

# Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

## Mineralogia per i Beni Culturali

Michele Secco



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA**

CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE

# Mineralogia e beni culturali



David di Michelangelo (1501), Firenze.

# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA**

CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Mineralogia e beni culturali



Braccialetto d'oro e smeraldi, epoca Romana (150 d.C.), Colonia (Germania).

# Mineralogia e beni culturali

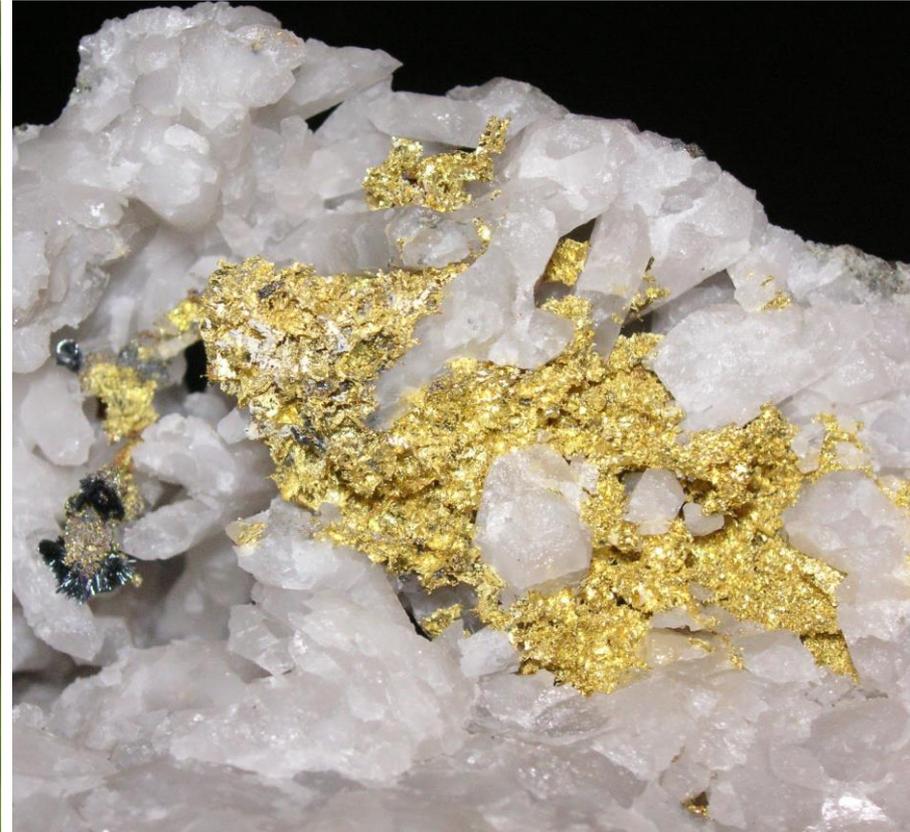


# Mineralogia e beni culturali



Anello d'oro con rubino, epoca medievale (13° Secolo).

# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



Ascia dell'Uomo di Similaun, Età del Rame (3300-3100 a.C.)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

**CIRCe**  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Mineralogia e beni culturali



Tubatura di piombo, epoca Romana (1° Secolo d.C.), Ercolano

# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**DBC**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELLO SPAZIO, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA**

CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Mineralogia e beni culturali



Affreschi Giotteschi della Cappella degli Scrovegni (1303), Padova.

# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



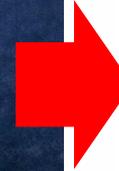
DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA**

CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



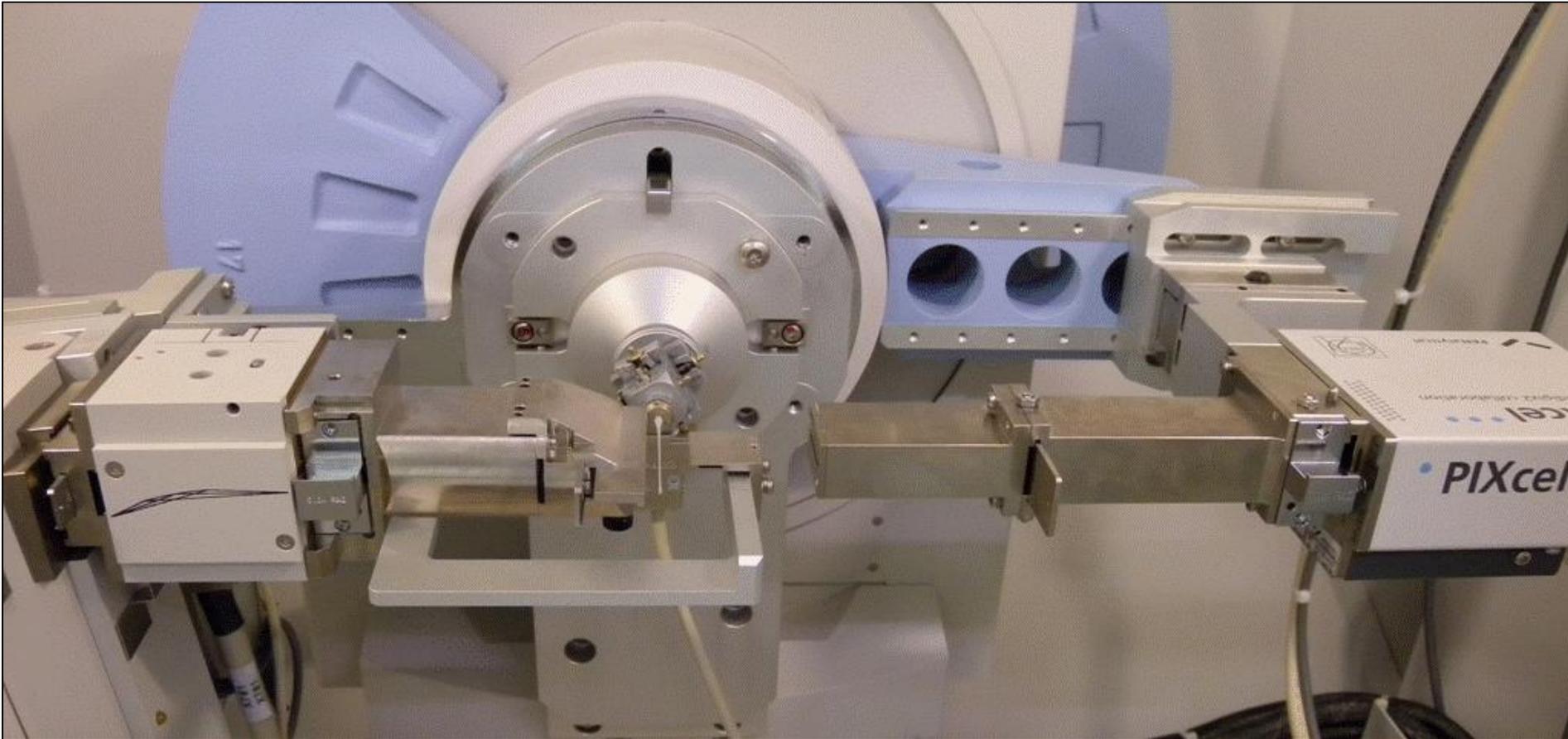
DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

