Proprietà dei
dei solidi

Lo stato solido

- ✓ Nello stato solido, le forze attrattive tra le particelle (ioni, atomi, molecole) prevalgono largamente sull'effetto dell'agitazione termica.
- ✓ Libertà di movimento quasi completamente soppressa: rimangono possibili solo oscillazioni intorno alla posizione di equilibrio (moti vibrazionali).
- ✓ Tutte le sostanze si possono trovare allo stato solido; l'intervallo di temperature in cui ciò si verifica dipende dalla forze di interazione tra le particelle.
- ✓ Più deboli sono le forze attrattive e più bassa sarà la temperatura alla quale si ha il passaggio allo stato liquido.
- ✓ Caratteristiche incomprimibilità, rigidità, forma propria

Caratteristiche dei solidi sono: incomprimibilità, rigidità, per cui essi hanno una forma propria.

Solidi a struttura disordinata: **SOLIDI AMORFI**

Solidi a struttura ordinata: **SOLIDI CRISTALLINI**

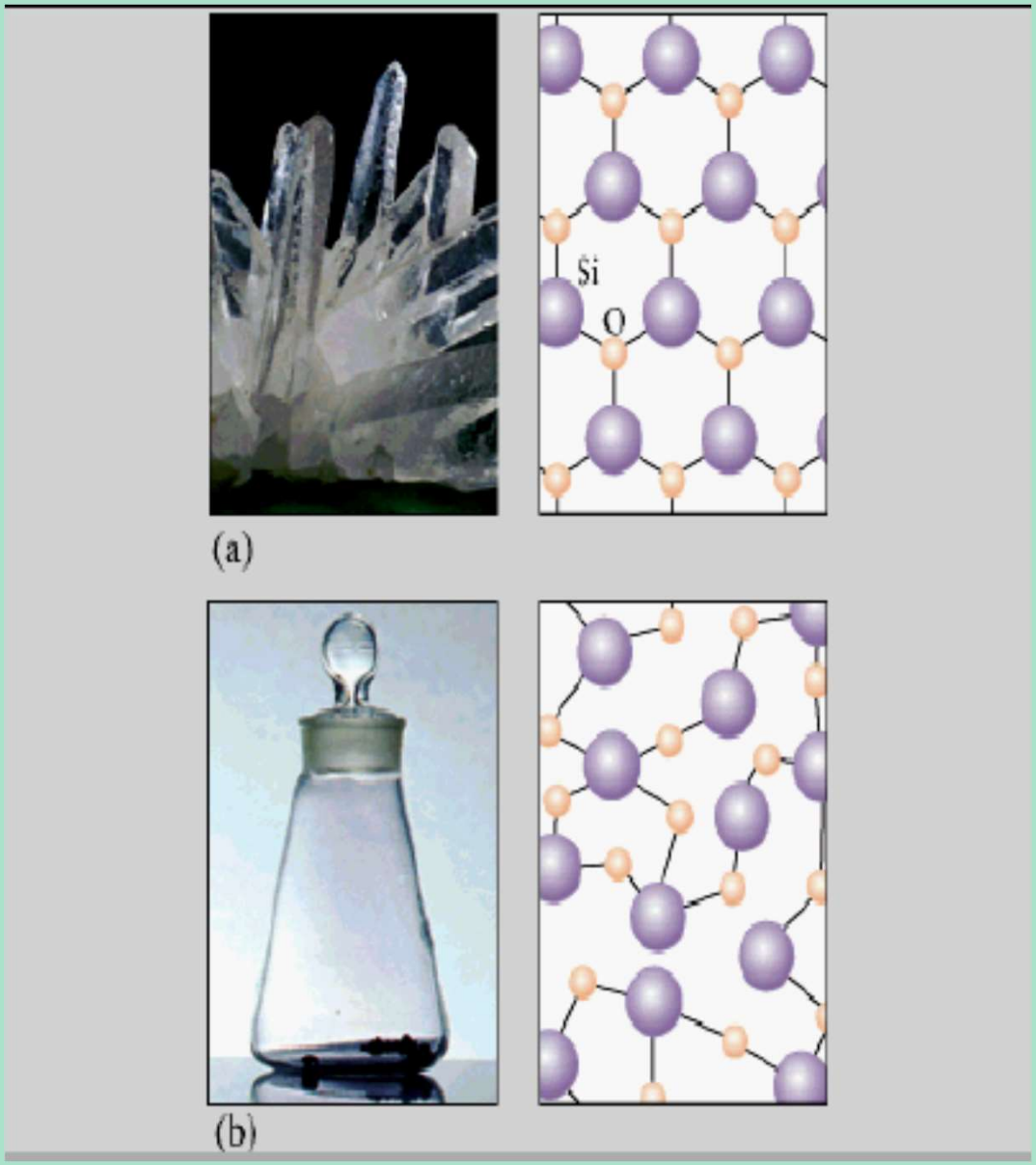
Solidi AMORFI

Sono caratterizzati da una disposizione disordinata degli atomi (ioni, molecole) paragonabile a quella presente nei liquidi.

Hanno proprietà ottiche, meccaniche, elettriche ISOTROPE.

Non sono caratterizzati da una temperatura di fusione ben definita, ma le proprietà variano gradualmente all'aumentare della temperatura.

Tipico esempio di solidi amorfi sono i VETRI.



Solido CRISTALLINO

Solido AMORFO
(o vetroso)

Solidi CRISTALLINI

Sono caratterizzati da una disposizione ordinata degli atomi (ioni, molecole) secondo un ben definito **RETICOLO CRISTALLINO**.

Nei solidi cristallini esiste un ordine a lungo raggio, vale a dire un ordine che si estende su una scala molto maggiore delle dimensioni atomiche (molecolari) degli elementi del reticolo.

