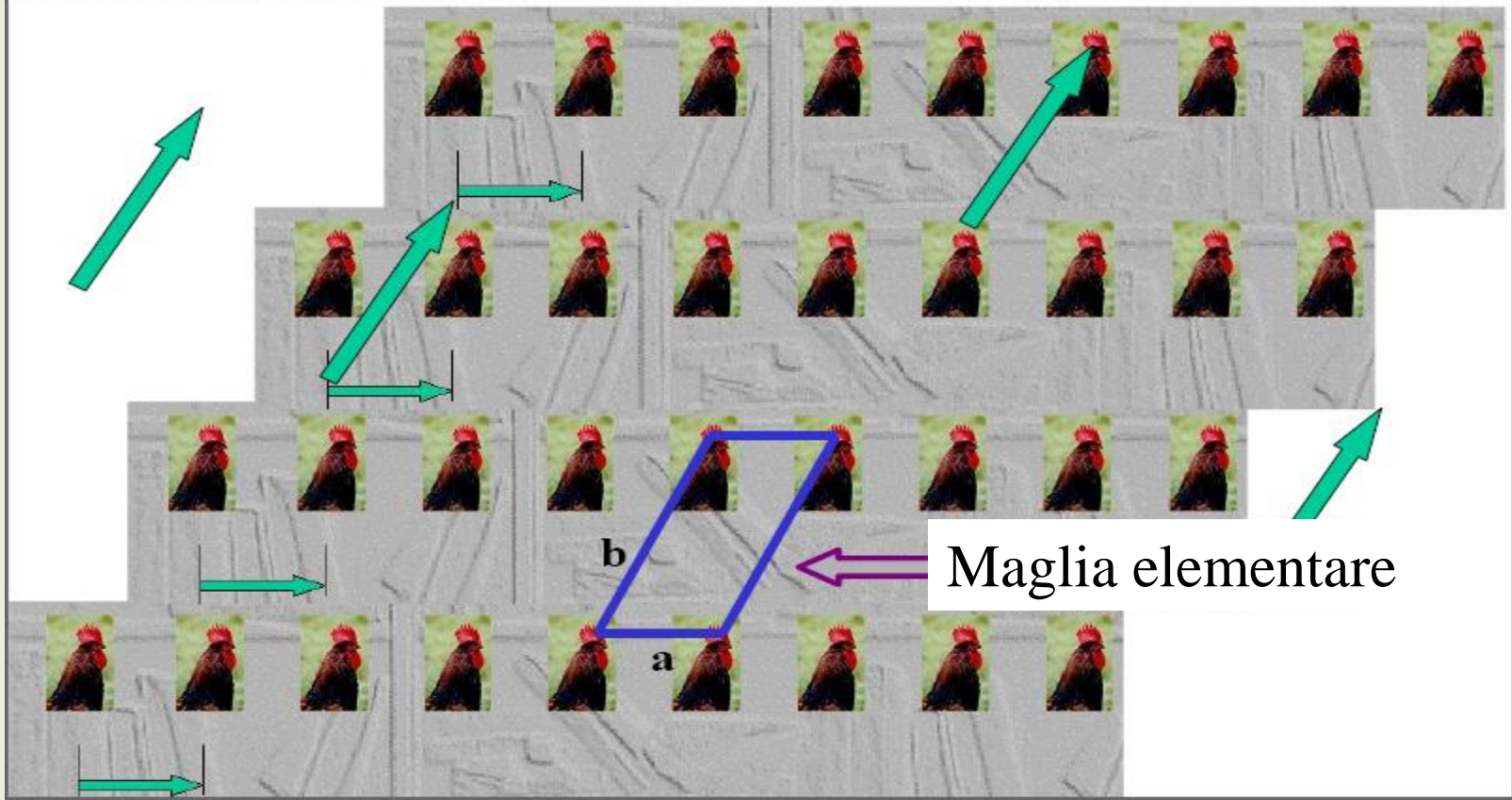
Secondo vettore traslatore
(non parallelo)