# Mineralogia e beni culturali



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

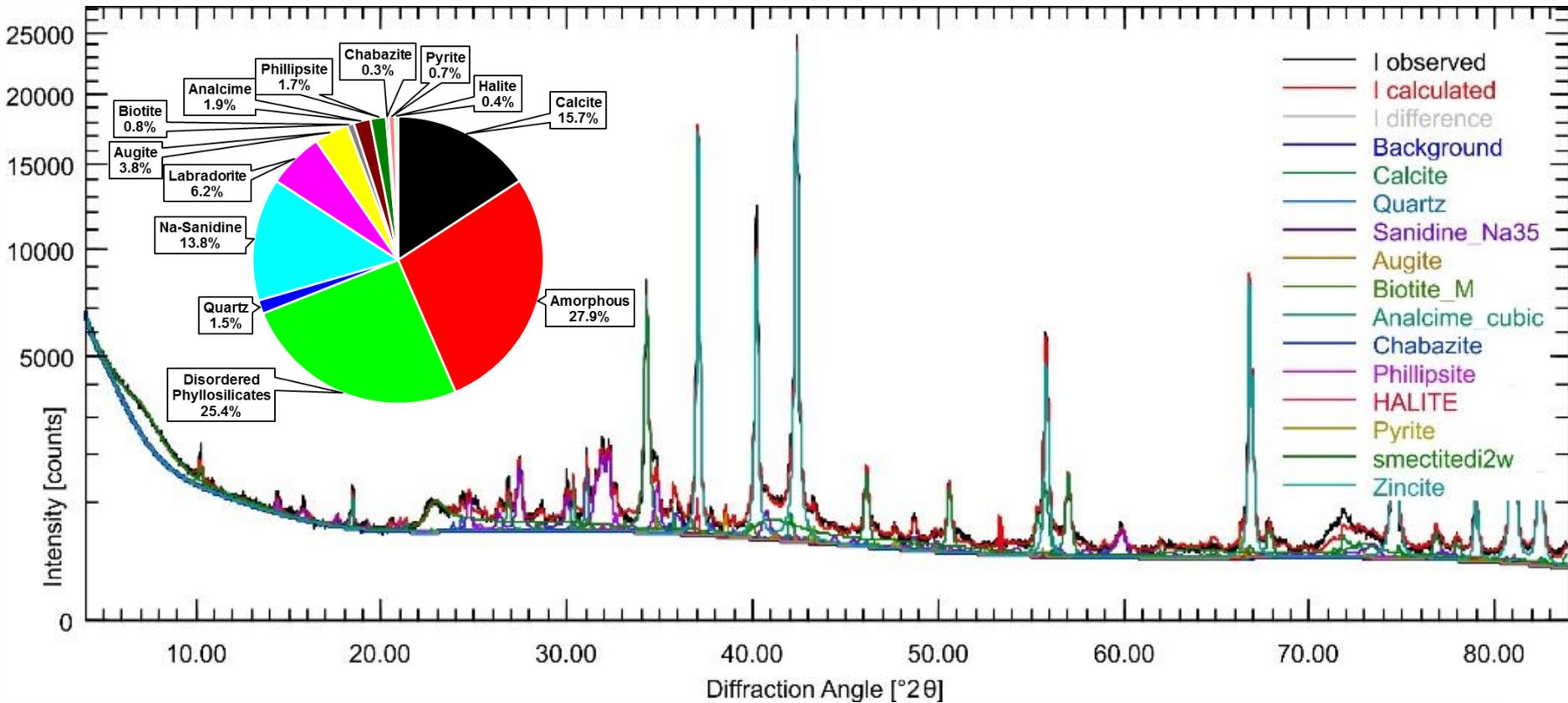
**CIBA**

CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

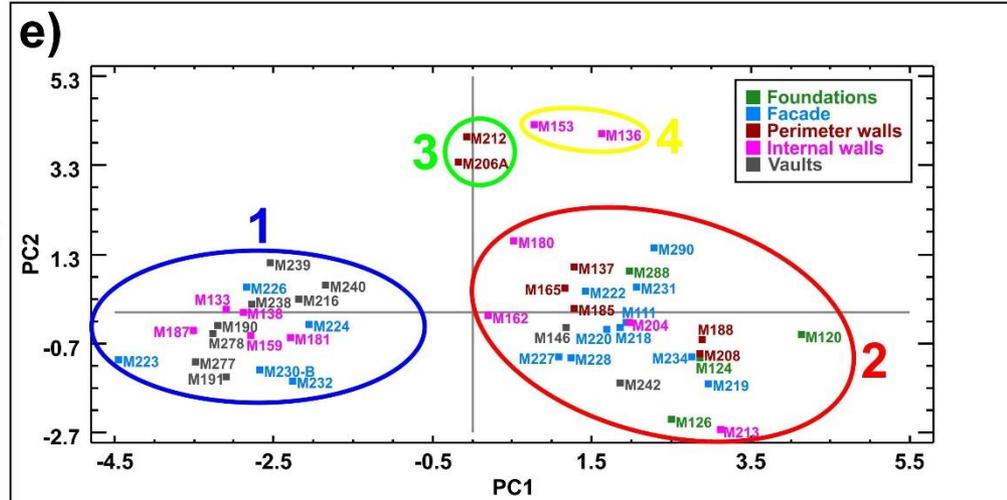
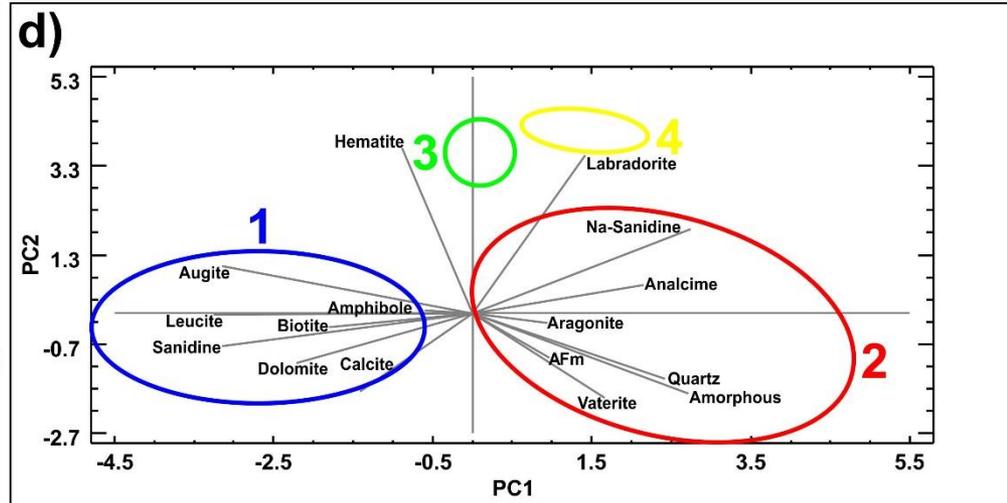
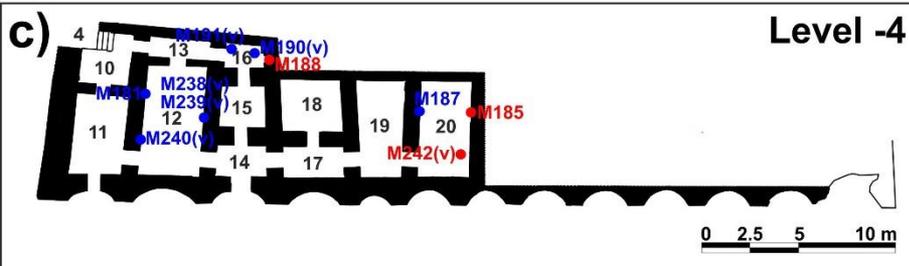
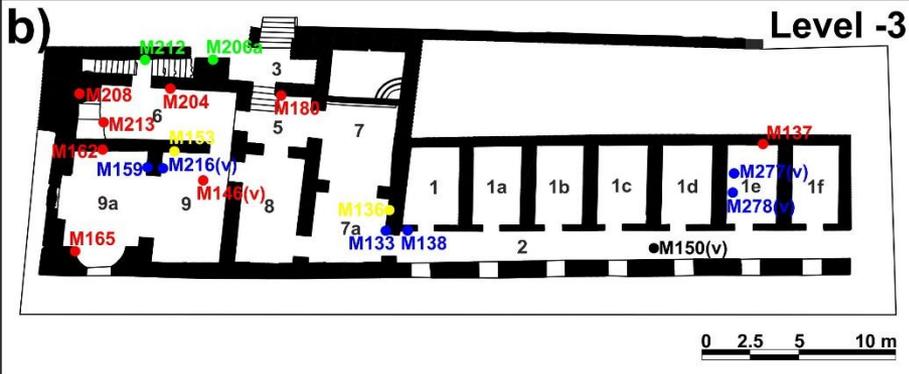
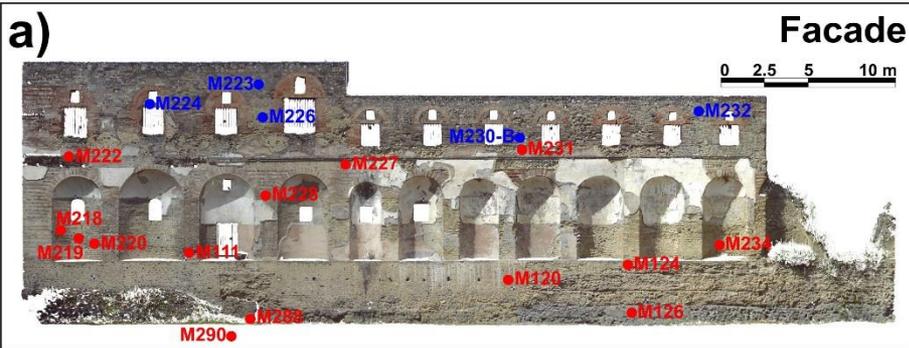
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