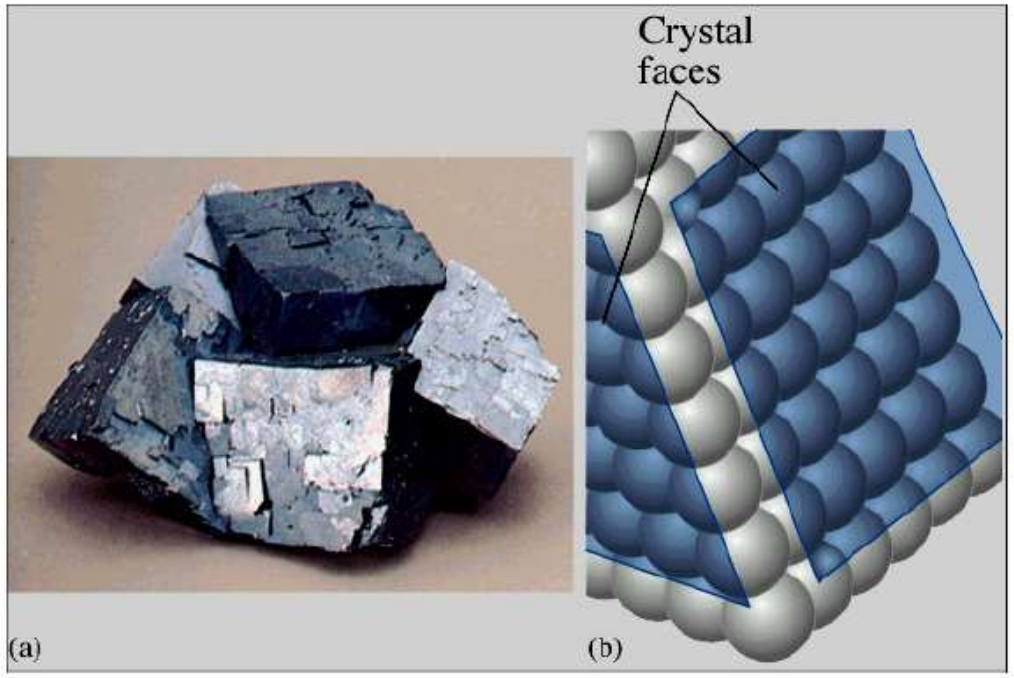
Caratteristica dei reticoli cristallini è la **CELLA ELEMENTARE**, vale a dire l'unità strutturale minima la cui ripetizione nelle tre dimensioni dello spazio può generare l'intero reticolo.

Hanno superfici piatte e ben definite, chiamate **FACCE**, che formano angoli ben definiti tra loro.

Le proprietà ottiche, meccaniche, elettriche sono diverse nelle varie direzioni: **ANISOTROPIA**.

Presentano una ben definita **temperatura di FUSIONE**, accompagnata da una netta variazione delle proprietà fisiche.

Solidi cristallini



Solidi cristallini

Formano solidi cristallini: elementi metallici (Na, Fe, Co,….), leghe metalliche (bronzo, ottone,…), elementi non metallici (iodio, zolfo, fosforo, argo), composti ionici (NaCl, $CaCO_3$, $CaSO_4$, ….).

Si possono classificare in base al legame che tiene uniti i loro atomi (ioni, molecole).

Classificazione solidi cristallini

Solidi ionici: reciproca attrazione tra cationi e anioni (elettrostatica).

Solidi covalenti: atomi legati ai loro vicini mediante legami covalenti.

Solidi molecolari: insiemi di molecole vincolate nella loro posizione da forze intermolecolari.

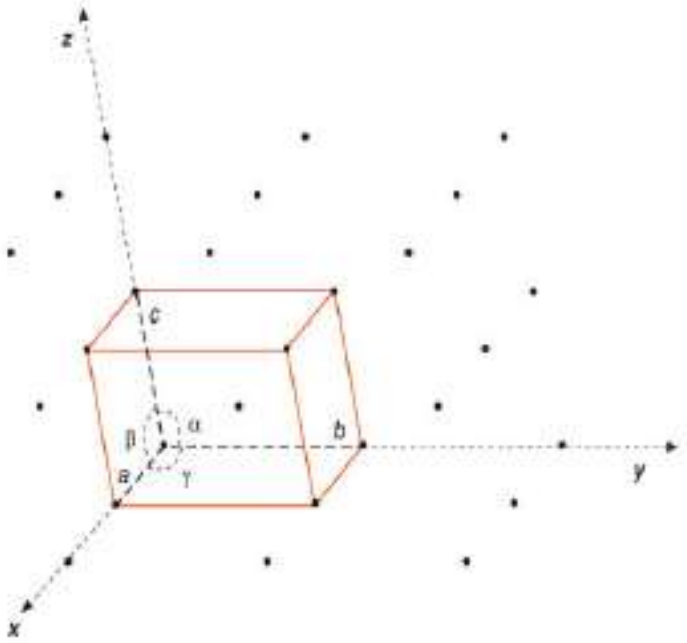
Solidi metallici: atomi legati insieme da legame metallico.

Solidi CRISTALLINI

Sono caratterizzati da una disposizione ordinata degli atomi (ioni, molecole) secondo un ben definito **RETICOLO CRISTALLINO**.

Nei solidi cristallini esiste un ordine a lungo raggio, vale a dire un ordine che si estende su una scala molto maggiore delle dimensioni atomiche (molecolari) degli elementi del reticolo.

Caratteristica dei reticoli cristallini è la **CELLA ELEMENTARE**, vale a dire l'unità strutturale minima la cui ripetizione nelle tre dimensioni dello spazio può generare l'intero reticolo.



Allotropia, polimorfismo e isomorfismo

Si parla di POLIMORFISMO quando una sostanza, cristallizzando in condizioni diverse, dà origine a cristalli con struttura reticolare diversa. Se la sostanza che dà origine a cristalli diversi è una specie allo stato elementare, si parla più correttamente di ALLOTROPIA. Esistono **anche casi di sostanze diverse che possono cristallizzare nella stessa forma, dando cristalli simili: tale fenomeno è definito ISOMORFISMO.**

Es. di sostanze polimorfe

$CaCO_3$:	calcite (romboedrica)
	aragonite (ortorombica)
SiO_2:	quarzo (α romboedrica, β esagonale)
	tridimite (α rombica, β esagonale)
	cristobalite (α tetragonale, β cubica)

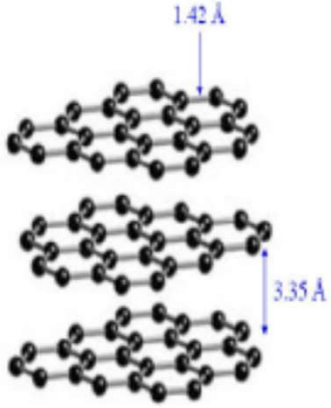
Es. di sostanze allotropiche

zolfo

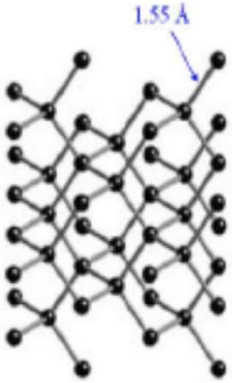
α (rombica)
β (esagonale)

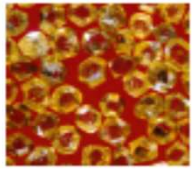
carbonio

diamante (cubica a facce centrate)
grafite (struttura a strati)



grafite





diamante

Le diverse forme polimorfe o allotropiche hanno diverse proprietà fisiche diverse. *Pressione e temperatura determinano le condizioni di stabilità di una fase o dell'altra.*

zolfo (P= 1atm)