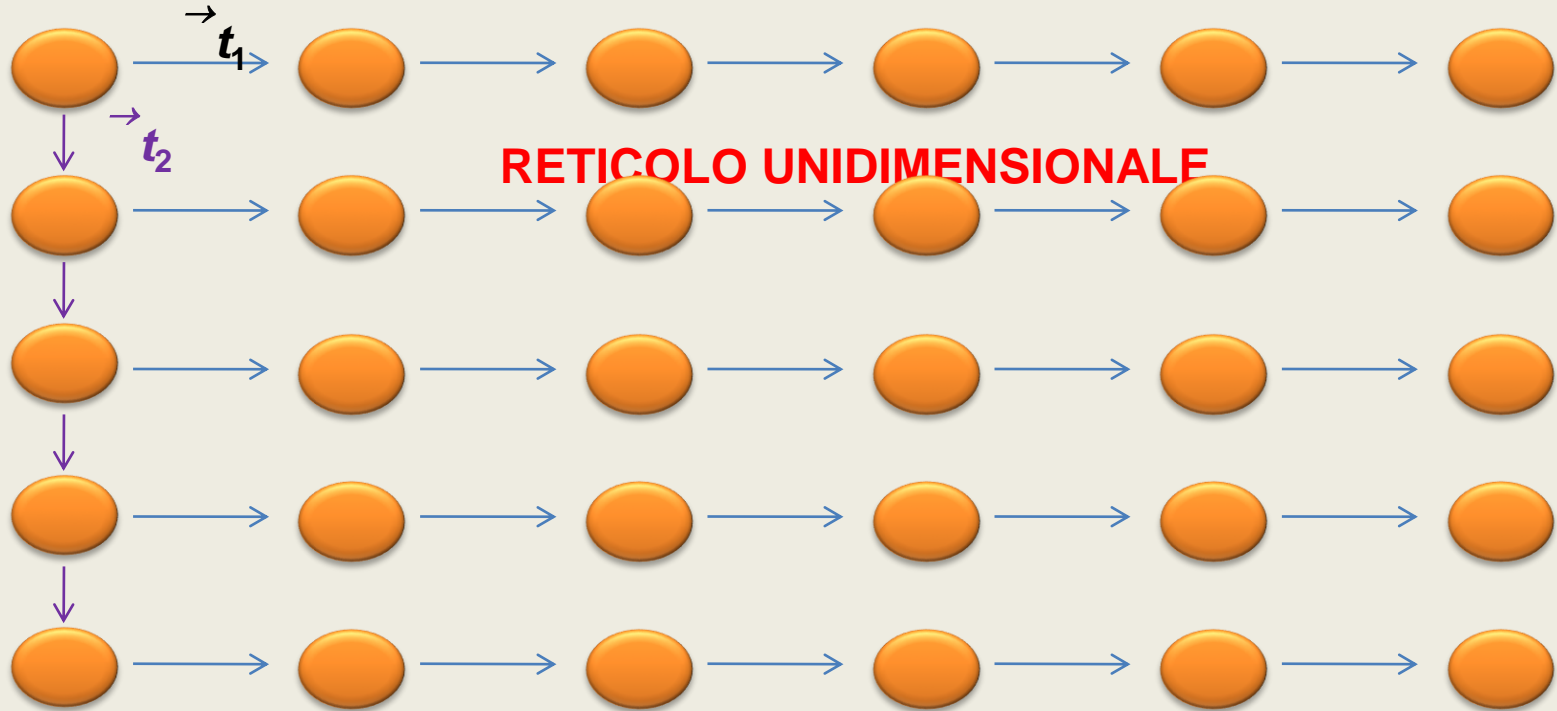
Vettore traslatore



Reticolo (e struttura) bidimensionale

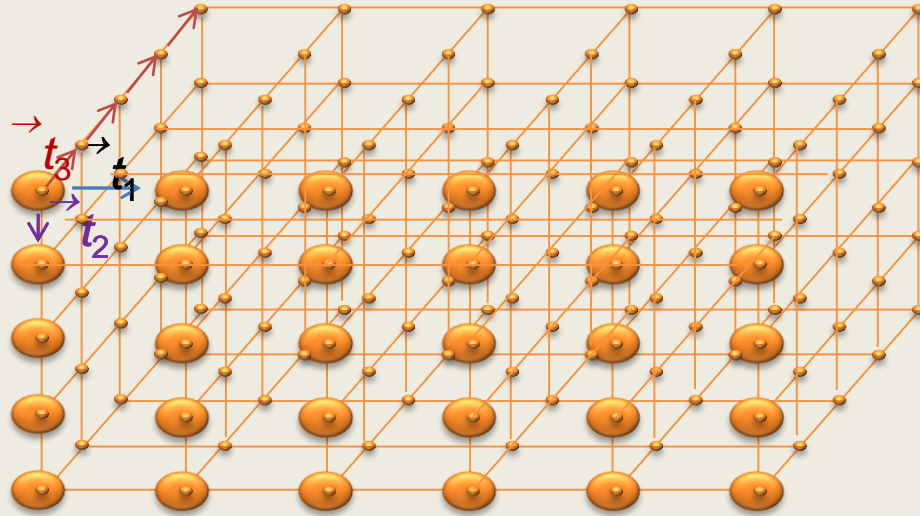


Periodicità traslazionale



RETICOLO BIDIMENSIONALE

Periodicità traslazionale



RETICOLO TRIDIMENSIONALE

ELEMENTI DI SIMMETRIA

SIMBOLI:

Assi di rotazione: 1,2,3,4,6

Piano di riflessione: m

Centro di inversione: $\bar{1}$

Assi di rotoinversione: $\bar{1}, \bar{2}, \bar{3}, \bar{4}, \bar{6}$

Elicogire:

2_1

$3_1, 3_2$

$4_1, 4_2, 4_3$

$6_1, 6_2, 6_3, 6_4, 6_5$

Slittopiani: a,b,c,n,d

Fig. 1.01

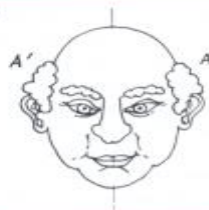


Fig. 1.02

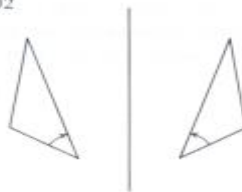


Fig. 1.03

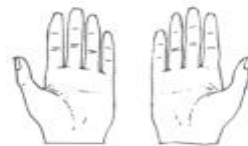
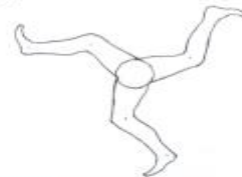
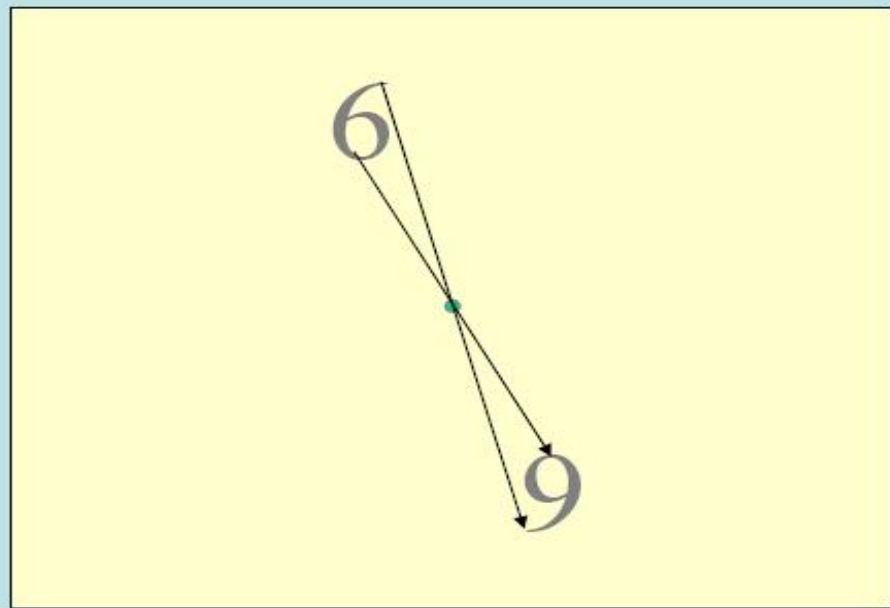
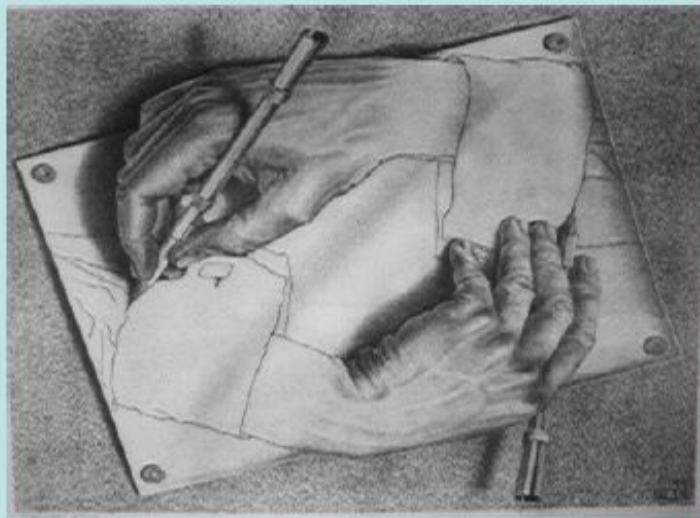
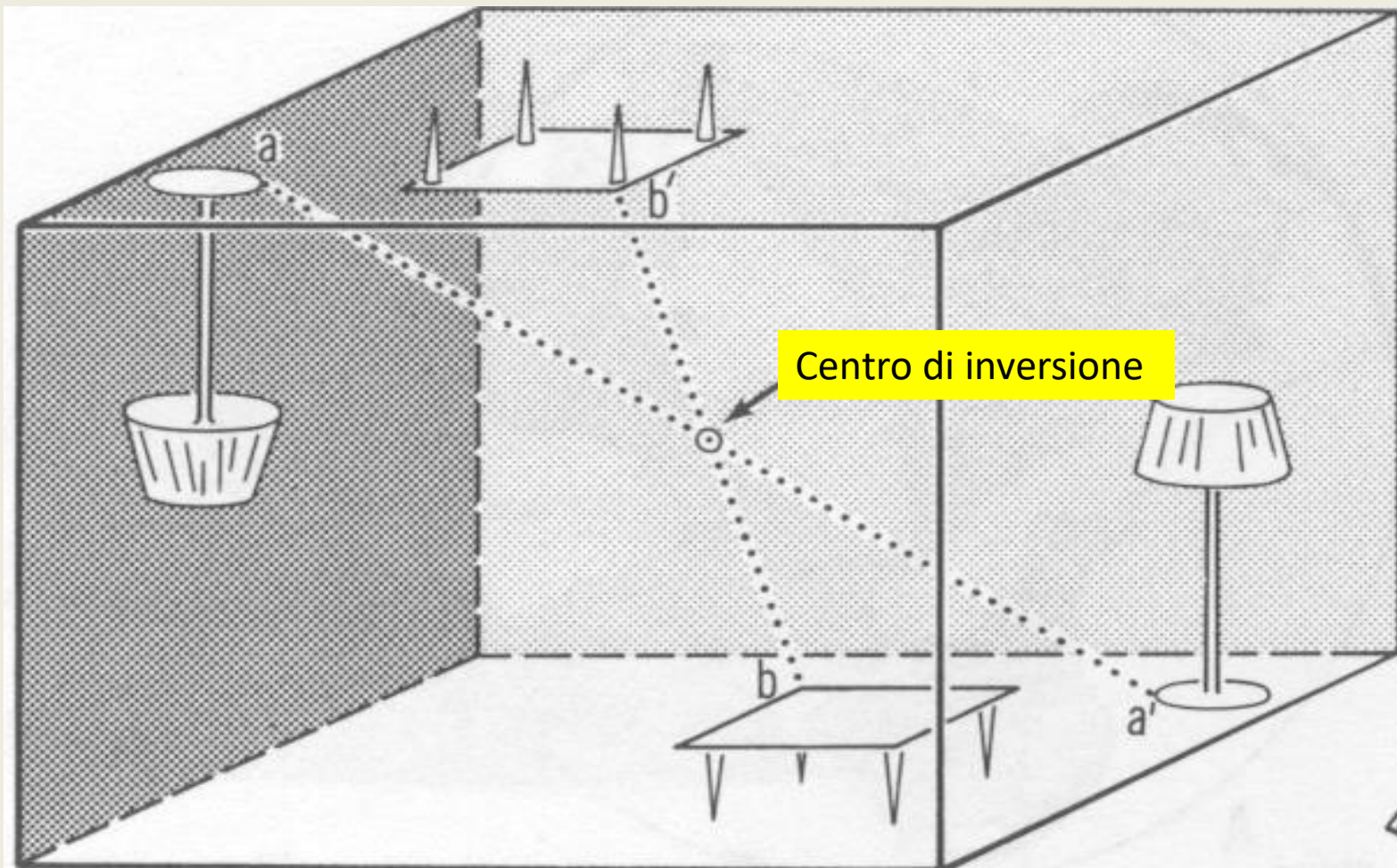