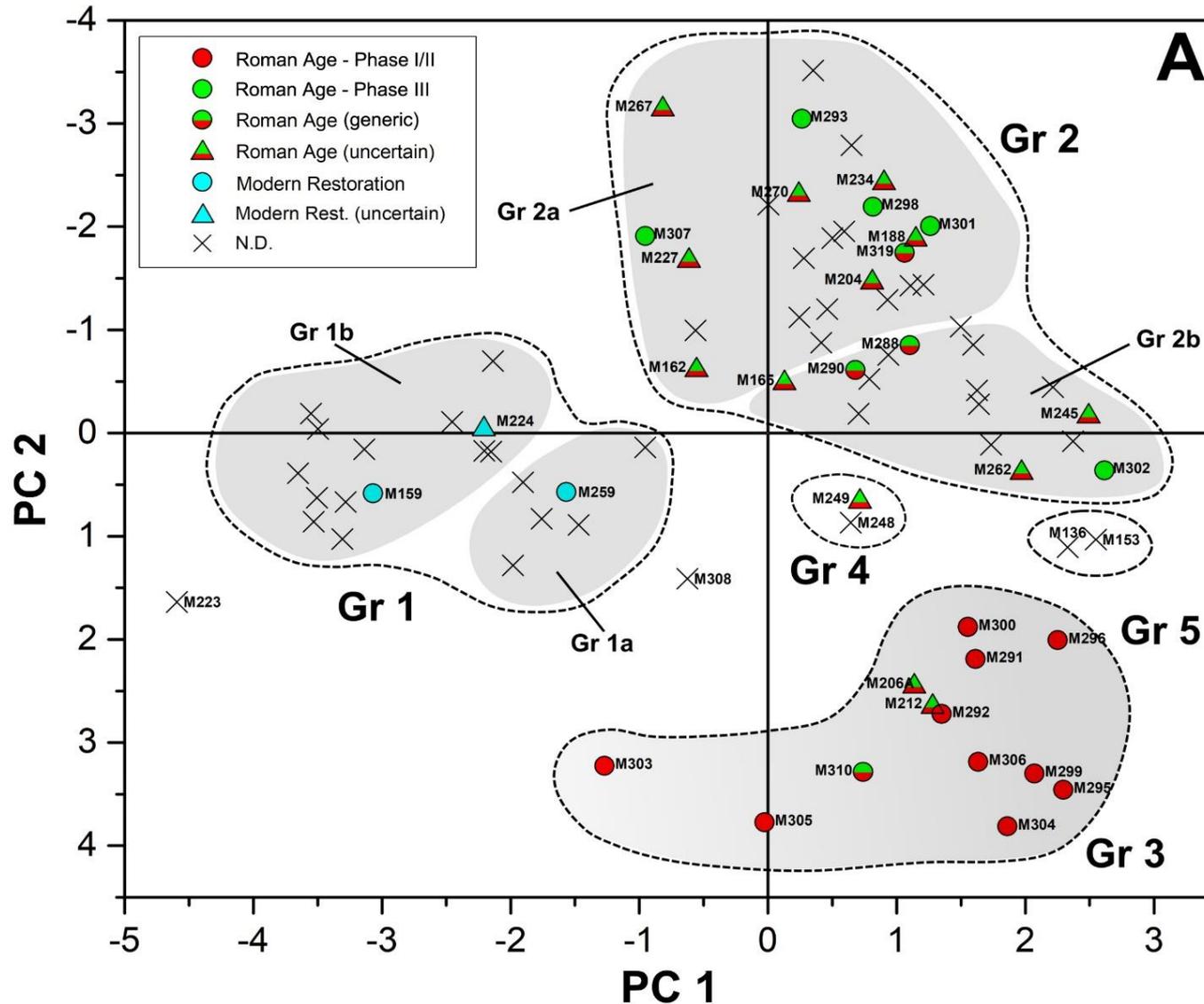
# Mineralogia e beni culturali



# Mineralogia e beni culturali



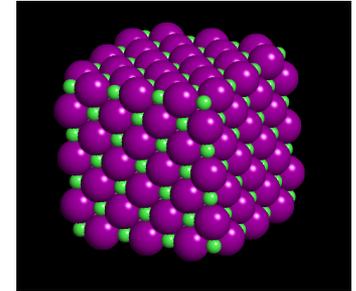
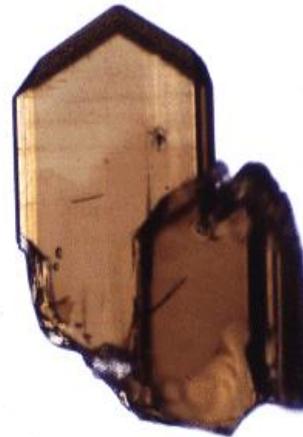
# Mineralogia e beni culturali



# Cos'è un minerale?

Definizione generalmente accettata:

Un minerale è un solido omogeneo, inorganico, naturale, con una composizione chimica definita e una disposizione atomica ordinata.



- **Solido omogeneo.** Una singola sostanza solida (fase) che non può essere fisicamente separata in composti più semplici.
- **Inorganico.** I composti organici cristallini formati da organismi non sono generalmente considerati minerali.
- **Naturale.** I cristalli prodotti in laboratorio (sintetici) non sono minerali.
- **Composizione chimica definita.** Un minerale può essere rappresentato dalla sua formula chimica (ad esempio,  $\text{SiO}_2$ )
- **Disposizione atomica ordinata.** Lo stato cristallino della materia!

# Mineralogia

**Disciplina che si occupa dello studio dei minerali**

## **Sottodiscipline della mineralogia**

**Cristallografia:** lo studio della geometria interna (atomica) ed esterna dei cristalli.

**Mineralogia chimica:** lo studio della struttura e delle proprietà chimiche dei minerali.

**Mineralogia fisica:** lo studio delle proprietà fisiche dei minerali.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA**

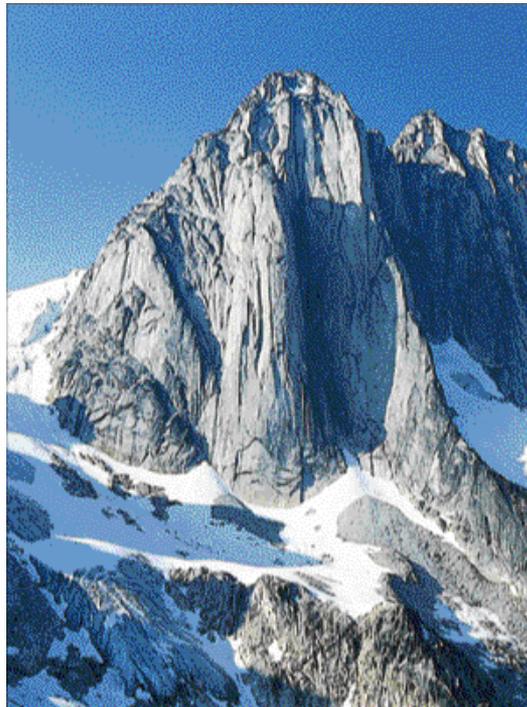
CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Perché studiamo la mineralogia?

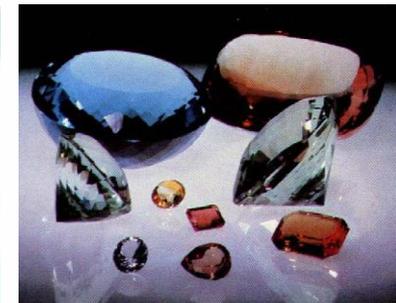
- I minerali sono gli elementi costitutivi di base di tutte le rocce.
- La conoscenza della mineralogia è necessaria per la comprensione delle rocce, e quindi per la comprensione del funzionamento della Terra e degli altri pianeti.
- Tutti gli aspetti della geologia sono fondamentalmente legati alla mineralogia.



# I minerali e l'uomo

Molti minerali hanno un valore economico!

- Metalli: Au, Cu, Ag, Pb, Zn.
- Minerali industriali : gesso, fosfati, argille, amianto.
- Articoli per la casa e il cibo: cosmetici, abrasivi, lettiere per gatti (argille e zeoliti), sale e sostituti del sale, talco, ciprie.
- minerali sono importanti nell'industria moderna, nella salute e nelle attività politiche.