α rombica stabile al di sotto di 95.5 °C
β esagonale al di sopra

Isomorfismo

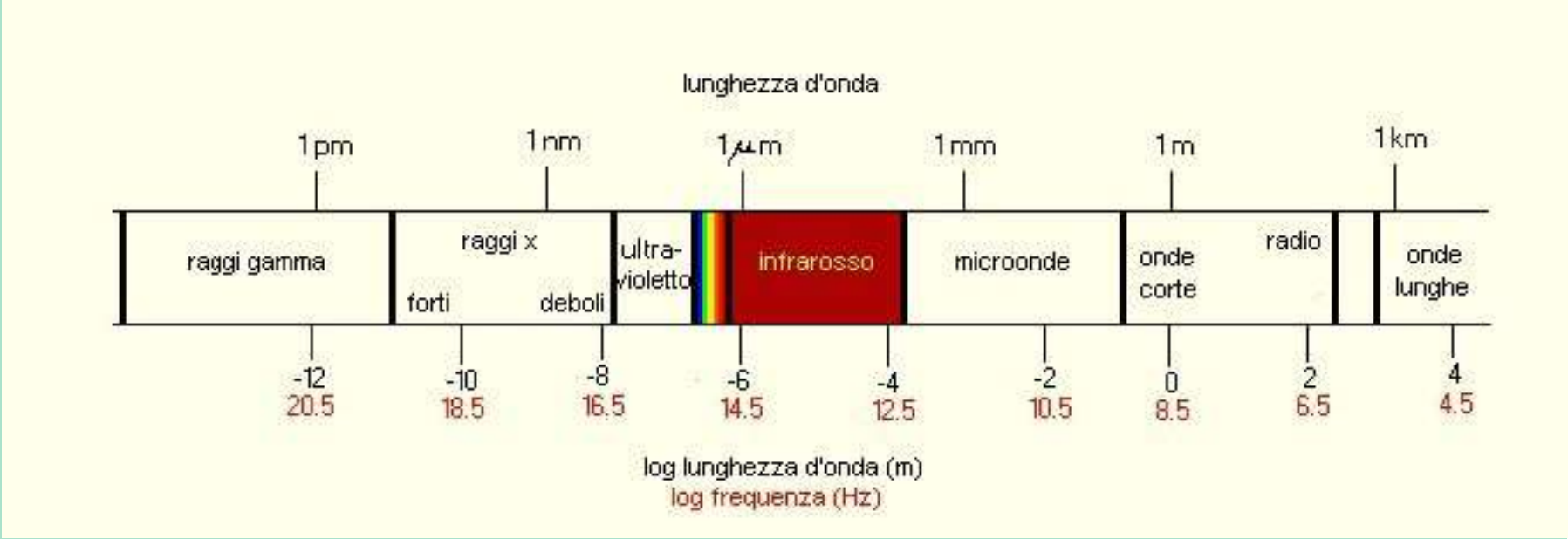
L'analogia delle strutture reticolari è propria di sostanze formate da unità strutturali analoghe per forma e dimensioni.

Es. carbonati

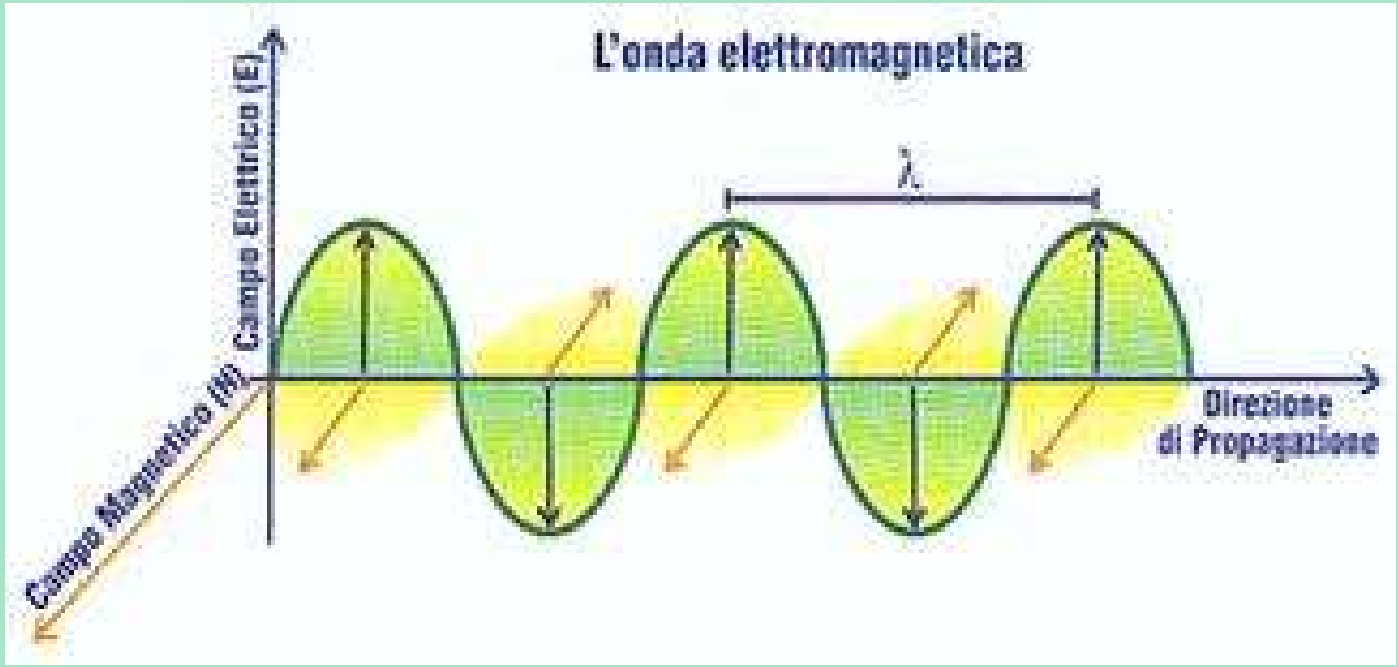
Mg^{2+} r = 0.65 Å
Zn^{2+} r = 0.74 Å
Fe^{2+} r = 0.75 Å
Mn^{2+} r = 0.80 Å

Alcune sostanze isomorfe, solidificando insieme possono dare luogo a cristalli misti, cioè ad una sola fase cristallina in cui sono presente entrambe.