Fig. 1.04



Centro di inversione $i = \bar{1}$





Centro di inversione

Il piano di riflessione (**m** dall'inglese *mirror* - specchio)



Mano destra e sinistra assieme formano una figura simmetrica per piano di simmetria, ovvero le figure destre e sinistre (enantiomorfe) per effetto della riflessione si scambiano

Fig. 1.01



Fig. 1.02

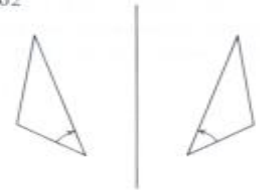


Fig. 1.03

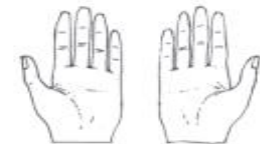


Fig. 1.04

Asse binario o di ordine 2

$$n=2$$

(rotazione di 180°)

$$\alpha = 2\pi / n$$

Angolo di rotazione



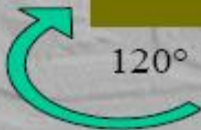
La Mano Sinistra
rimane tale

$$\alpha = 2\pi / n$$

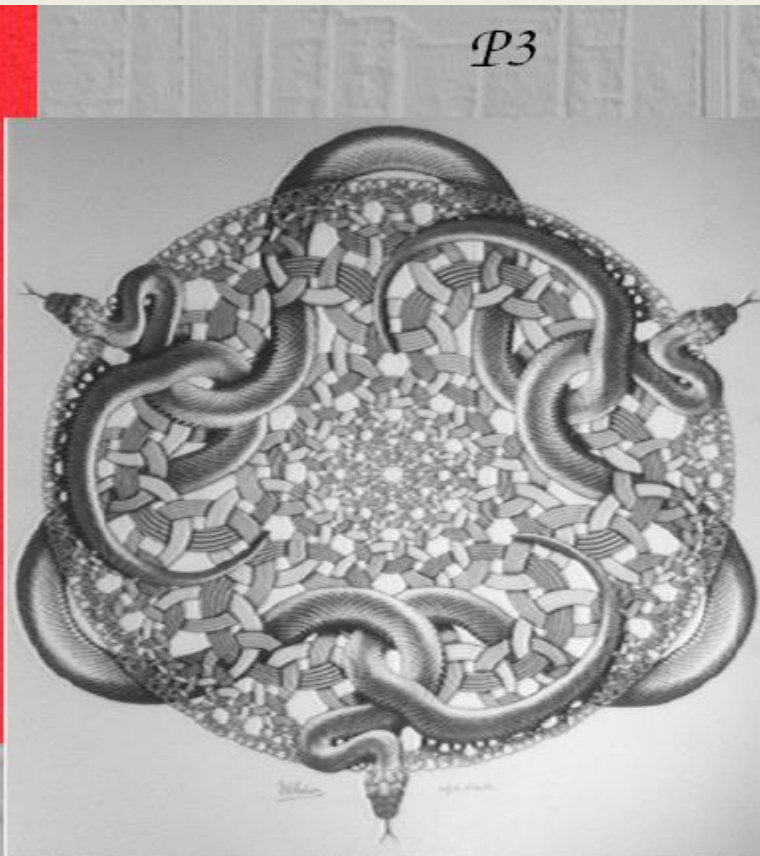
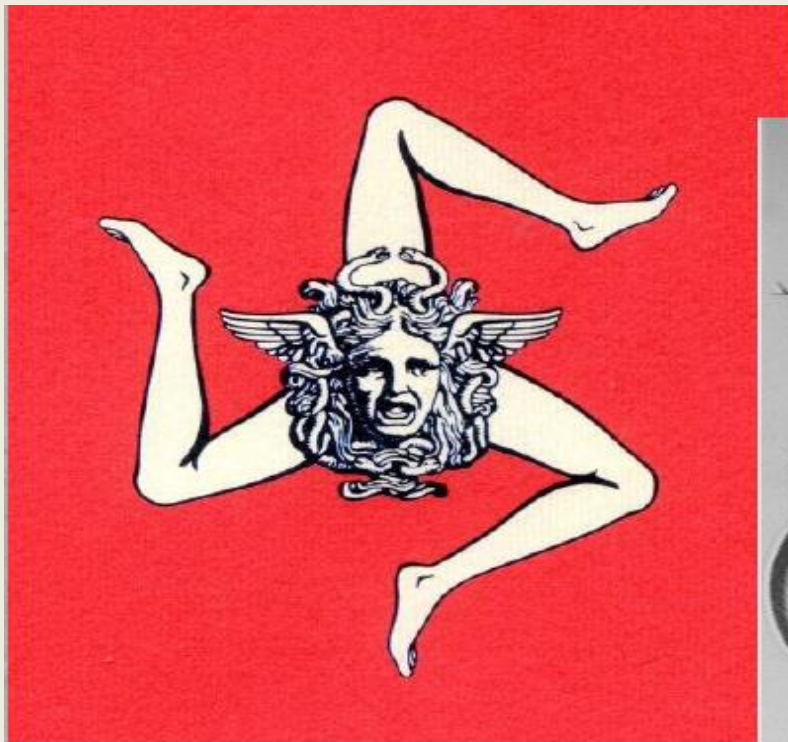
Asse ternario o di ordine 3

$$n=3$$

(rotazione di 120°)

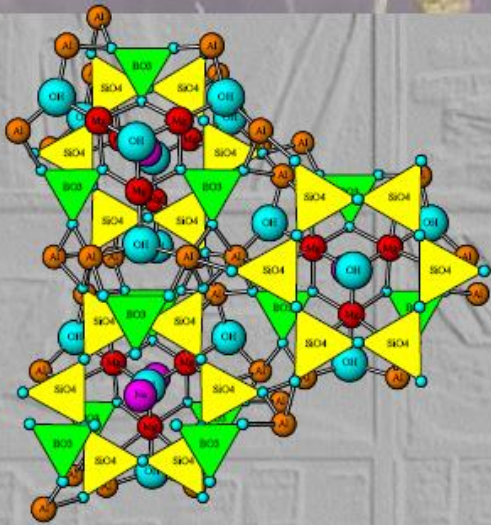


120°





Tormalina

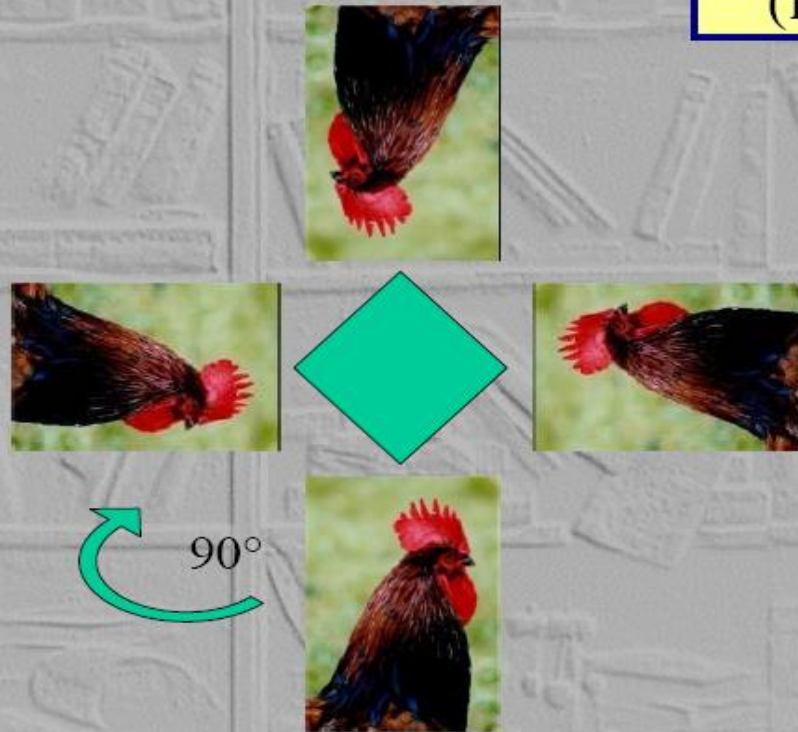


$$\alpha = 2\pi / n$$

Asse quaternario

$n=4$

(rotazione di 90°)