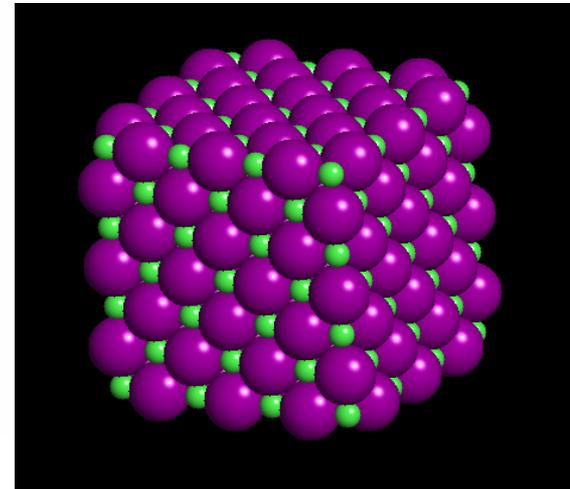
# Minerali

Il minerale è un **corpo omogeneo** costituito da elementi, o composti chimici, generalmente inorganici, formatosi naturalmente.



L'**omogeneità** dei minerali si traduce nella costanza (o variazione con continuità) della loro composizione chimica. Questa omogeneità è valida finché non si scende a dimensioni atomiche.

Halite: atomi di Na ed atomi di Cl →



# Rocce

Al contrario non potremo definire omogenea una **roccia** in quanto essa è costituita da un aggregato di minerali della stessa specie (rocce monomineraliche: quarzite, calcari puri..) o di specie diverse.

**Roccia:** aggregato di minerali formatisi naturalmente. Sostanza eterogenea.



I **minerali** sono i costituenti delle rocce (materiali lapidei) e materia prima (bronzo, vetro, ceramica, pigmenti).

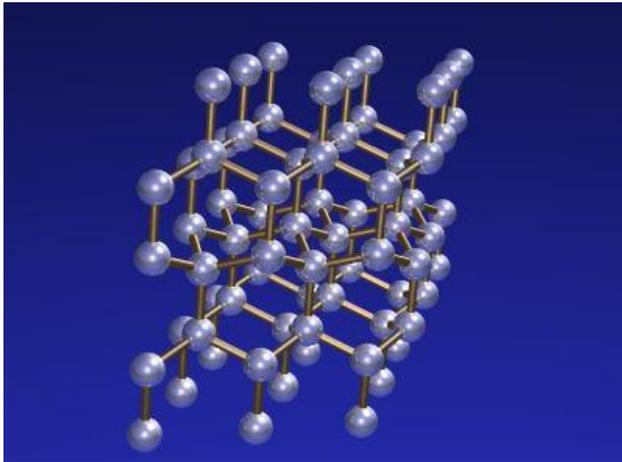
# Struttura e costituzione dei minerali

I minerali possono essere costituiti da:

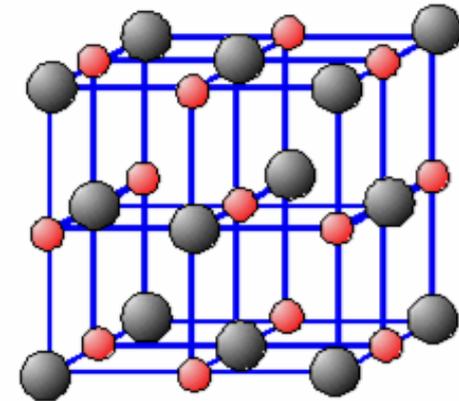
**elementi chimici** (Au, Pt, Ag, C, S...)

così come da

**molecole** (NaCl,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ...etc.),



Struttura del diamante



● Na      ● Cl

Struttura dell'halite

I minerali possono essere descritti da una **formula chimica**:

quarzo →  $\text{SiO}_2$ ; calcite →  $\text{CaCO}_3$ .

# Lo stato solido cristallino

## **Nei fluidi** (o gas):

- le molecole (o gli atomi) non occupano una posizione fissa, ma sono in continuo movimento;

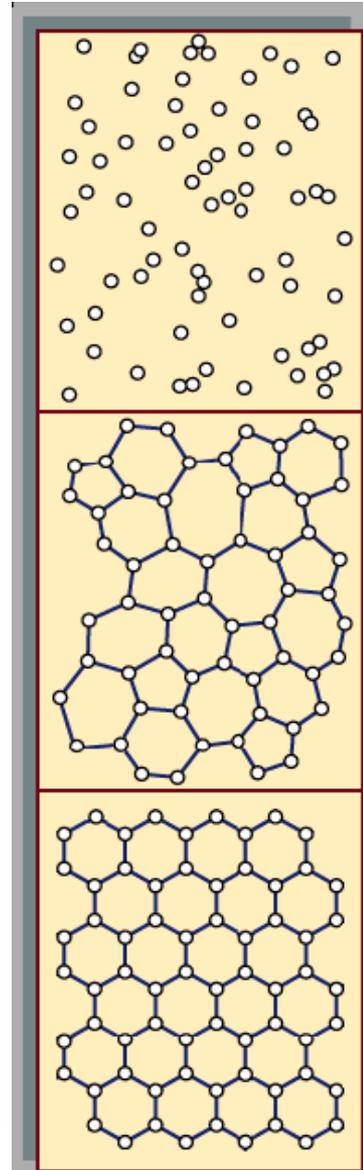
## **nello stato amorfo:**

- distribuzione disordinata di atomi, omogeneità statistica, isotropia (es. vetri = liquidi sovraraffreddati).

## **nello stato solido cristallino:**

- le molecole occupano delle posizioni fisse;
- solo piccole oscillazioni attorno ad esse;
- mezzo essenzialmente ordinato;
- atomi sono disposti secondo un determinato motivo (motivo atomico) che si ripete periodicamente e regolarmente nelle tre direzioni dello spazio, in modo da originare un **reticolo tridimensionale**.

In generale i minerali si trovano allo stato solido. Lo **stato solido**, quello cristallino, si distingue dai **falsi** stati solidi (vetri, gel colloidali), **per l'anisotropia di certe sue proprietà**.



# Lo stato solido cristallino

SCALARI: non dipendenti dalla direzione e definite da un numero (esempio: densità e peso specifico)

## Proprietà fisiche

VETTORIALI: dipendenti dalla direzione e definite da un vettore (esempio: sfaldatura e frattura)

**Corpo isotropo:** le proprietà vettoriali si mantengono eguali in tutte le direzioni

**Corpo anisotropo:** le proprietà vettoriali variano

*anisotropia continua:* il vettore rappresentativo varia con continuità, al variare della direzione

*anisotropia discontinua:* il vettore varia bruscamente al variare della direzione.

Stretta relazione fra le proprietà del cristallo e la sua costituzione chimica.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

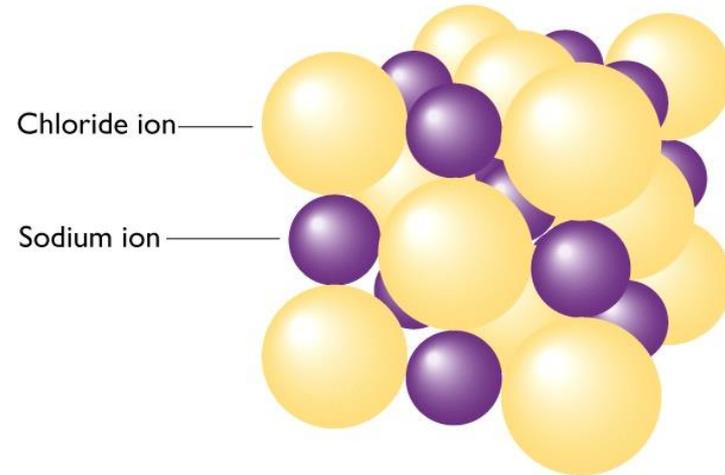
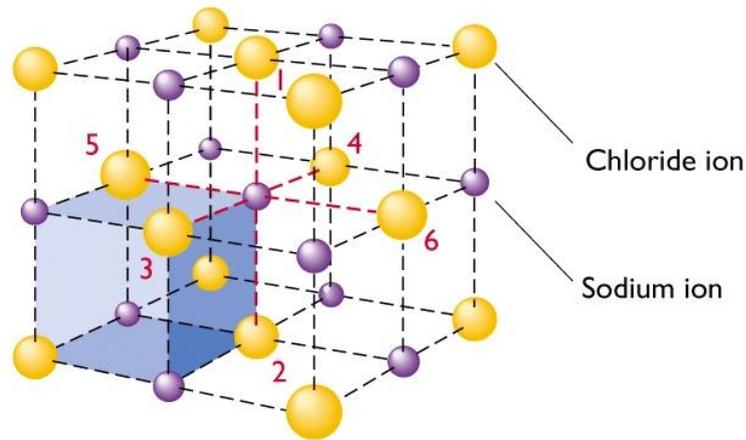
*CIRCe*  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