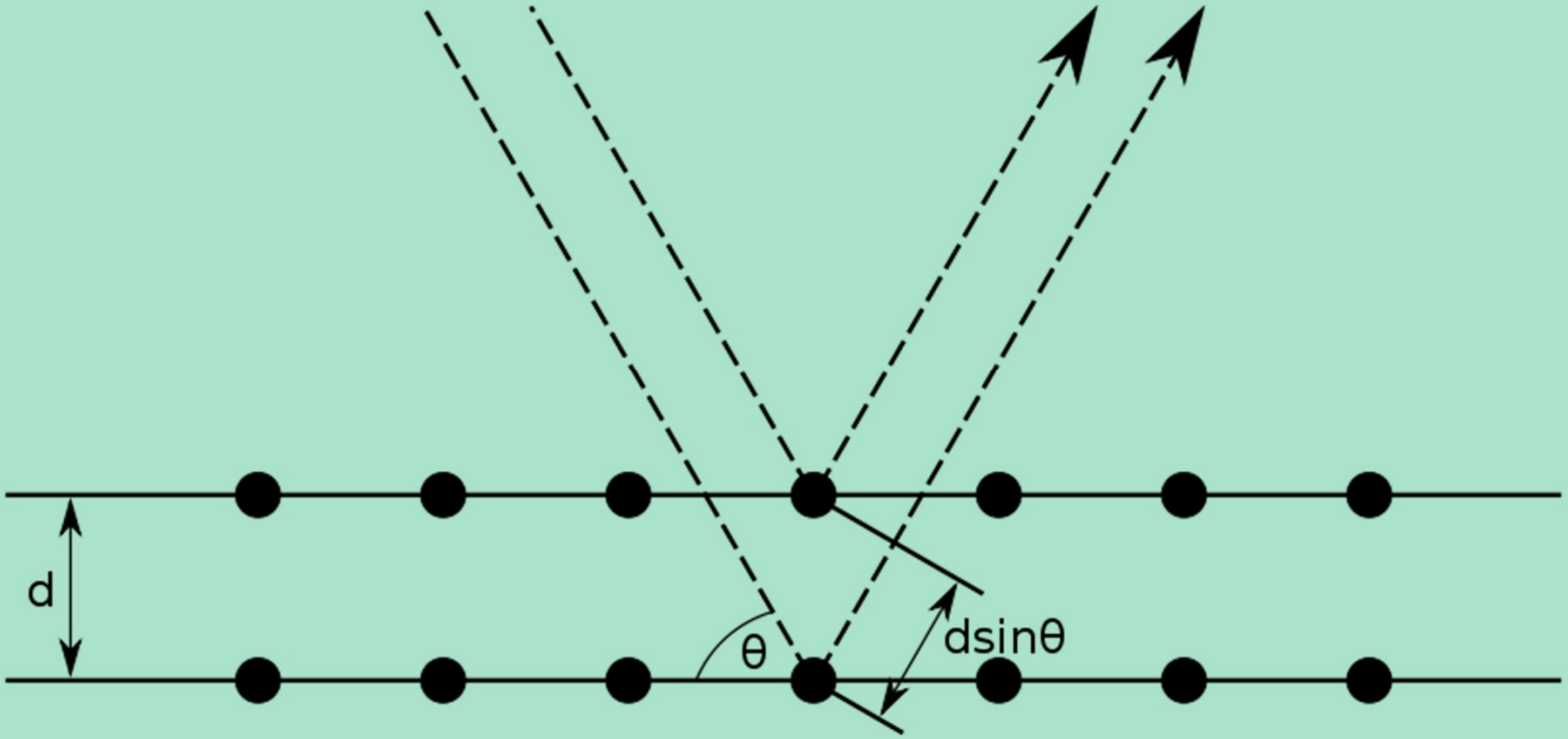
DIFFRAZIONE RAGGI X



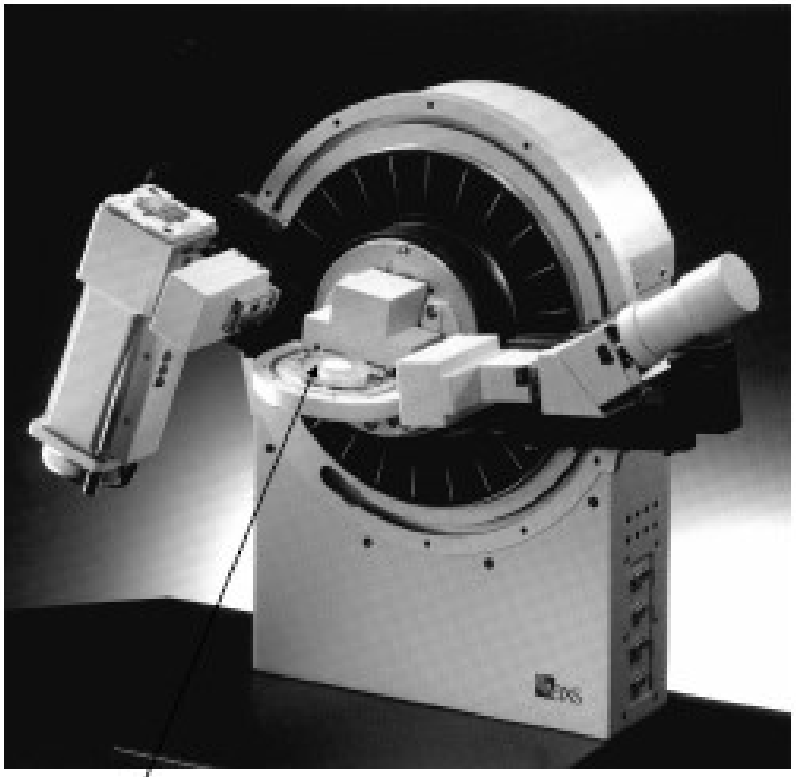
$$c = h\,\nu$$


L'onda elettromagnetica
Campo Elettrico (E)
Campo Magnetico (H)
λ
Direzione
di Propagazione

$2\ d\ \text{sen}\ \theta = n\ \lambda$
Legge di Bragg

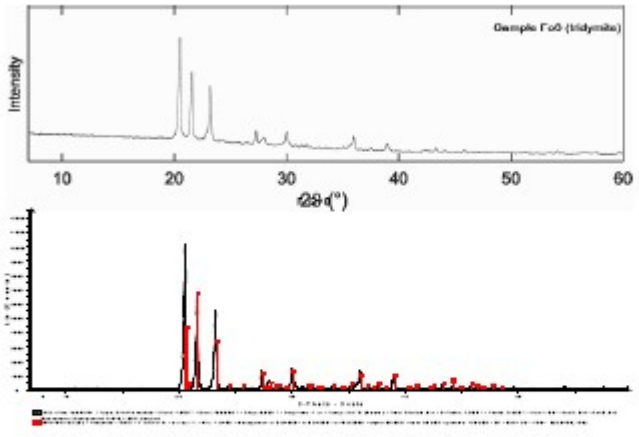


D8 ADVANCE Bragg-Brentano Diffractometer



Campione di polvere

- Al posto del film si può usare un contatore a scintillazione per ottenere misure di intensità precise
- Usando un goniometro automatico step by step l'intensità diffratta può essere raccolta come un istogramma digitale



Esempio di diffrazione riconosciuta!