The Iron Cross

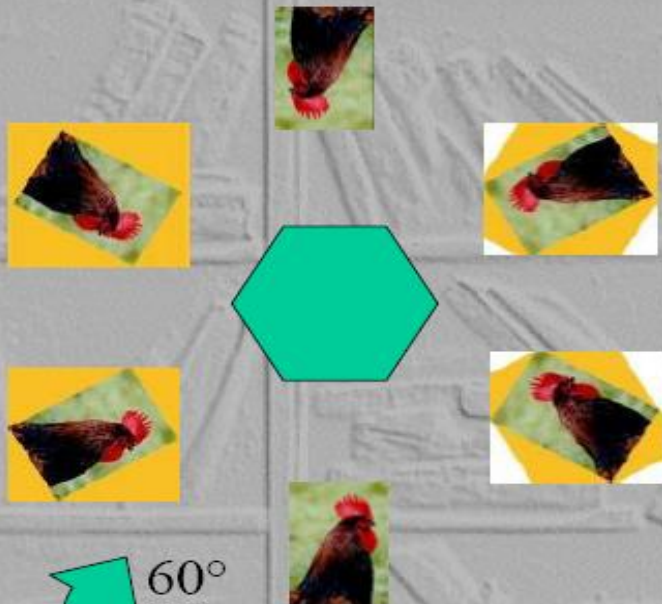


$$\alpha = 2\pi / n$$

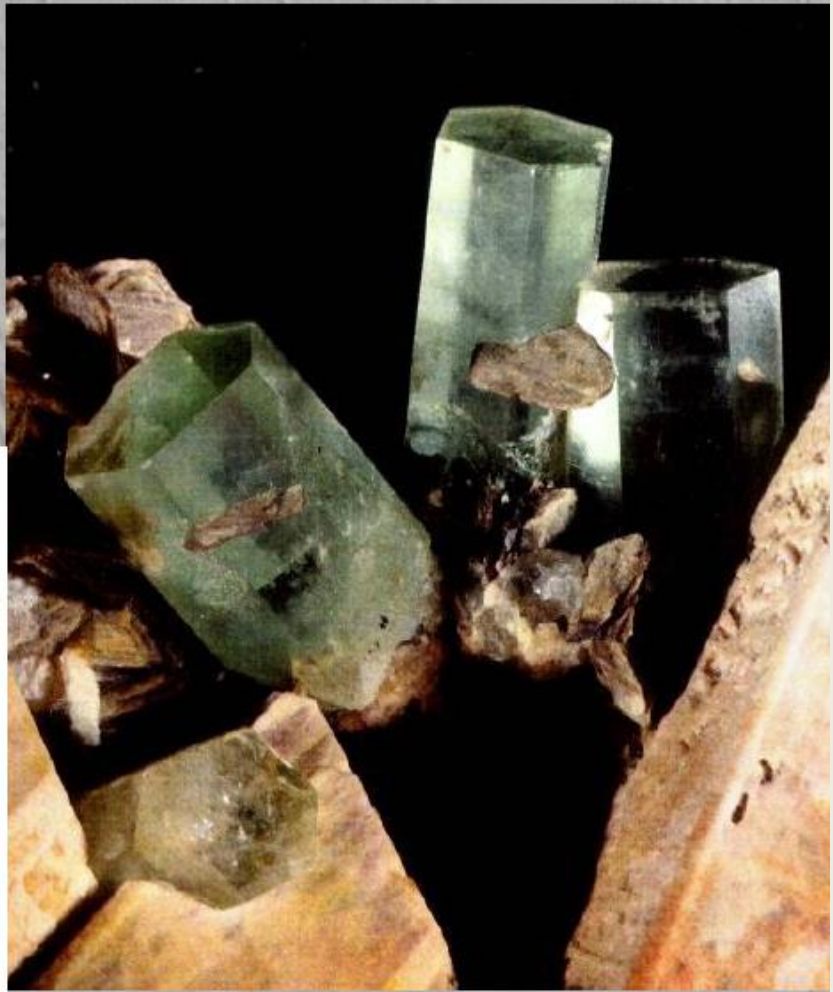
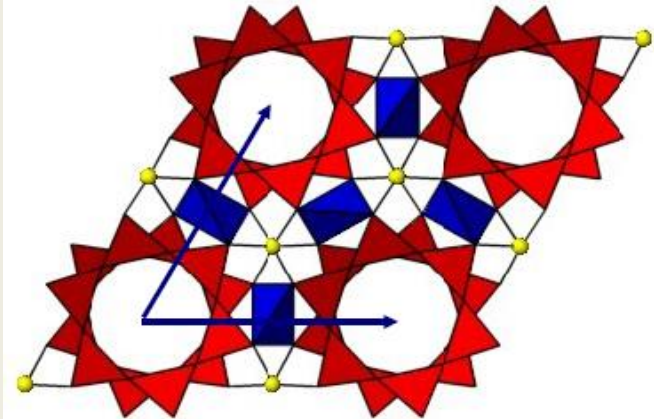
Asse senario

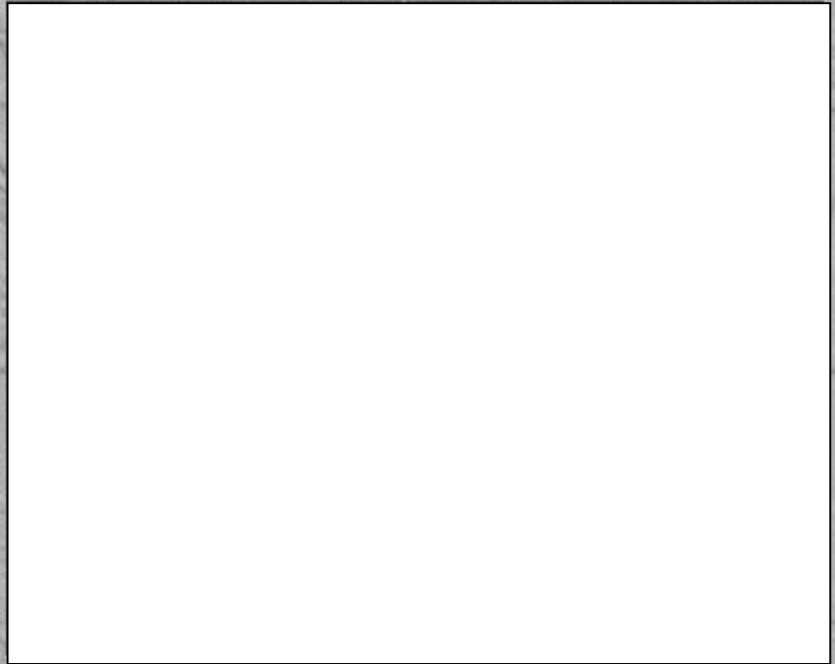
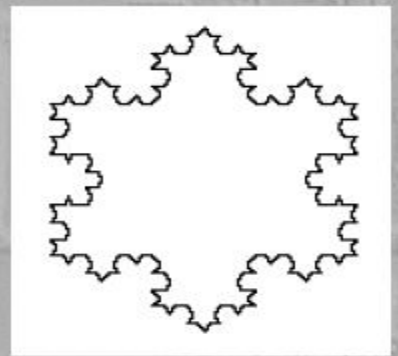
$n=6$

(rotazione di 60°)



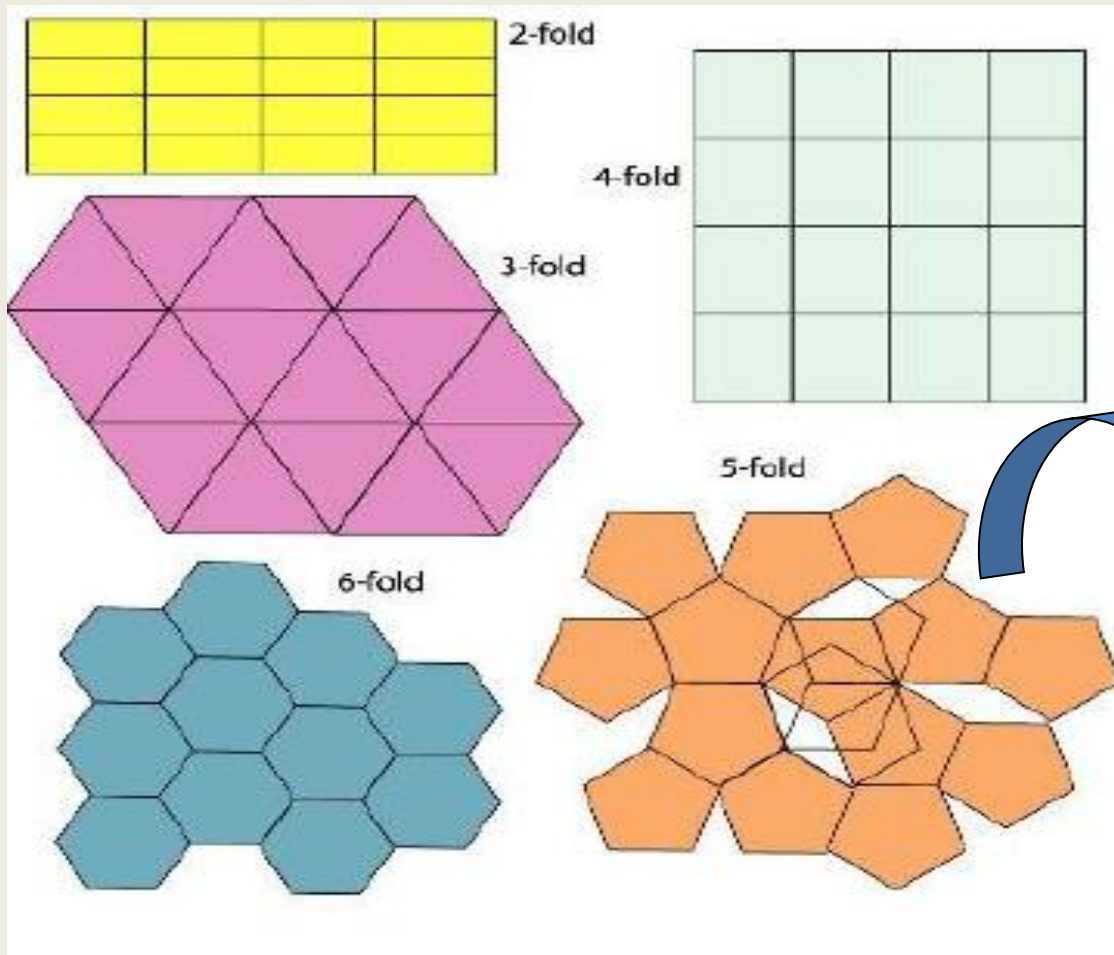
Berillo





Fiocchi di neve

L'asse di rotazione 5 esiste in natura, ma non è presente nelle strutture cristalline



L'asse di rotazione 5 non esiste in cristallografia perché non permette di ricoprire completamente lo spazio senza lasciare vuoti



Asse di rotazione 5

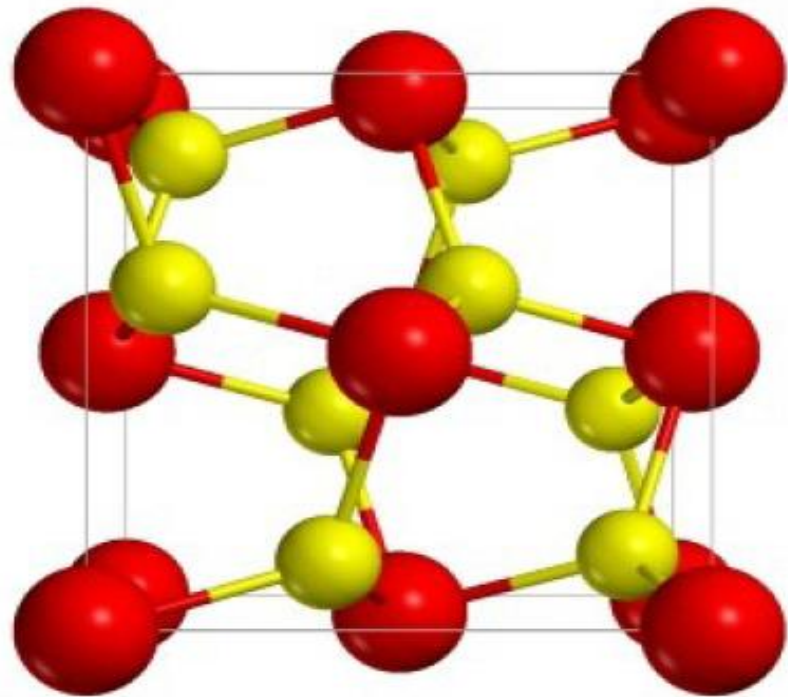
$$n=5$$

(rotazione di $360/5^\circ$
 $=72^\circ$)

*Oggetti singoli possono
avere simmetria 5*



Pirite FeS_2 : pentagonododecaedri



Oggetti singoli possono avere simmetria 5 anche se sono cristalli ... ma: solo all'aspetto esteriore!



Assi di rotazione di ordine 5 (pentagira 72°),
o di ordine superiore a 6: presenti in natura,
ma non compatibili con il reticolo cristallino

Operazioni di simmetria composte=

2 operazioni semplici effettuate una dopo l'altra

Rotazione e inversione (assi di **rotoinversione**)

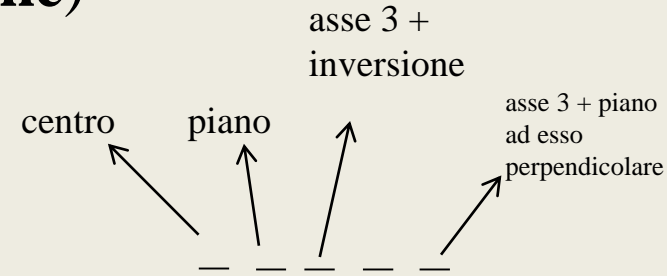
Rotazione e riflessione (assi di **rotoriflessione**)

Rotazione e traslazione (**elicogire**)

Riflessione e traslazione (**slittopiani**)

Rotoinversione

Possibile per tutti gli assi 1,2,3,4,6, si indicano con 1, 2,3,**4**,6



Tutte le rotoinversioni si possono esprimere come combinazioni di elementi semplici tranne 4.