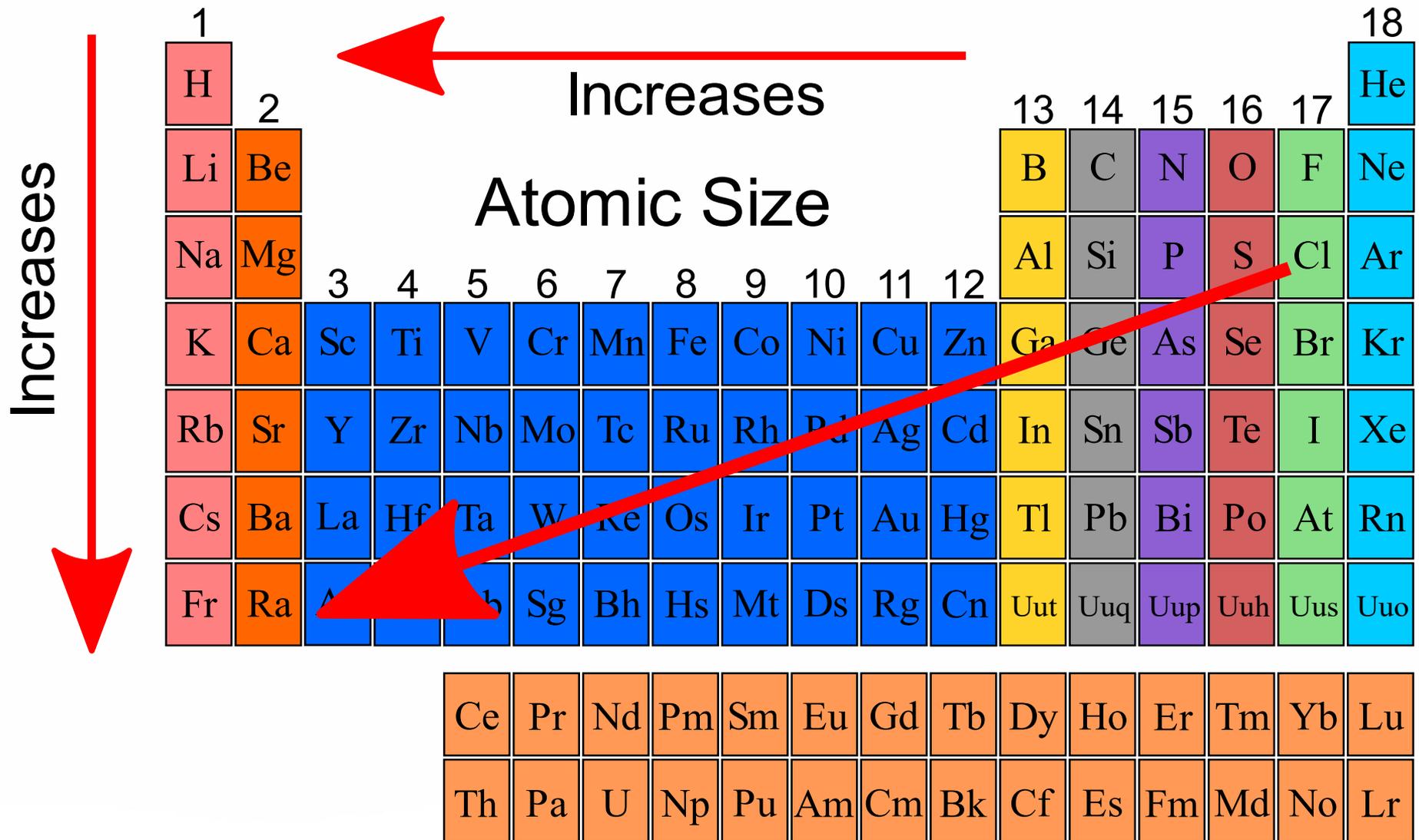
Atomi e ioni di un reticolo cristallino si possono rappresentare come altrettante sfere: 1) balls & sticks o 2) a diretto contatto tra loro.



Il raggio di tali sfere viene detto *raggio atomico* e *raggio ionico* e ci dà la misura della sfera di influenza di ogni atomo o ione.

Il raggio atomico di un elemento è una misura delle dimensioni dei suoi atomi; è una grandezza difficilmente definibile in quanto in un atomo non esiste un confine netto (la probabilità di trovare un elettrone diminuisce infatti all'aumentare della distanza dal nucleo ma non è mai zero). Raggio atomico efficace: distanza dal nucleo entro cui si trova racchiusa il 95% della densità elettronica.

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini



# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini



# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

## Periodic table of the elements

group	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H	2																2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
lanthanoid series	6	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
actinoid series	7	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

\*Numbering system adopted by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

© Encyclopædia Britannica, Inc.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

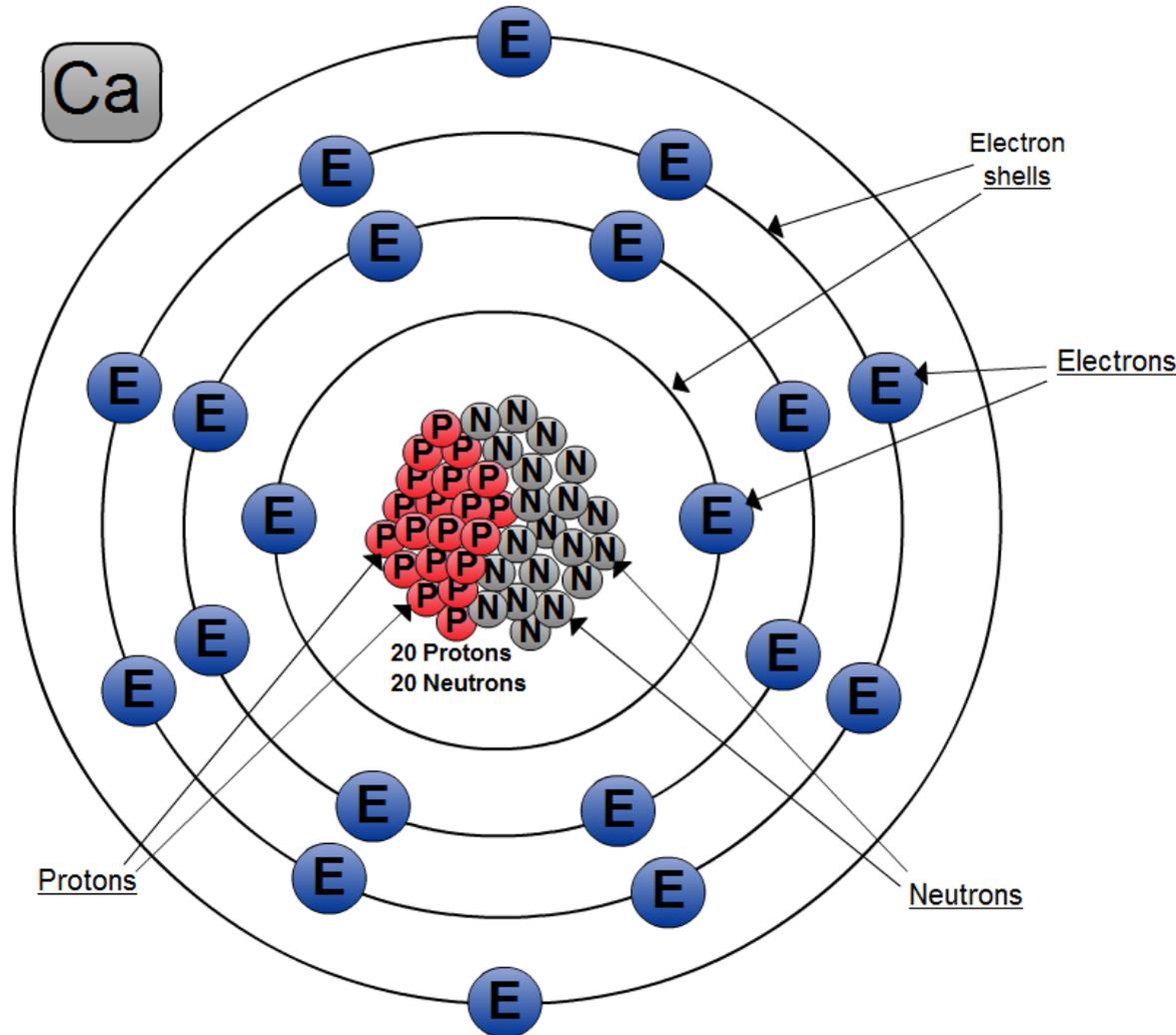
CIRCE  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