Non ci sono due sostanze che abbiano
esattamente lo stesso spettro di polvere

Il codice a barre è stato probabilmente inventato un cristallografo (furbo)

È il modo più intelligente per far stare una enorme quantità di informazione in uno spazio ridotto

È praticamente uno spettro di polvere

Proprietà dei
dei solidi

Lo stato solido

- ✓ Nello stato solido, le forze attrattive tra le particelle (ioni, atomi, molecole) prevalgono largamente sull'effetto dell'agitazione termica.
- ✓ Libertà di movimento quasi completamente soppressa: rimangono possibili solo oscillazioni intorno alla posizione di equilibrio (moti vibrazionali).
- ✓ Tutte le sostanze si possono trovare allo stato solido; l'intervallo di temperature in cui ciò si verifica dipende dalla forze di interazione tra le particelle.
- ✓ Più deboli sono le forze attrattive e più bassa sarà la temperatura alla quale si ha il passaggio allo stato liquido.
- ✓ Caratteristiche incomprimibilità, rigidità, forma propria

Caratteristiche dei solidi sono: incomprimibilità, rigidità, per cui essi hanno una forma propria.

Solidi a struttura disordinata: **SOLIDI AMORFI**

Solidi a struttura ordinata: **SOLIDI CRISTALLINI**

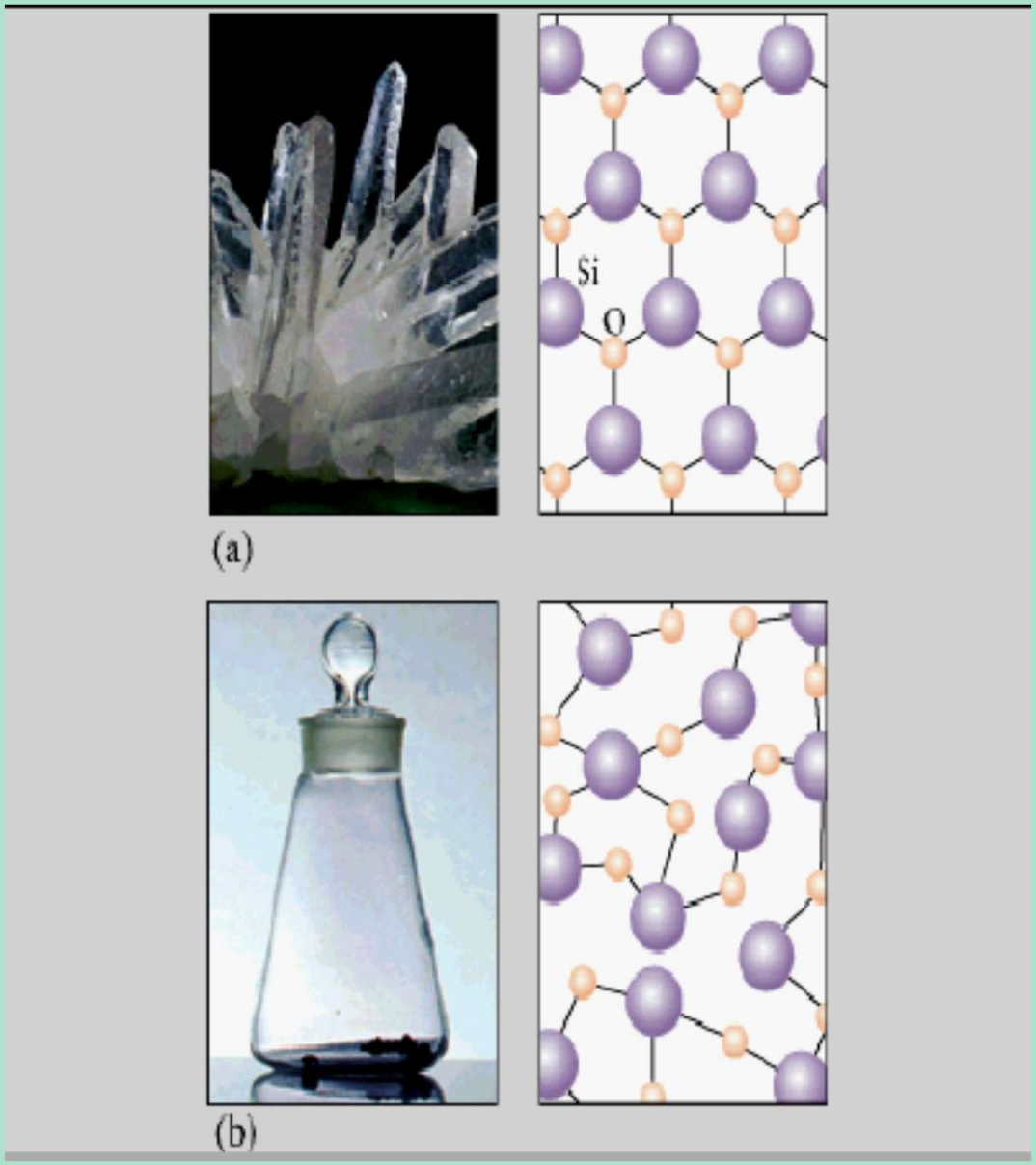
Solidi AMORFI

Sono caratterizzati da una disposizione disordinata degli atomi (ioni, molecole) paragonabile a quella presente nei liquidi.

Hanno proprietà ottiche, meccaniche, elettriche ISOTROPE.

Non sono caratterizzati da una temperatura di fusione ben definita, ma le proprietà variano gradualmente all'aumentare della temperatura.

Tipico esempio di solidi amorfi sono i VETRI.



Solido CRISTALLINO

Solido AMORFO
(o vetroso)

Solidi CRISTALLINI

Sono caratterizzati da una disposizione ordinata degli atomi (ioni, molecole) secondo un ben definito **RETICOLO CRISTALLINO**.

Nei solidi cristallini esiste un ordine a lungo raggio, vale a dire un ordine che si estende su una scala molto maggiore delle dimensioni atomiche (molecolari) degli elementi del reticolo.

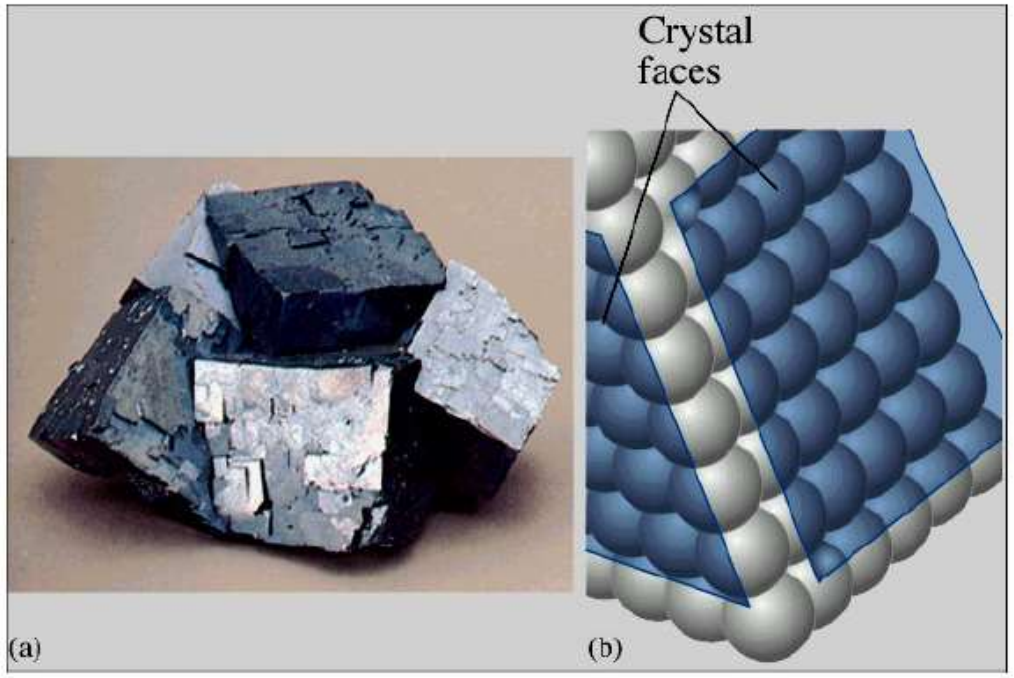
Caratteristica dei reticoli cristallini è la **CELLA ELEMENTARE**, vale a dire l'unità strutturale minima la cui ripetizione nelle tre dimensioni dello spazio può generare l'intero reticolo.

Hanno superfici piatte e ben definite, chiamate **FACCE**, che formano angoli ben definiti tra loro.

Le proprietà ottiche, meccaniche, elettriche sono diverse nelle varie direzioni: **ANISOTROPIA**.

Presentano una ben definita **temperatura di FUSIONE**, accompagnata da una netta variazione delle proprietà fisiche.

Solidi cristallini



Solidi cristallini

Formano solidi cristallini: elementi metallici (Na, Fe, Co,….), leghe metalliche (bronzo, ottone,…), elementi non metallici (iodio, zolfo, fosforo, argo), composti ionici (NaCl, $CaCO_3$, $CaSO_4$, ….).

Si possono classificare in base al legame che tiene uniti i loro atomi (ioni, molecole).

Classificazione solidi cristallini

Solidi ionici: reciproca attrazione tra cationi e anioni (elettrostatica).

Solidi covalenti: atomi legati ai loro vicini mediante legami covalenti.

Solidi molecolari: insiemi di molecole vincolate nella loro posizione da forze intermolecolari.

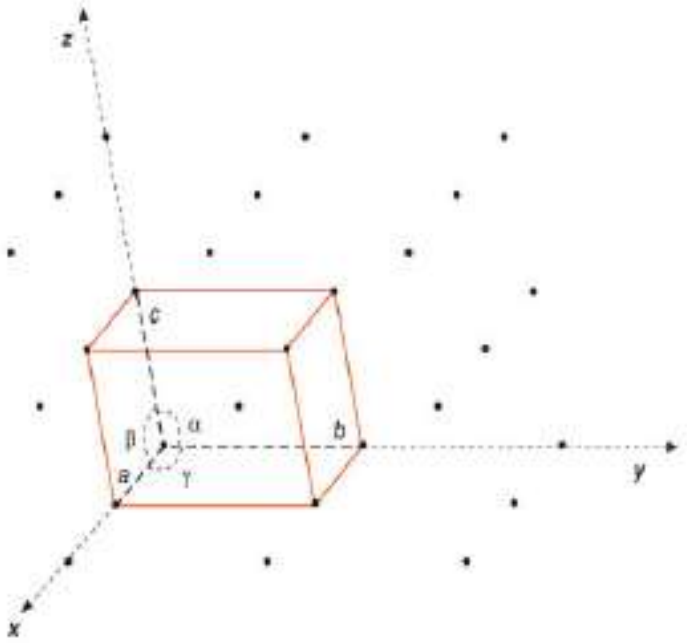
Solidi metallici: atomi legati insieme da legame metallico.

Solidi CRISTALLINI

Sono caratterizzati da una disposizione ordinata degli atomi (ioni, molecole) secondo un ben definito **RETICOLO CRISTALLINO**.

Nei solidi cristallini esiste un ordine a lungo raggio, vale a dire un ordine che si estende su una scala molto maggiore delle dimensioni atomiche (molecolari) degli elementi del reticolo.

Caratteristica dei reticoli cristallini è la **CELLA ELEMENTARE**, vale a dire l'unità strutturale minima la cui ripetizione nelle tre dimensioni dello spazio può generare l'intero reticolo.



Allotropia, polimorfismo e isomorfismo

Si parla di POLIMORFISMO quando una sostanza, cristallizzando in condizioni diverse, dà origine a cristalli con struttura reticolare diversa. Se la sostanza che dà origine a cristalli diversi è una specie allo stato elementare, si parla più correttamente di ALLOTROPIA. Esistono **anche casi di sostanze diverse che possono cristallizzare nella stessa forma, dando cristalli simili: tale fenomeno è definito ISOMORFISMO.**

Es. di sostanze polimorfe

$CaCO_3$:	calcite (romboedrica)
	aragonite (ortorombica)
SiO_2:	quarzo (α romboedrica, β esagonale)
	tridimite (α rombica, β esagonale)
	cristobalite (α tetragonale, β cubica)

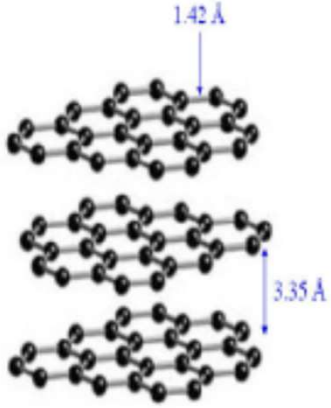
Es. di sostanze allotropiche

zolfo

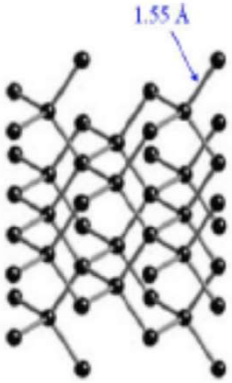
α (rombica)
β (esagonale)

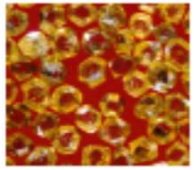
carbonio

diamante (cubica a facce centrate)
grafite (struttura a strati)



grafite





diamante

Le diverse forme polimorfe o allotropiche hanno diverse proprietà fisiche diverse. *Pressione e temperatura determinano le condizioni di stabilità di una fase o dell'altra.*

zolfo (P= 1atm)