CIBA  
CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

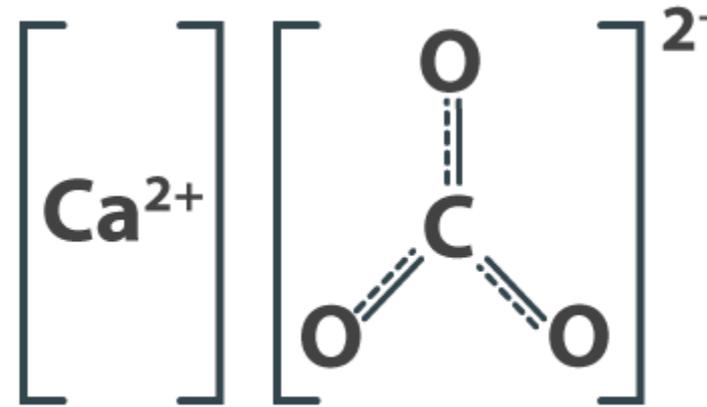
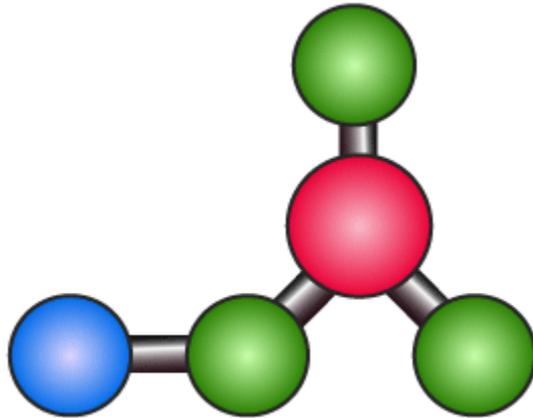
## Calcium Atom Diagram



Atomic Properties:
Element name = Calcium
Symbol = Ca
Atomic number = 20
Atomic Mass = 40.08 amu
Electronegativity = 2
Note:
-Protons are positive
-Electrons are negative
-Neutrons are neutral

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

## Calcite - $\text{CaCO}_3$



**Energia di ionizzazione:** energia minima richiesta per allontanare un elettrone da un atomo o molecola e portarlo a distanza infinita, allo zero assoluto, e in condizioni di energia cinetica nulla;

**Affinità elettronica:** energia liberata o spesa da un atomo o da una molecola quando un elettrone viene aggiunto alla sua configurazione, quando questa si trova in stato neutro isolato in forma gassosa, per formare uno ione negativo.

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

Il raggio ionico indica il raggio assunto dall'atomo, supposto sferico e definito, dopo essere stato ionizzato, ovvero privato o fornito di una certa quantità di elettroni.  
Unità di misura: Ångström (Å),  $1 \times 10^{-10}$  m.

I cationi: - hanno raggio più piccolo dell'atomo neutro.  
- lo stesso avviene con l'aumento dello stato di ossidazione (Fe<sup>2+</sup> > Fe<sup>3+</sup>; Mn<sup>2+</sup> > Mn<sup>3+</sup>;...etc.).

Gli anioni: - hanno raggio superiore all'atomo neutro.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

**CIRCe**  
Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI  
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

**Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali**

# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

Catione	Raggio ionico	Catione	Raggio ionico	Catione	Raggio ionico
N <sup>5+</sup>	0.13	C <sup>4+</sup>	0.16	B <sup>3+</sup>	0.23
S <sup>6+</sup>	0.30	P <sup>5+</sup>	0.35	V <sup>5+</sup>	0.50
Si <sup>4+</sup>	0.39	Mn <sup>4+</sup>	0.60	Mo <sup>4+</sup>	0.70
Ti <sup>4+</sup>	0.68	Sn <sup>4+</sup>	0.71	Zr <sup>4+</sup>	0.79
Al <sup>3+</sup>	0.51	Cr <sup>3+</sup>	0.63	Fe <sup>3+</sup>	0.64
Mn <sup>3+</sup>	0.66	V <sup>3+</sup>	0.74	T <sup>3+</sup>	0.76
Mg <sup>2+</sup>	0.66	Ni <sup>2+</sup>	0.69	Fe <sup>2+</sup>	0.74
Zn <sup>2+</sup>	0.74	Mn <sup>2+</sup>	0.80	Ca <sup>2+</sup>	0.99
Sr <sup>2+</sup>	1.12	Pb <sup>2+</sup>	1.20	Ba <sup>2+</sup>	1.34
Li <sup>+</sup>	0.68	Na <sup>+</sup>	0.97	K <sup>+</sup>	1.33
Cn <sup>+</sup>	0.96	Ag <sup>+</sup>	1.26	Rb <sup>+</sup>	1.47
Anione		Anione		Anione	
F <sup>-</sup>	1.33	O <sup>2-</sup>	1.40	Cl <sup>-</sup>	1.81



# Elementi costitutivi dei reticoli cristallini

Negative Ion	Positive Ions		
	 Si <sup>4+</sup> 0.39	 Al <sup>3+</sup> 0.51	
	 Fe <sup>3+</sup> 0.64	 Mg <sup>2+</sup> 0.66	 Fe <sup>2+</sup> 0.74
 O <sup>2-</sup> 1.40	 Na <sup>1+</sup> 0.97	 Ca <sup>2+</sup> 0.99	 K <sup>1+</sup> 1.33

# Tipi di legame chimico

Le forze che agiscono fra gli atomi e li legano tra di loro possono essere classificate in due categorie: *forze elettrostatiche e forze di scambio.*

I principali tipi di legami sono:

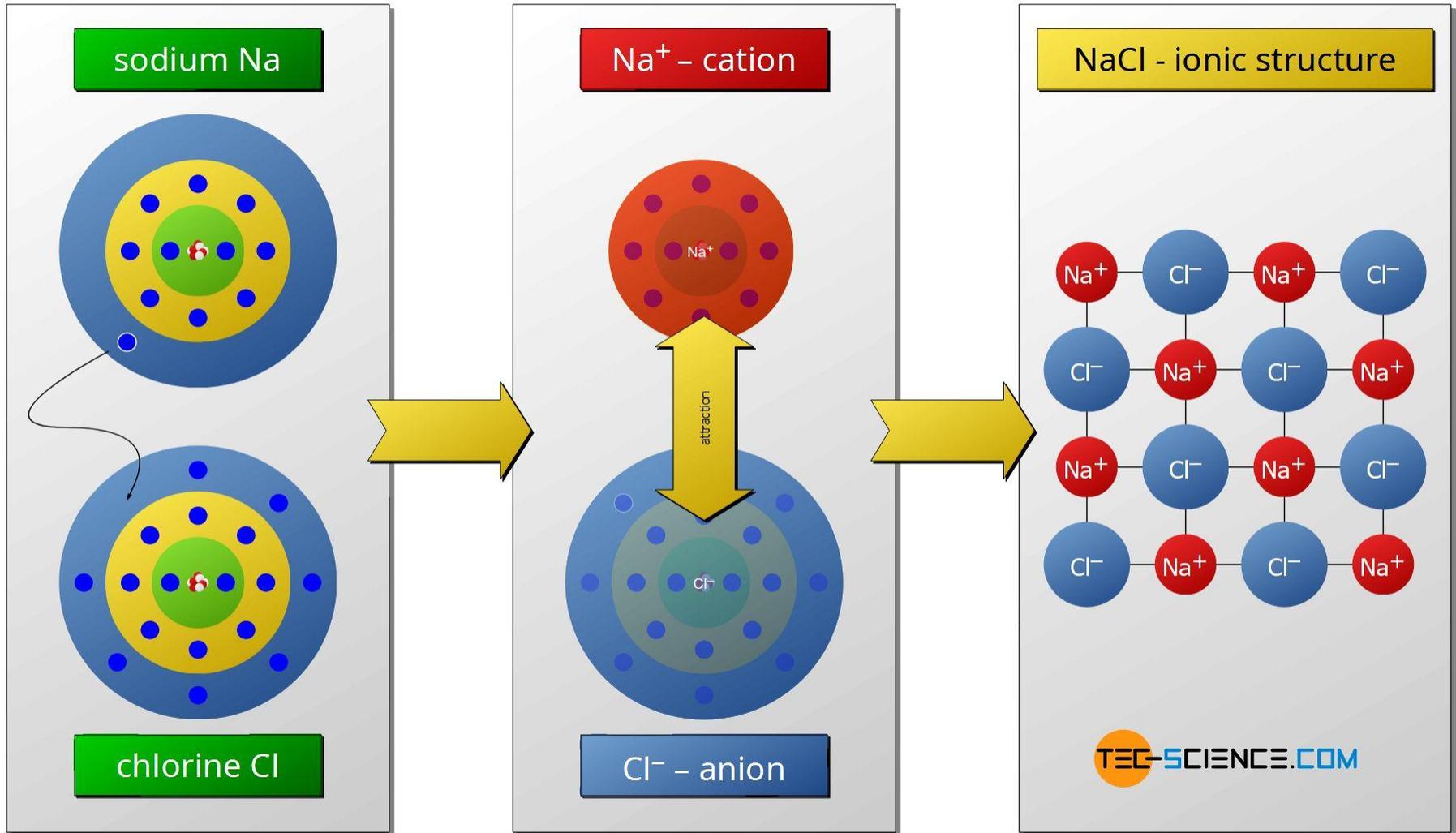
- a) **ionico**
- b) **covalente**
- c) **metallico**
- d) **residuale (Van der Waals)**