α rombica stabile al di sotto di 95.5 °C
β esagonale al di sopra

Isomorfismo

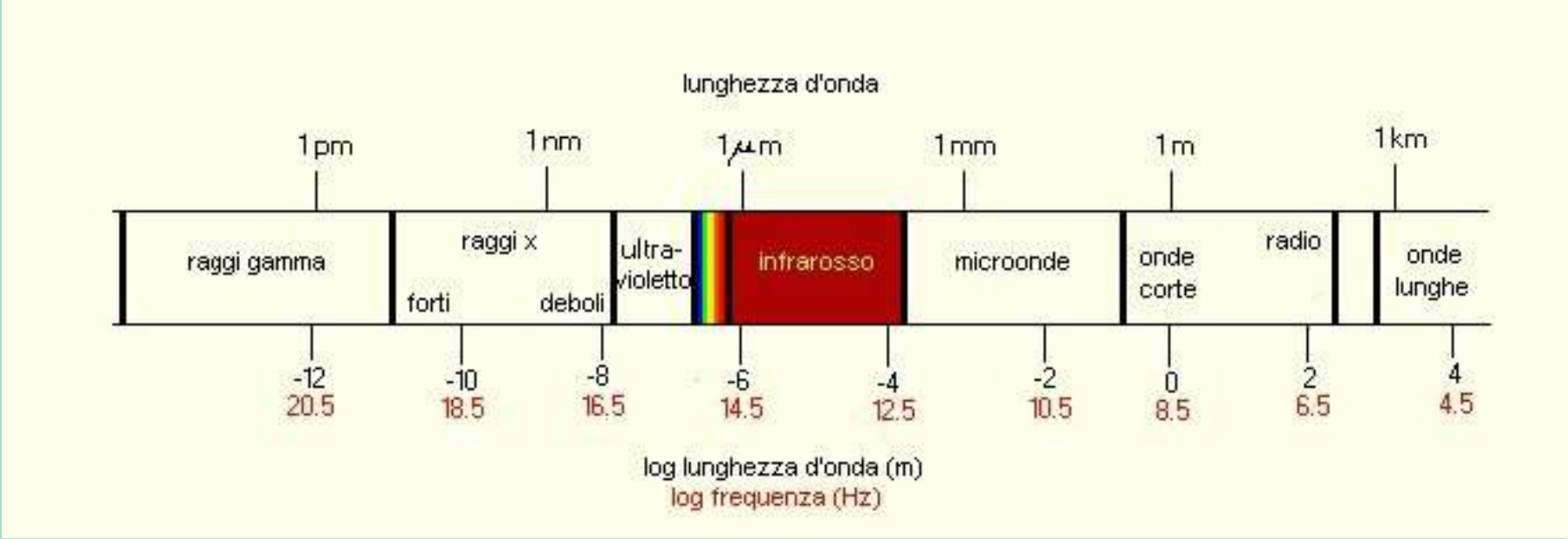
L'analogia delle strutture reticolari è propria di sostanze formate da unità strutturali analoghe per forma e dimensioni.

Es. carbonati

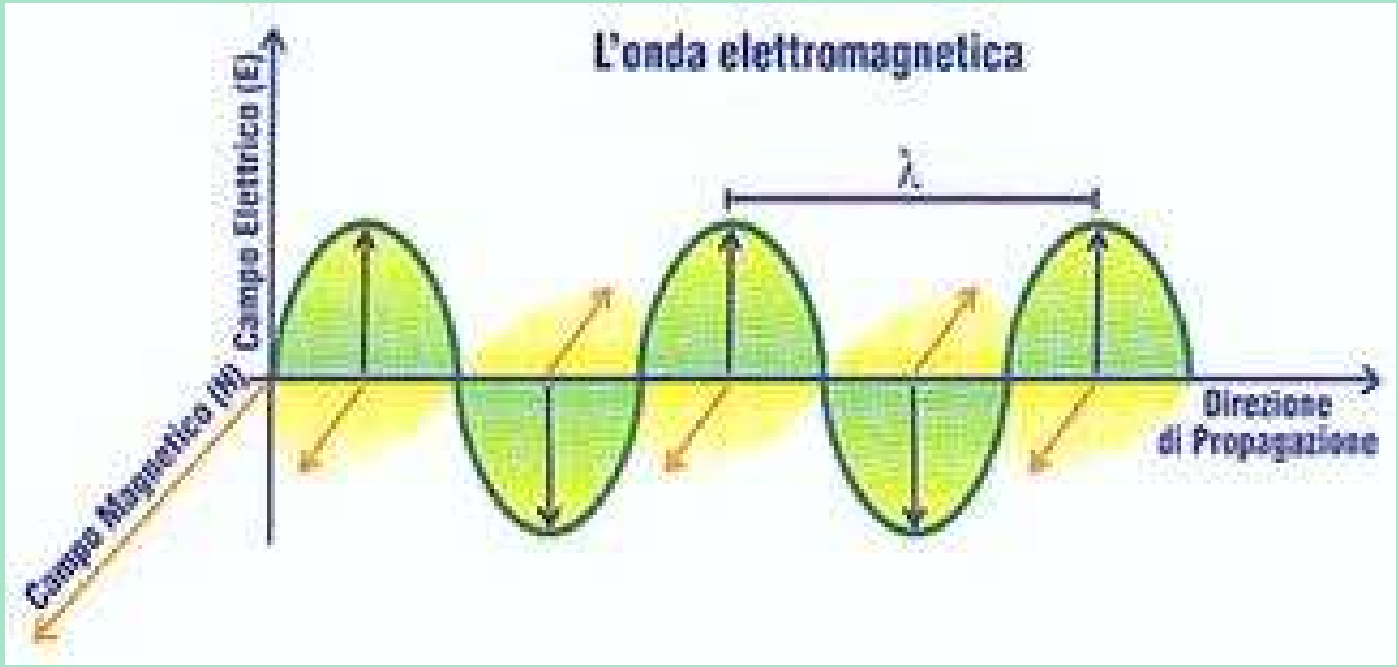
Mg^{2+} r = 0.65 Å
Zn^{2+} r = 0.74 Å
Fe^{2+} r = 0.75 Å
Mn^{2+} r = 0.80 Å

Alcune sostanze isomorfe, solidificando insieme possono dare luogo a cristalli misti, cioè ad una sola fase cristallina in cui sono presente entrambe.

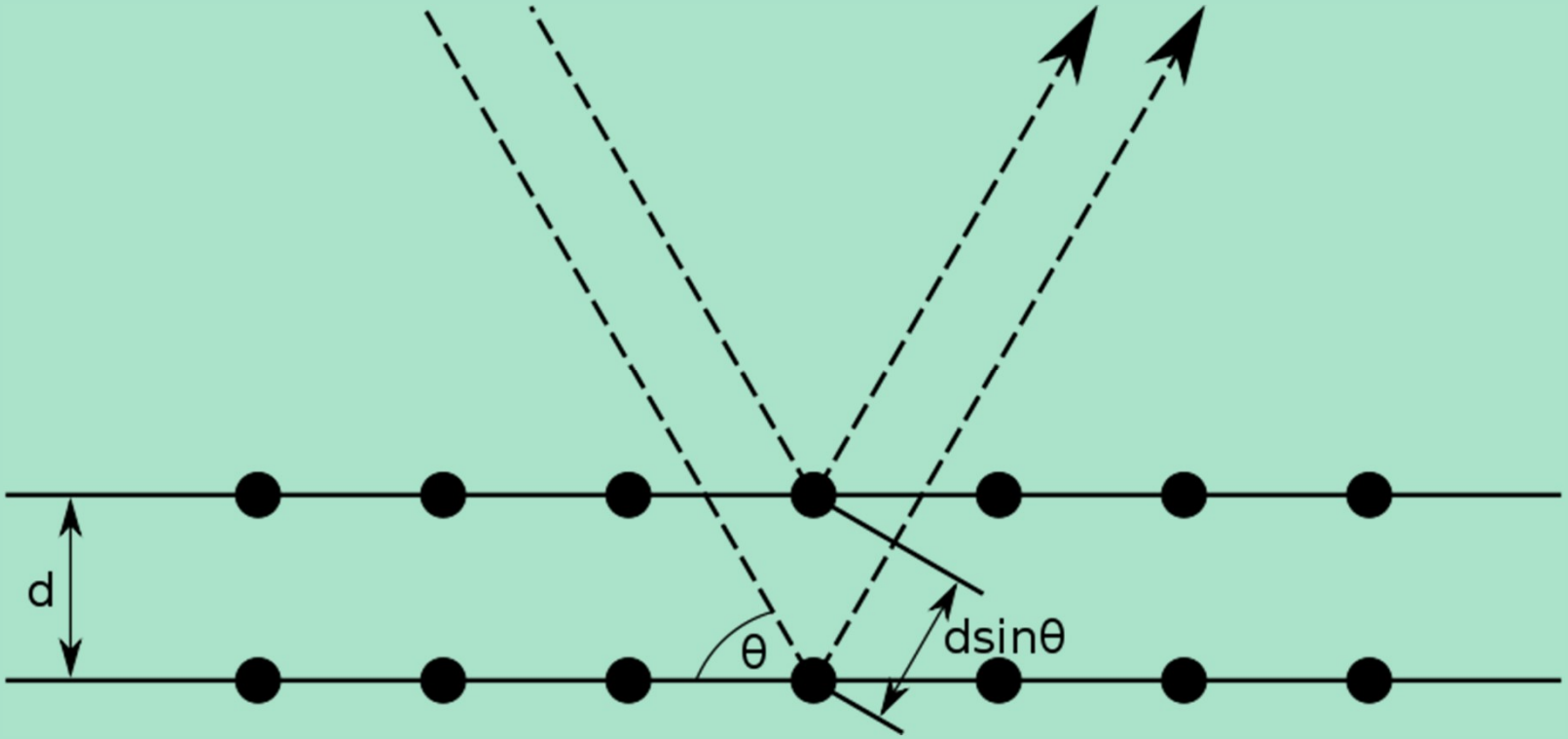
DIFFRAZIONE RAGGI X



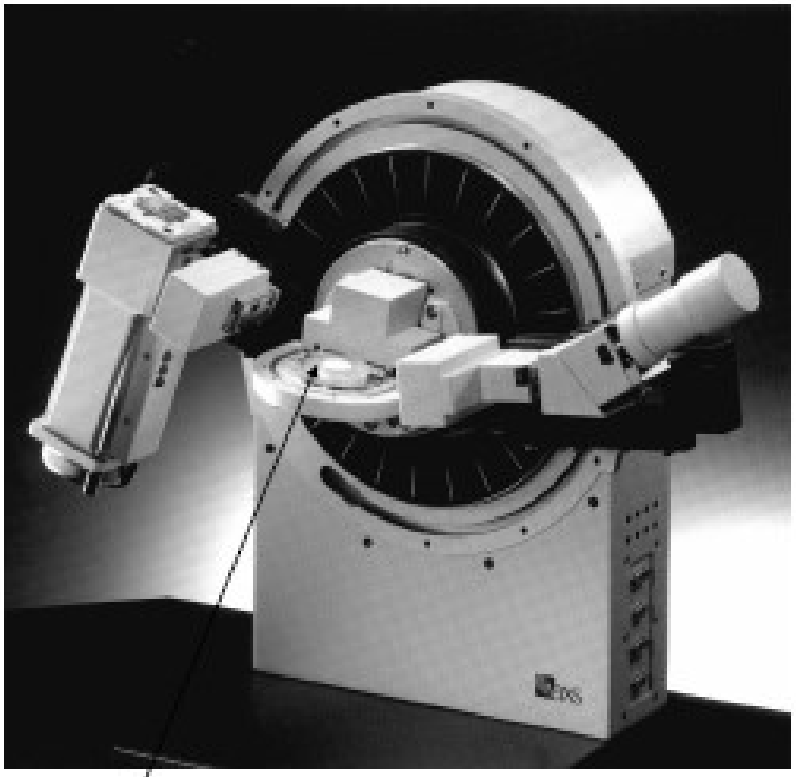
$$c = h\,\nu$$


L'onda elettromagnetica
Campo Elettrico (E)
Campo Magnetico (H)
λ
Direzione
di Propagazione

$2\ d\ \text{sen}\ \theta = n\ \lambda$
Legge di Bragg

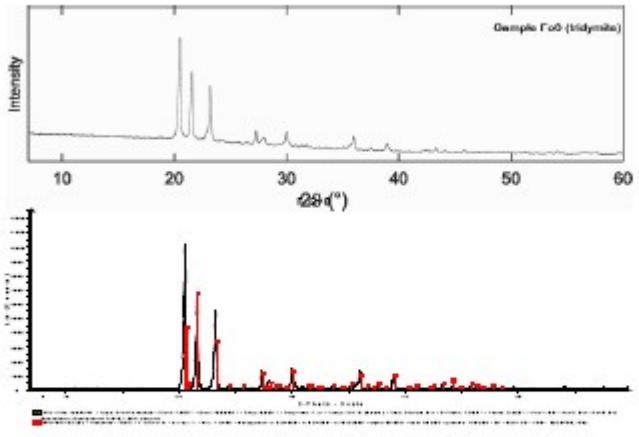


D8 ADVANCE Bragg-Brentano Diffractometer



Campione di polvere

- Al posto del film si può usare un contatore a scintillazione per ottenere misure di intensità precise
- Usando un goniometro automatico step by step l'intensità diffratta può essere raccolta come un istogramma digitale



Esempio di diffrazione riconosciuta!

Non ci sono due sostanze che abbiano
esattamente lo stesso spettro di polvere

Il codice a barre è stato probabilmente inventato un cristallografo (furbo)

È il modo più intelligente per far stare una enorme quantità di informazione in uno spazio ridotto

È praticamente uno spettro di polvere