# Legami ionici

- I **cationi** caricati positivamente (+) attraggono gli **anioni** caricati negativamente (-) per formare **legami ionici**. Nessun elettrone è condiviso (idealmente). Esempio: NaCl (sale comune).
- Si verifica quando un elemento a **bassa energia di ionizzazione** interagisce con un elemento ad **alta affinità elettronica**. Quest'ultimo elemento «strappa» elettroni dal primo elemento e diventa un anione, mentre il primo li perde e diventa un catione.
- Questo legame è più debole del covalente, ma più forte del legame metallico.
- Forma minerali che sono solubili in H<sub>2</sub>O.



# Legami ionici

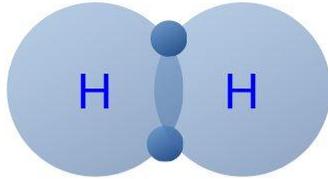


# Legami covalenti

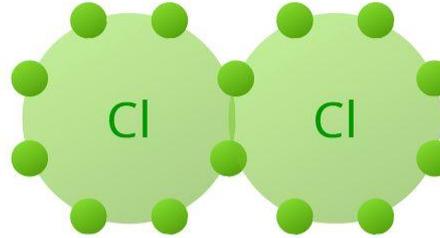
- Quando due o più atomi condividono uno o più elettroni, i legami sono detti **covalenti**.
- Si verificano tra 2 atomi che hanno **valori di affinità elettronica simili ed elevati**.
- Nessun atomo perde elettroni, li condividono (parziale sovrapposizione delle loro nuvole di elettroni).
- Il nucleo di entrambi gli atomi ha un'attrazione uguale per gli elettroni.
- Gli elettroni condivisi passano la maggior parte del loro tempo tra i due atomi.
- Sono il tipo di legame più forte, quindi formano i minerali più duri che hanno le più alte temperature di fusione (C in diamanti).



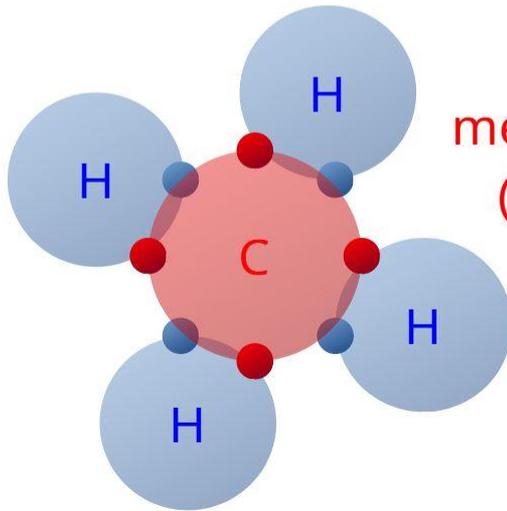
# Legami covalenti



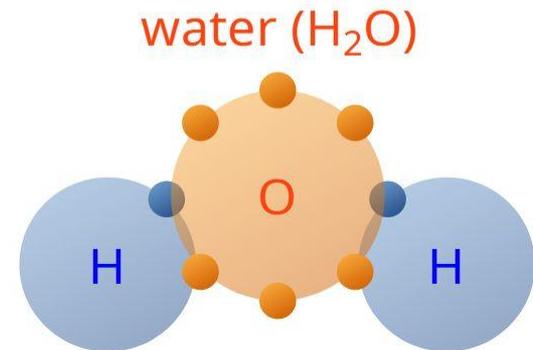
elementary hydrogen ( $H_2$ )



elementary chlorine ( $Cl_2$ )



methane  
( $CH_4$ )



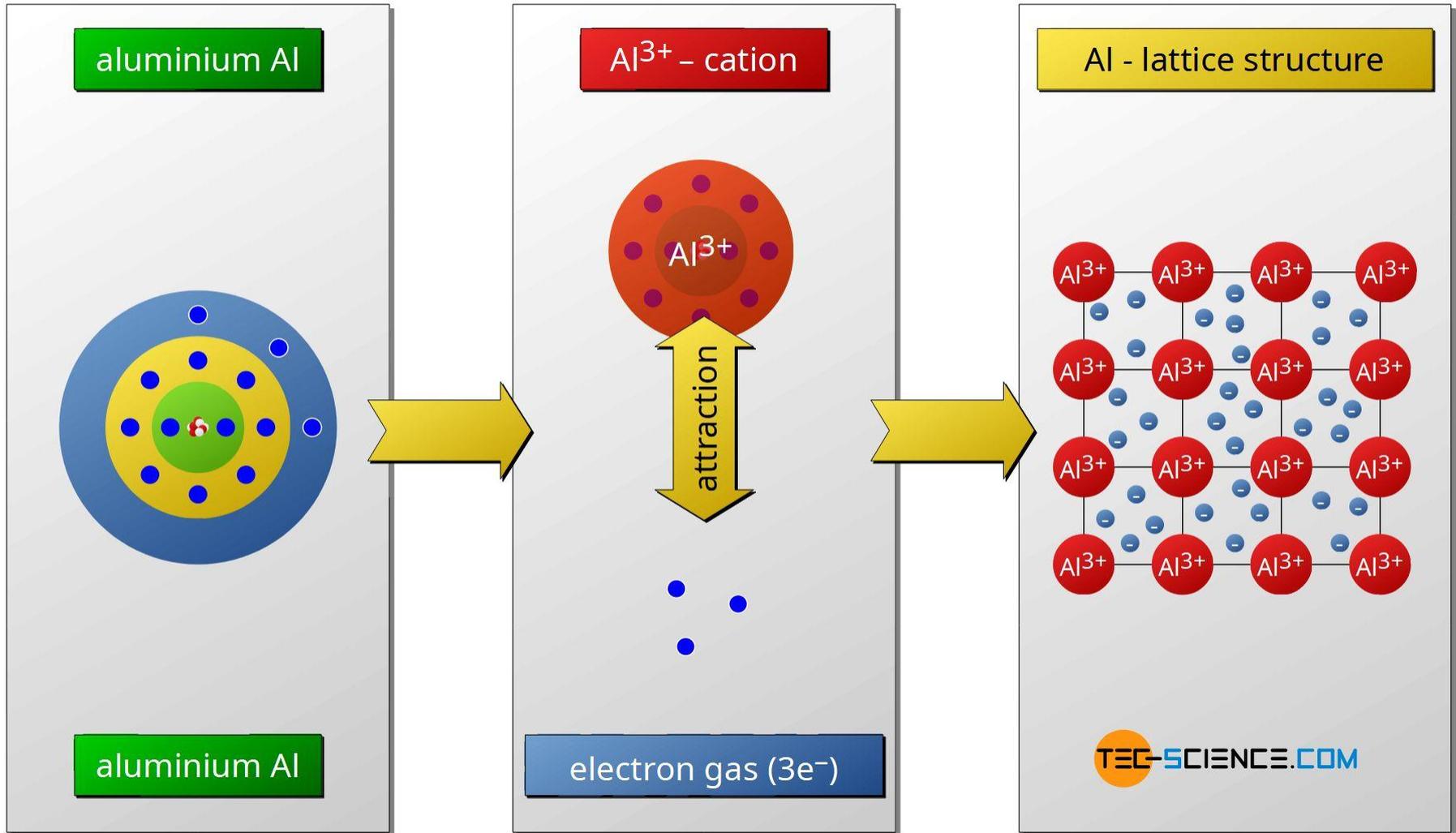
water ( $H_2O$ )

# Legami metallici

- Si verificano tra 2 atomi che hanno valori di **affinità elettronica simili e bassi** (tipico dei metalli).
- Gli elettroni di valenza (esterni) si muovono liberamente in tutta la struttura (condivisi tra molti atomi, non solo due come nel covalente); Quindi, i nuclei sono circondati da un "mare di elettroni" che sono tutti attratti dai nuclei allo stesso tempo.
- Questi legami sono comuni nei minerali che contengono metalli di transizione come Cu, Fe, Au, Zn...
- Sono il più debole dei tipi di legame: quindi i minerali metallici sono relativamente morbidi.
- Poiché gli elettroni sono liberi di muoversi in tutta la struttura, i minerali metallici sono buoni conduttori di elettricità.



# Legami metallici



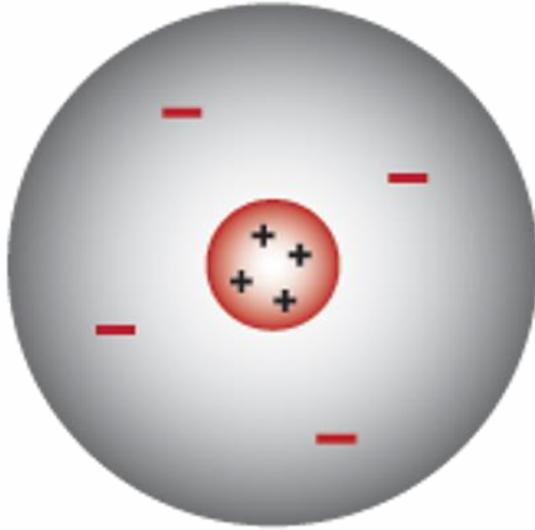
# Legami residuali (Van der Waals)

- Forza di attrazione tra particelle elettricamente neutre, in presenza di deboli concentrazioni di cariche parziali e/o deboli dipoli.
- Distribuzione non uniforme della carica elettrica intorno a un atomo.
- Responsabile dell'estrema fragilità di alcuni minerali (es. grafite).

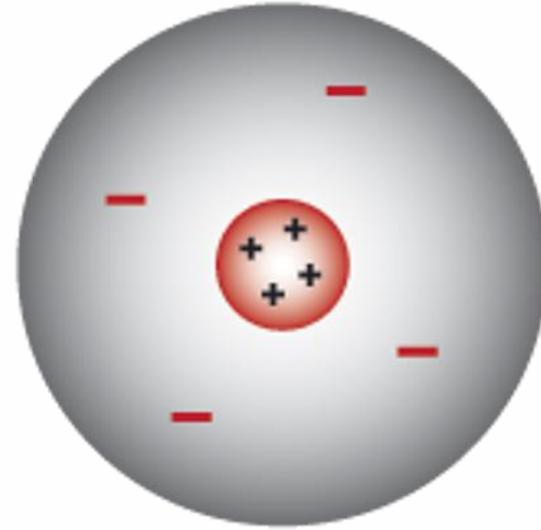


# Legami residuali (Van der Waals)

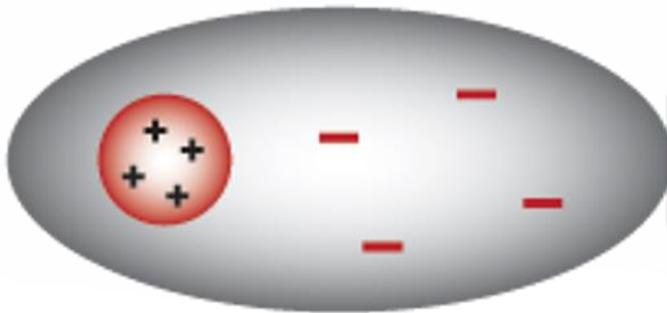
SIMPLE ATOM



SIMPLE ATOM

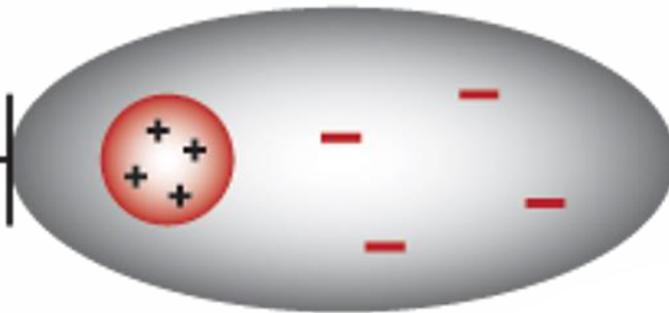


SIMPLE ATOM



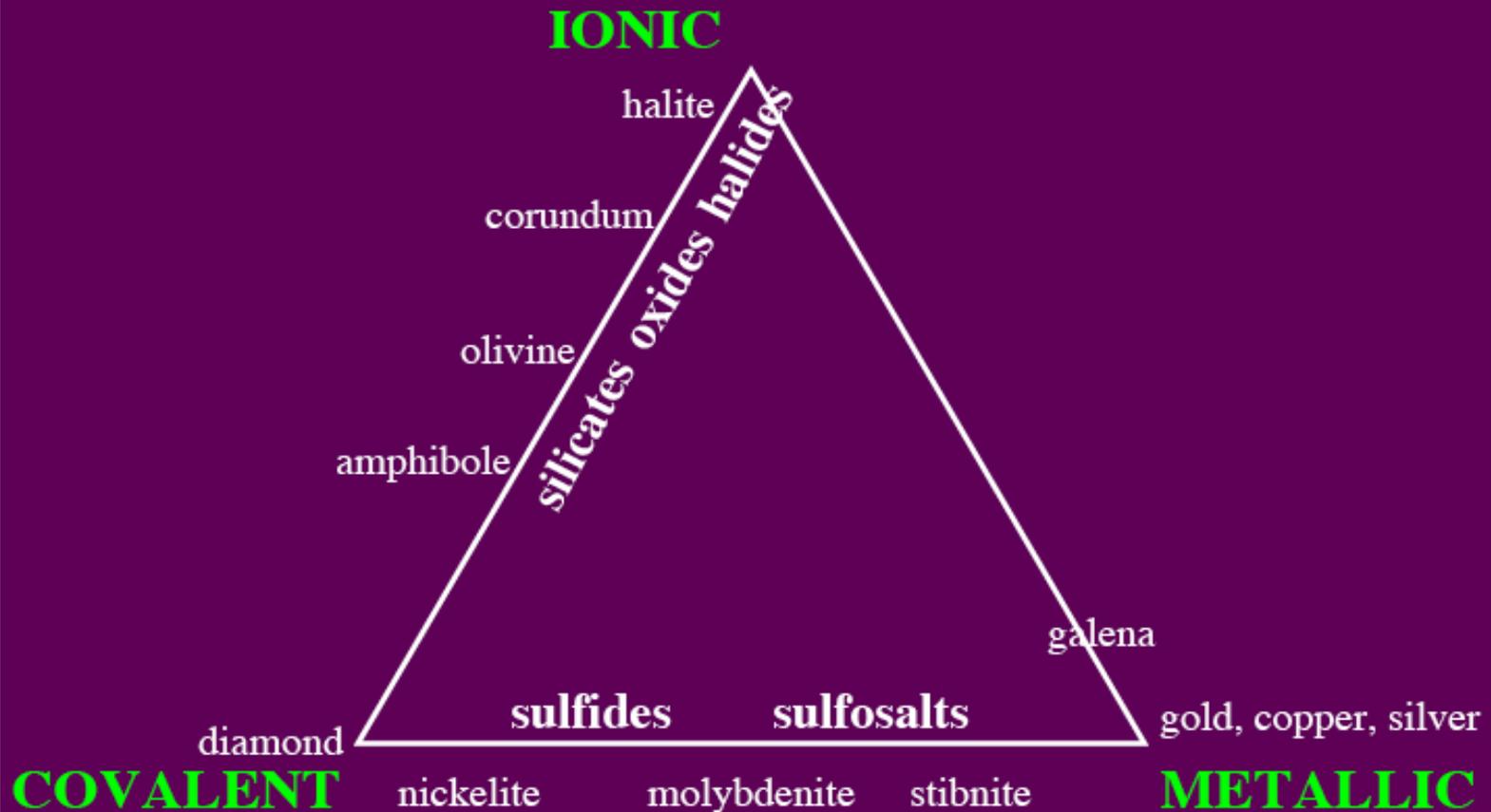
5nm or less

SIMPLE ATOM



# Tipi di legame chimico

Bonding in most minerals is not purely ionic, purely covalent or purely metallic



# Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**dbc**  
DIPARTIMENTO  
DEI BENI CULTURALI  
ARCHEOLOGIA, STORIA  
DELL'ARTE, DEL CINEMA  
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO  
DI GEOSCIENZE

*CIRCe*

Centro Interdipartimentale di Ricerca  
per lo Studio dei Materiali Cementizi  
e dei Leganti Idraulici

**CIBA** CENTRO PER I  
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE