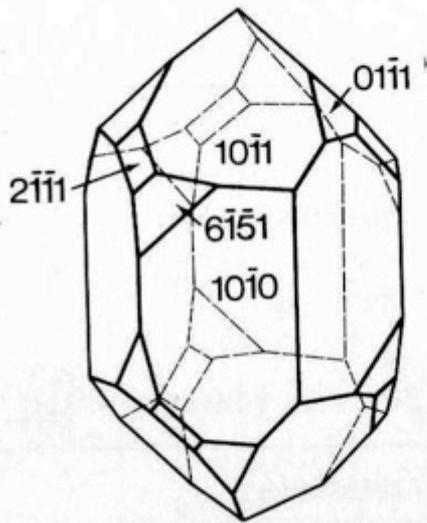
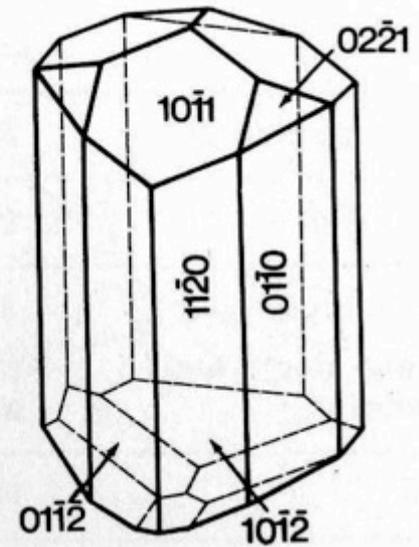


# Cristallografia Morfologica



Quarzo



Tormalina

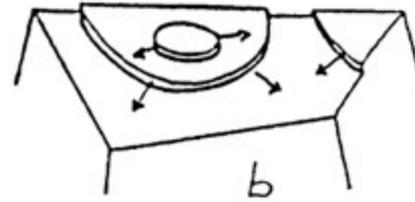
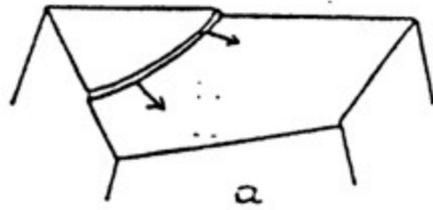
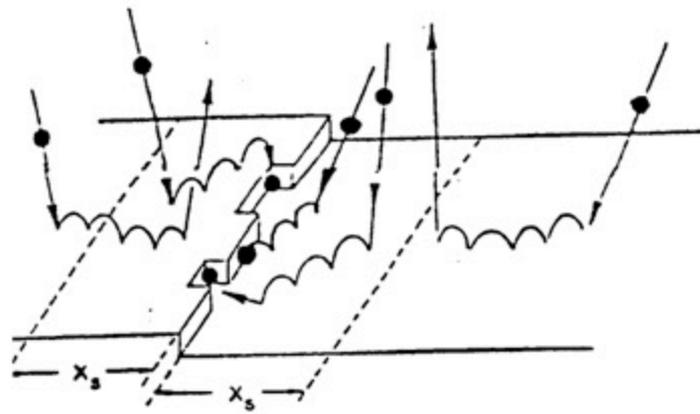


Fig. 16

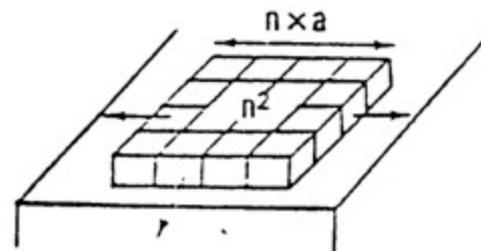
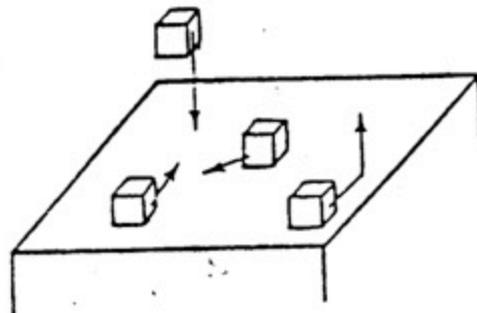




Fig. 13

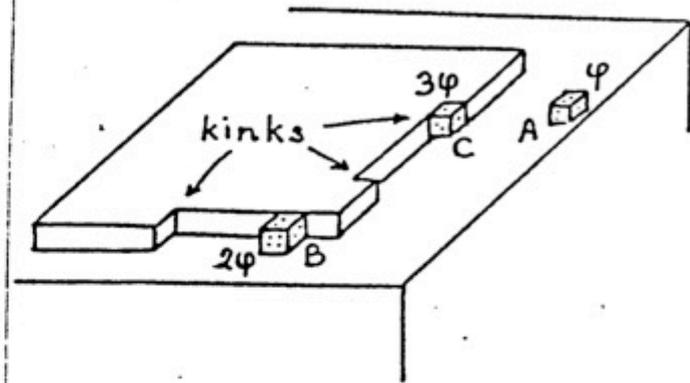
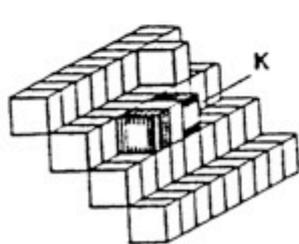
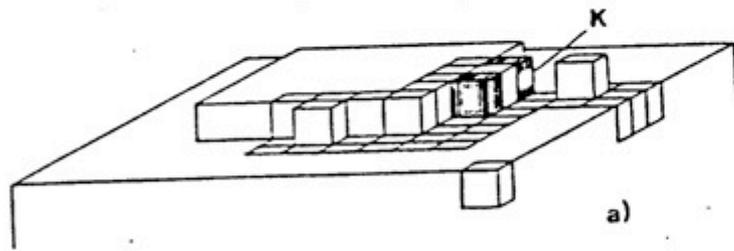
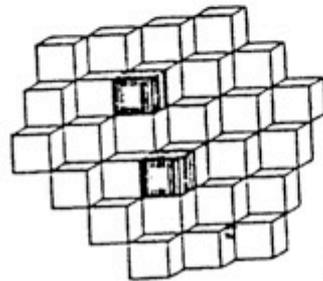


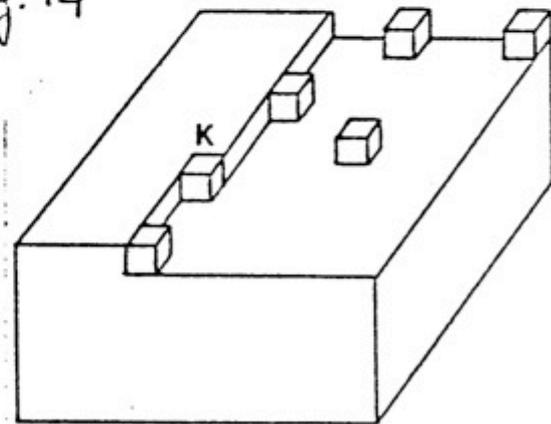
Fig. 14



b)



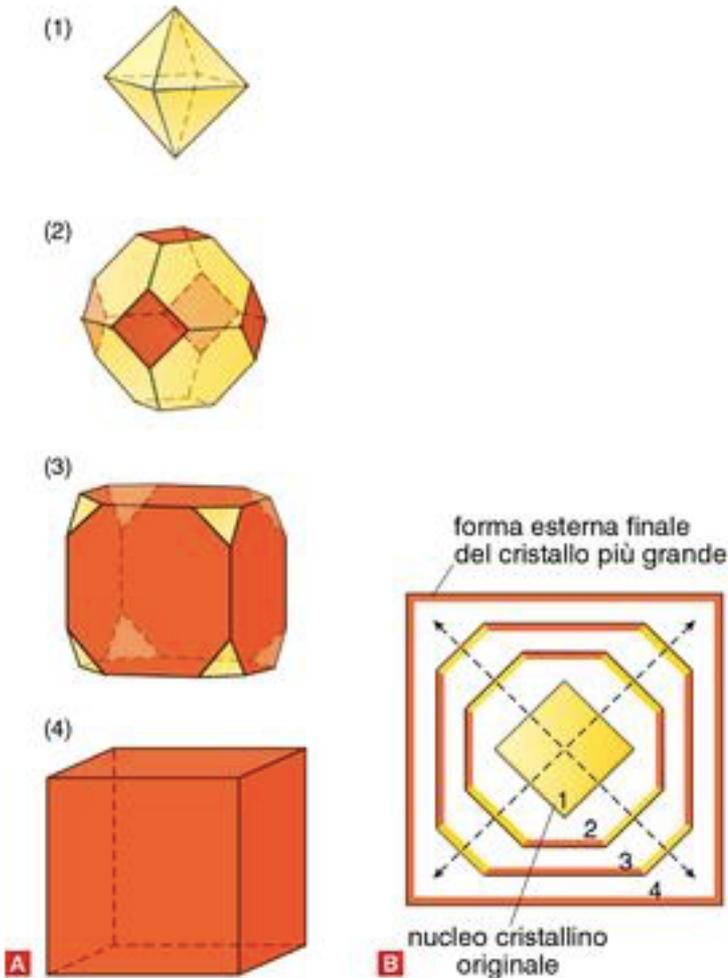
c)



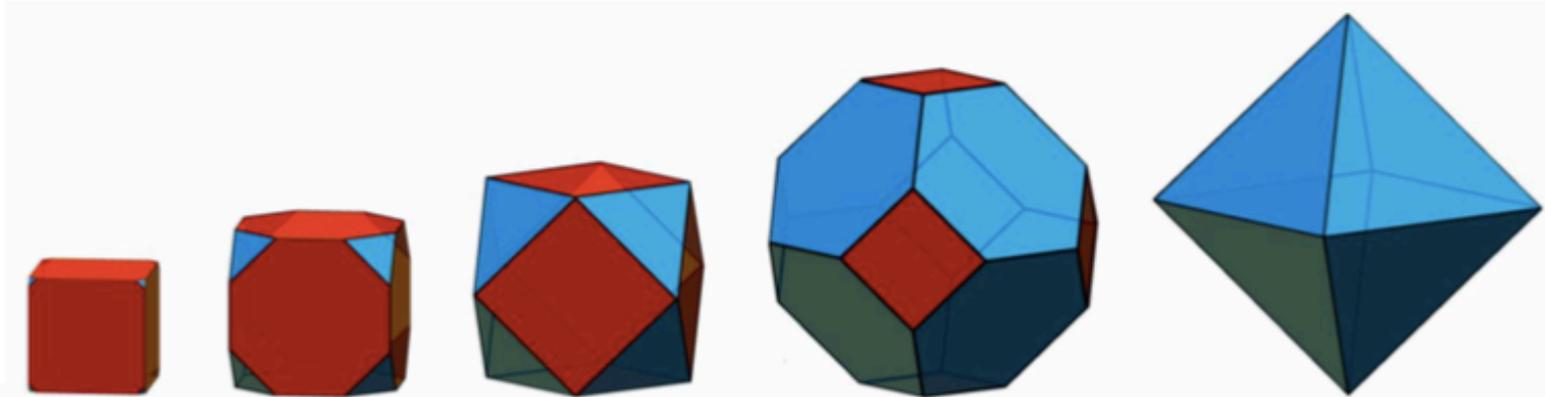
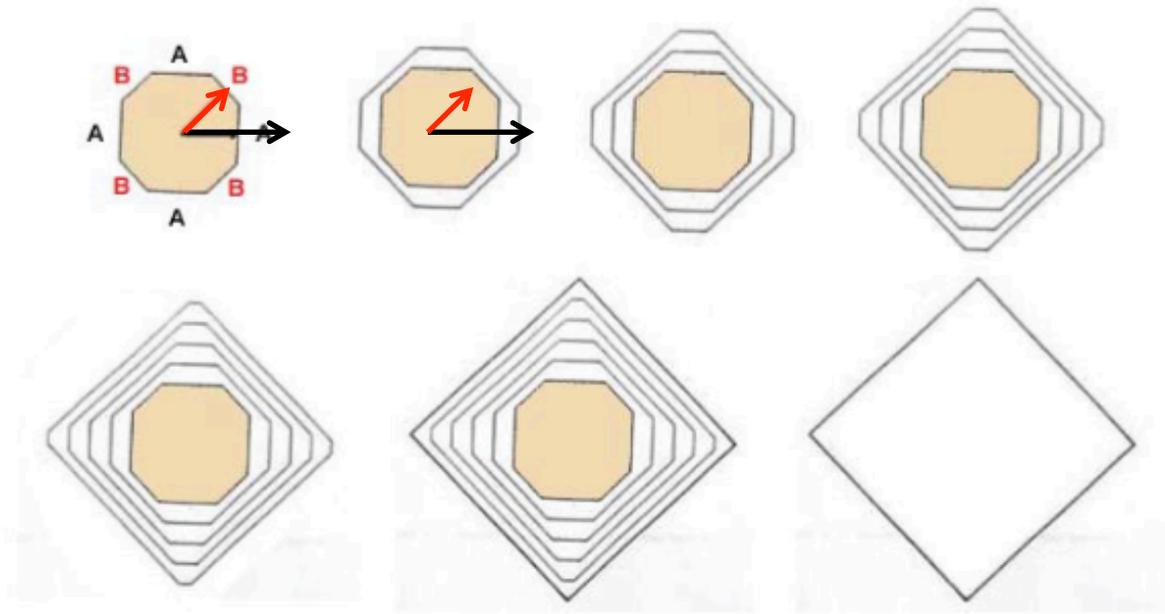
Effetto della diversa velocità di crescita delle superfici (facce) di un cristallo in funzione della differente densità reticolare.

A: da una forma iniziale a ottaedro (1, facce indicate in giallo) si passa ad un cristallo più grande, a forma di cubo (4, facce in rosso), cambiando la forma esterna attraverso vari stadi. Le facce dell'ottaedro crescono più velocemente, ma quelle del cubo più lente, si allargano fino a far sparire le altre.

B: il processo è messo in evidenza nella sezione trasversale del cristallo fatta ai diversi stadi: le frecce sono i vettori di crescita, che indicano la direzione di crescita più veloce; le facce sono i tratti perpendicolari alle frecce e scompaiono nello stadio 4. Gli stadi 2 e 3 mostrano combinazioni delle due forme che si osservano se lo sviluppo del cristallo si arresta.



le facce con velocità di crescita elevata tendono a scomparire dalla morfologia finale



Da un punto di vista morfologico, per cristallo si intende un corpo omogeneo avente la forma di un solido geometrico limitato da facce poligonali, che siano in relazione con la natura della sostanza chimica che lo costituisce.

Gli elementi morfologici di un cristallo sono: Spigoli, Vertici e Facce, secondo la relazione di Eulero,  $F+V=S+2$ .

Legge della costanza degli angoli diedri: nei cristalli di una data fase di un composto chimico, si misurano angoli diedri tra coppie di facce, che, a parità di temperatura, hanno valori eguali in tutti i cristalli analizzati.

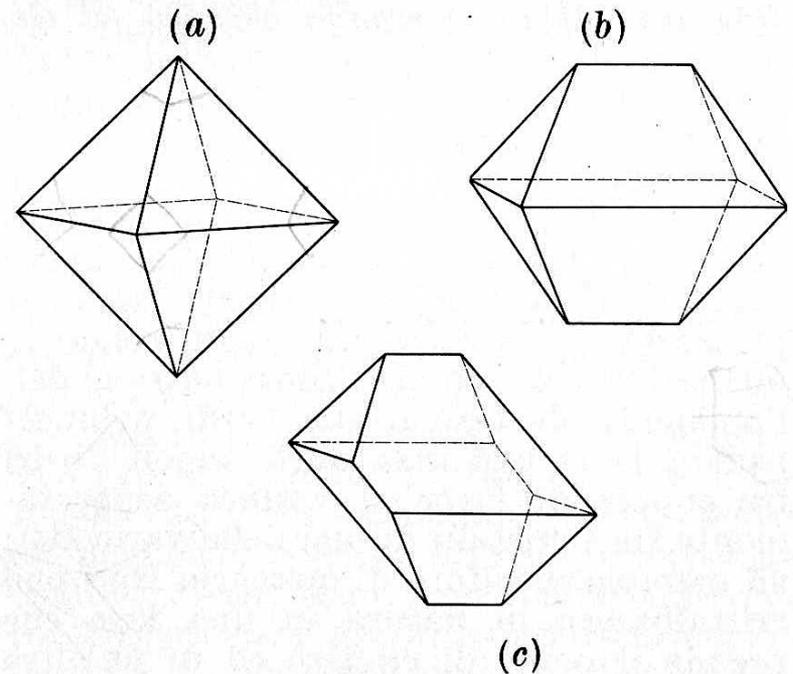


Fig. 8.1 Cristalli ad habitus ottaedrico a sviluppo regolare secondo il modello geometrico (a) e deformati per estensione delle facce e numero degli spigoli (b e c). Permangono comunque costanti gli angoli diedri tra le facce.

# Misura degli angoli diedri

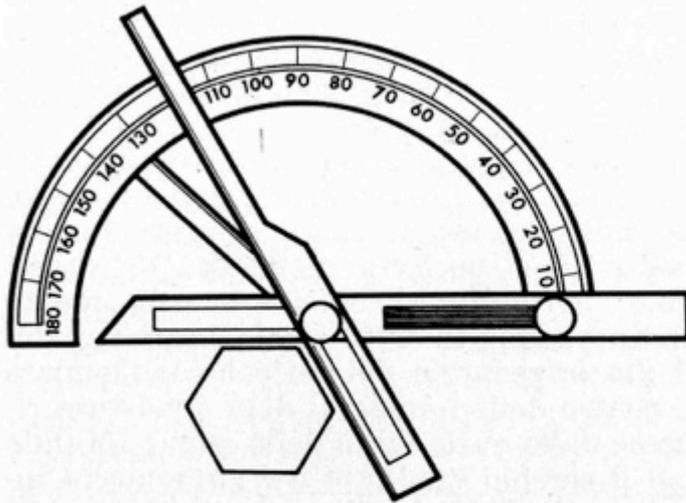


Fig. 9.1

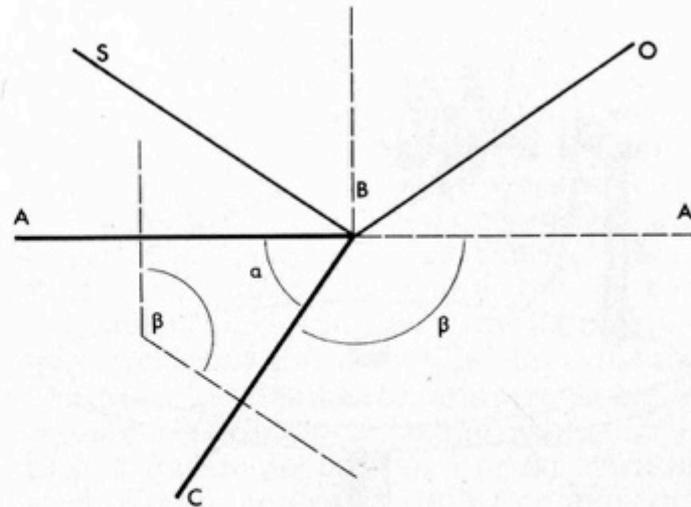
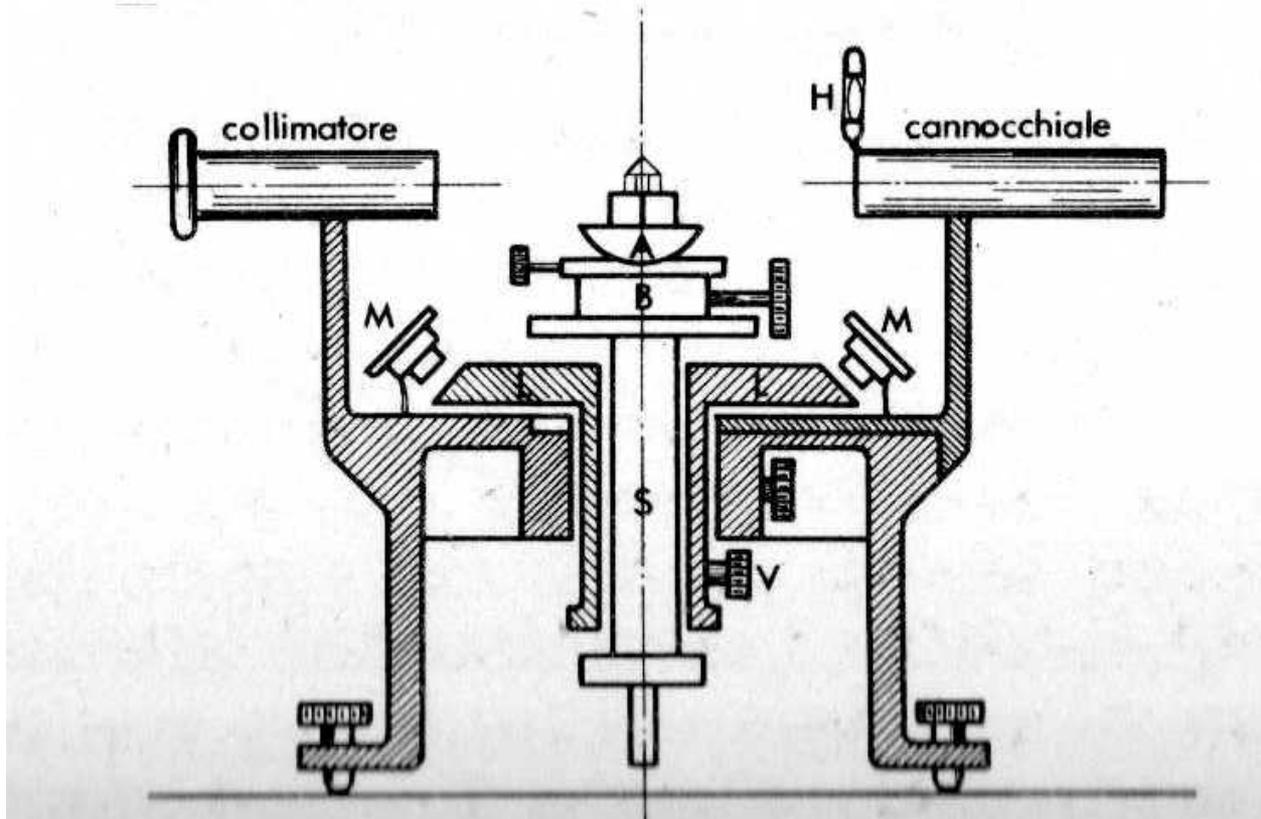


Fig. 9.2

Fig. 9.1 Goniometro ad applicazione o di Carangeot.

Fig. 9.2 Schema del principio su cui si basano i goniometri a riflessione: AB e BC sezioni di due facce del cristallo col piano del disegno,  $\alpha$  angolo diedro tra le facce AB e BC,  $\beta$  angolo tra le normali, SB direzione del raggio di luce incidente, BO direzione del raggio di luce riflesso da una faccia del cristallo.



## Legge di HAUY

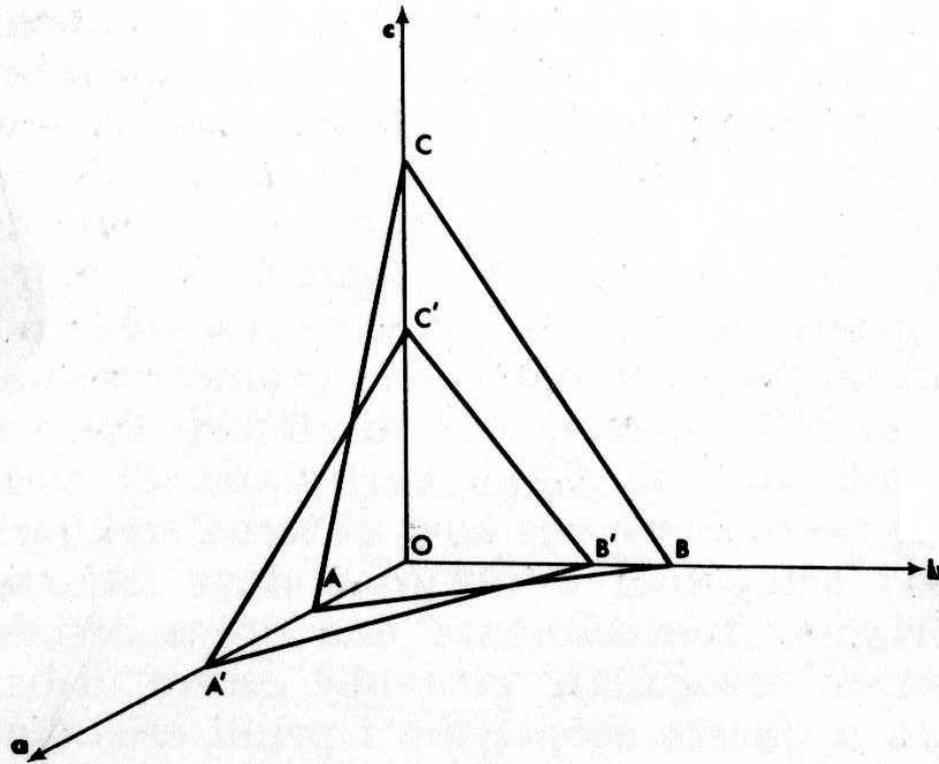


Fig. 10.1 Enunciazione della legge di razionalità degli indici: **a**, **b** e **c** sono gli assi di riferimento, ABC è la faccia del cristallo assunta come fondamentale o parametrica; A'B'C' è una qualsiasi altra faccia dello stesso cristallo.

$$Ax+By+Cz=D$$

$$OA=a, OB=b, OC=c$$

$$a : b : c$$

$$OA'=a', OB'=b', OC'=c'$$

$$a' : b' : c'$$

$$\frac{a}{a'} : \frac{b}{b'} : \frac{c}{c'} = h : k : l$$

**Legge di Haüy o della razionalità degli indici:** il rapporto dei rapporti parametrici è uguale al rapporto di tre numeri interi (indici) primi tra loro e comunque piccoli.

## Legge di HAUY

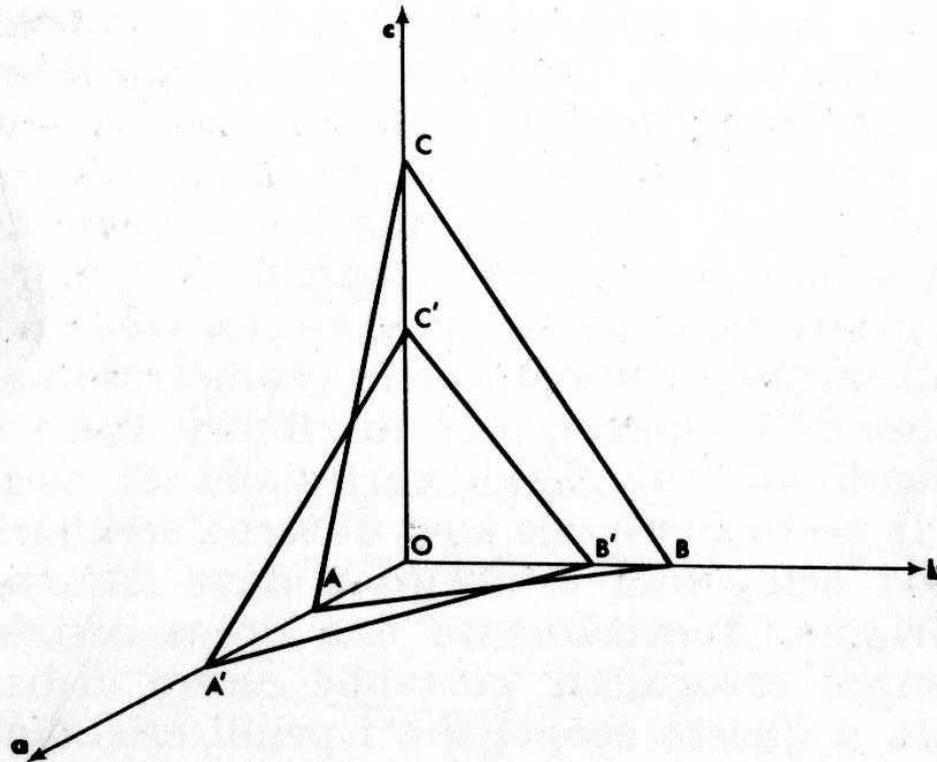


Fig. 10.1 Enunciazione della legge di razionalità degli indici:  $a$ ,  $b$  e  $c$  sono gli assi di riferimento,  $ABC$  è la faccia del cristallo assunta come fondamentale o parametrica;  $A'B'C'$  è una qualsiasi altra faccia dello stesso cristallo.

$$OA=a, OB=b, OC=c$$

$$OA'=a', OB'=b', OC'=c'$$

$$\frac{a}{a'} : \frac{b}{b'} : \frac{c}{c'} = h : k : l$$

$$\text{se } a'=a, b'=b, c'=c$$

$$h=1, k=1, l=1$$

$$(1 \ 1 \ 1) \text{ (faccia parametrica)}$$

Il rapporto parametrico della faccia fondamentale  $a : b : c$  rappresenta le costanti cristallografiche.

$$\text{Olivina: } 0.466 : 1 : 0.586$$

$$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$$

$$b_0 = 10.20 \text{ \AA}$$

rapporti parametrici di una faccia:

$$a' : b' : c' = a/h : b/k : c/l$$

## Legge di HAUY

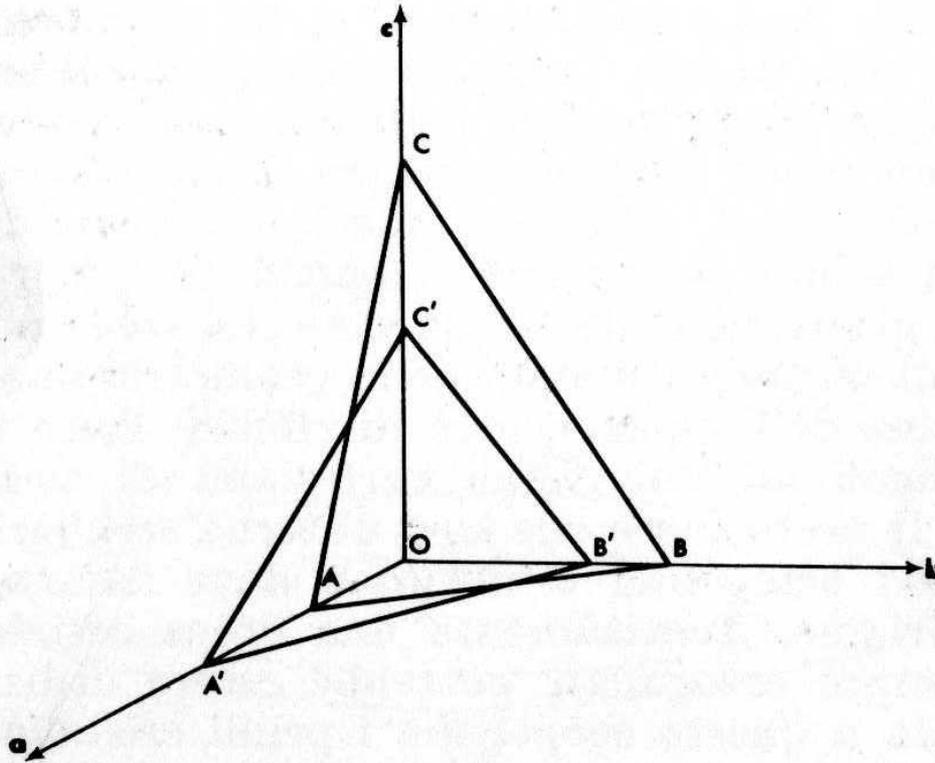


Fig. 10.1 Enunciazione della legge di razionalità degli indici: **a**, **b** e **c** sono gli assi di riferimento, **ABC** è la faccia del cristallo assunta come fondamentale o parametrica; **A'B'C'** è una qualsiasi altra faccia dello stesso cristallo.

Gli indici di una faccia si indicano tra parentesi tonde:  $(1\ 1\ 1)$  indici della faccia parametrica (non parallela a nessun asse, ossia li interseca tutti e tre).

Quando una faccia è parallela ad un asse, il corrispondente indice assume il valore 0 ( $h \equiv x$ ,  $k \equiv y$ ,  $l \equiv z$ ).  $(0\ 1\ 1)$  faccia parallela asse  $x$ .

Quando una faccia è parallela a due assi, i corrispondenti indici assumono il valore 0 ( $h \equiv x$ ,  $k \equiv y$ ,  $l \equiv z$ ).  $(0\ 0\ 1)$  faccia parallela asse  $x$  e  $y$ , ossia interseca solo  $z$ .

## Legge di HAUY

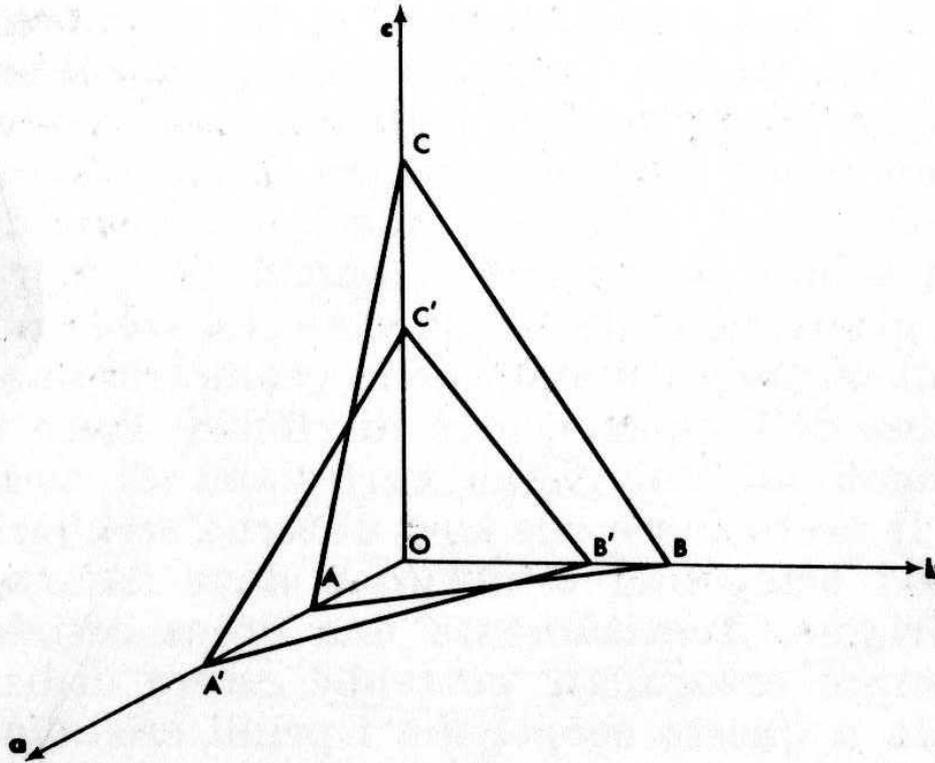


Fig. 10.1 Enunciazione della legge di razionalità degli indici: **a**, **b** e **c** sono gli assi di riferimento, **ABC** è la faccia del cristallo assunta come fondamentale o parametrica; **A'B'C'** è una qualsiasi altra faccia dello stesso cristallo.

Uno spigolo è dato dall'intersezione di due piani e il relativo indice si mette tra parentesi quadre:  $[1\ 0\ 0]$  è lo spigolo dovuto all'intersezione di  $(0\ 1\ 0)$  con  $(0\ 0\ 1)$ .

Quando una faccia è parallela ad un asse, si dice che è in zona con l'asse. Asse di zona è un asse parallelo ad un insieme di facce.

Zona: insieme di facce parallele ad un asse.

Condizione di tautozonalità:  
 $(h\ k\ l)$  indice delle facce  
 $[u\ v\ w]$  indice dell'asse

$$hu + kv + lw = 0$$

# Forme semplici e Habitus

Forma semplice: insieme di tutte le facce fisicamente equivalenti.

Molteplicità: numero di facce equivalenti.

Assumendo come assi di riferimento direzioni // agli assi di simmetria, tutte le facce di una forma semplice hanno gli stessi indici in valore assoluto.

Forme semplici chiuse o aperte

Combinazione di forme semplici

Habitus: forma semplice dominante o unica del cristallo.

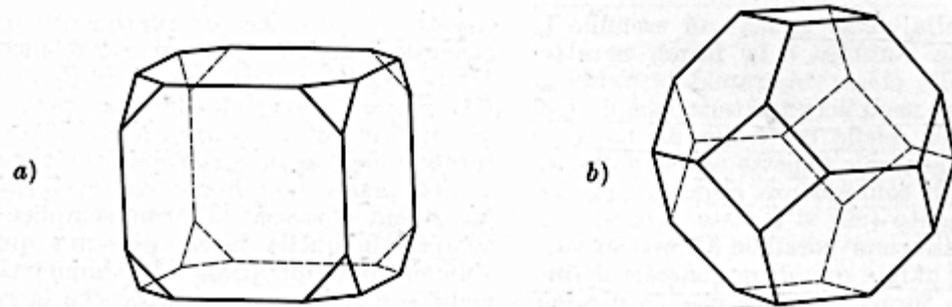


Fig. 17.1 a) combinazione del cubo con l'ottaedro: habitus cubico; b) combinazione del cubo con l'ottaedro: habitus ottaedrico.

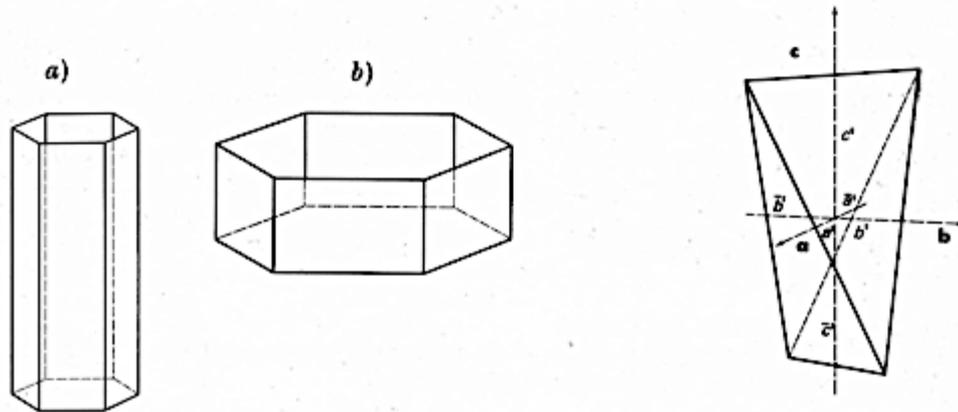


Fig. 17.2 combinazione di un prisma esagonale con due facce basali: a) habitus prismatico; b) habitus tabulare.

Fig. 17.3 Dimostrazione che le quattro facce della forma semplice bisenoide hanno gli stessi indici in valore assoluto (v. testo).

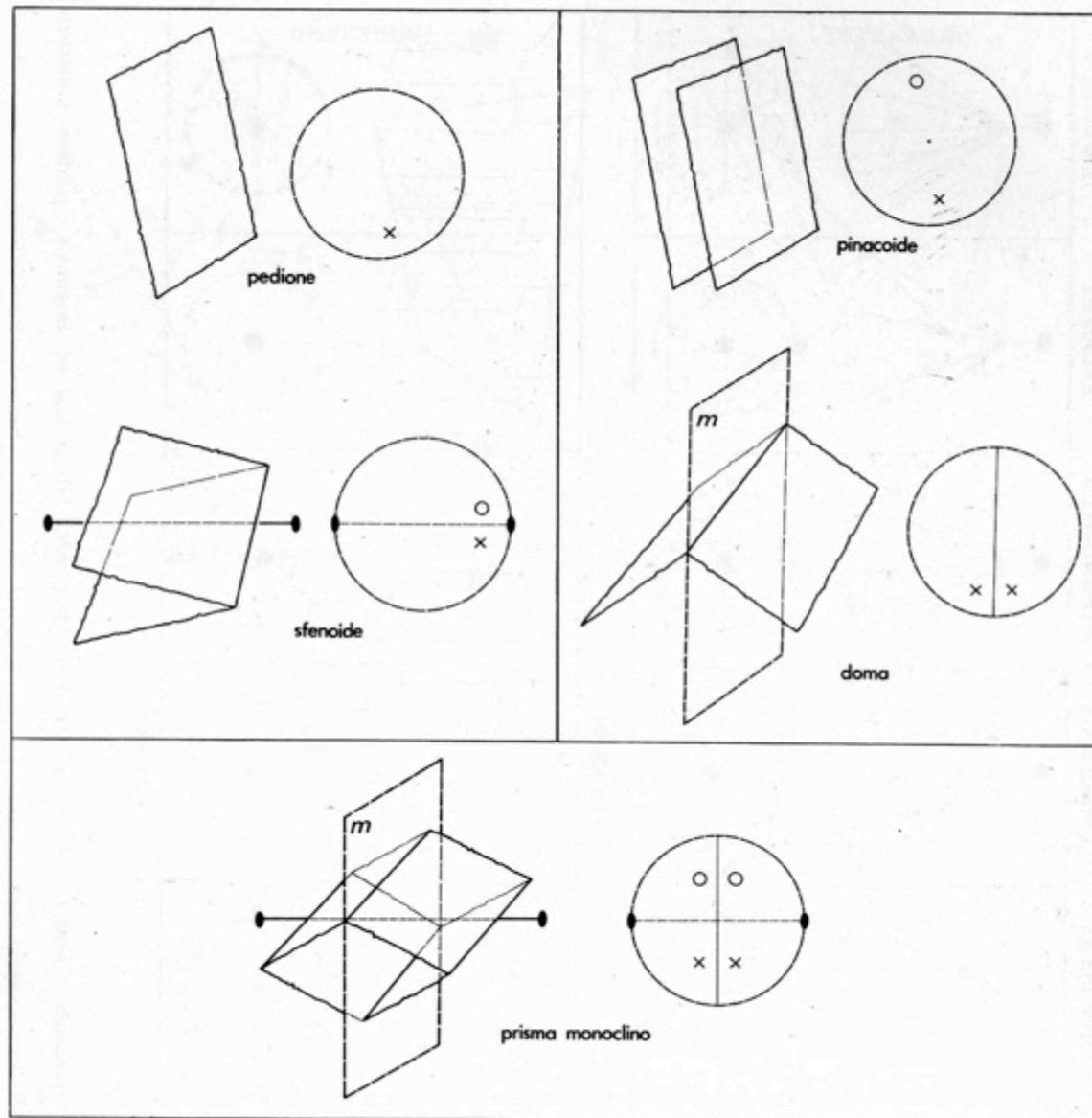


Tavola 18.I Forme semplici generali (aperte) nei sistemi triclinico e monoclinico con relativa proiezione stereografica.

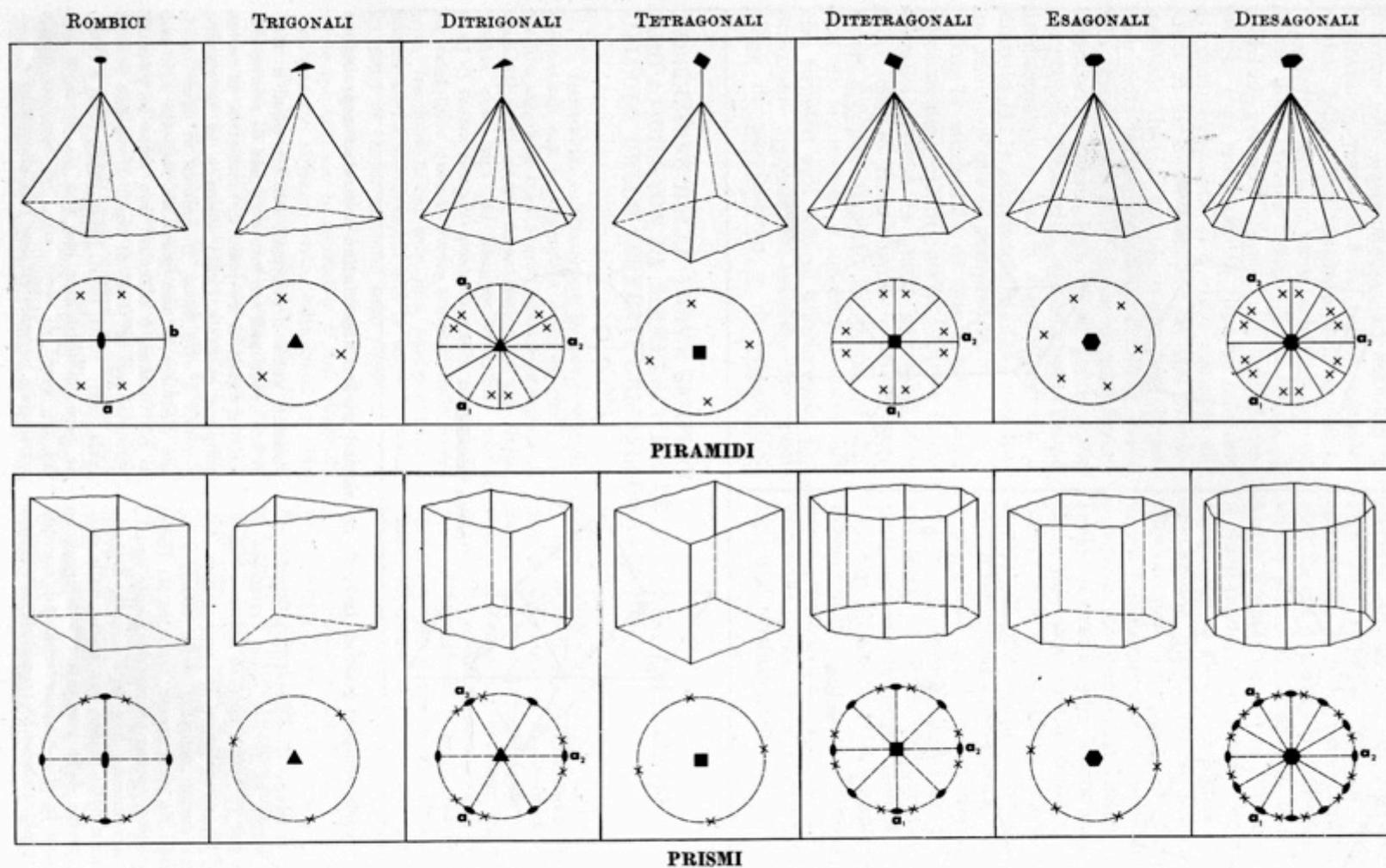


Tavola 18.II Forme semplici aperte (piramidi e prismi) nei sistemi rombico, trigonale, tetragonale ed esagonale e relativa proiezione stereografica.

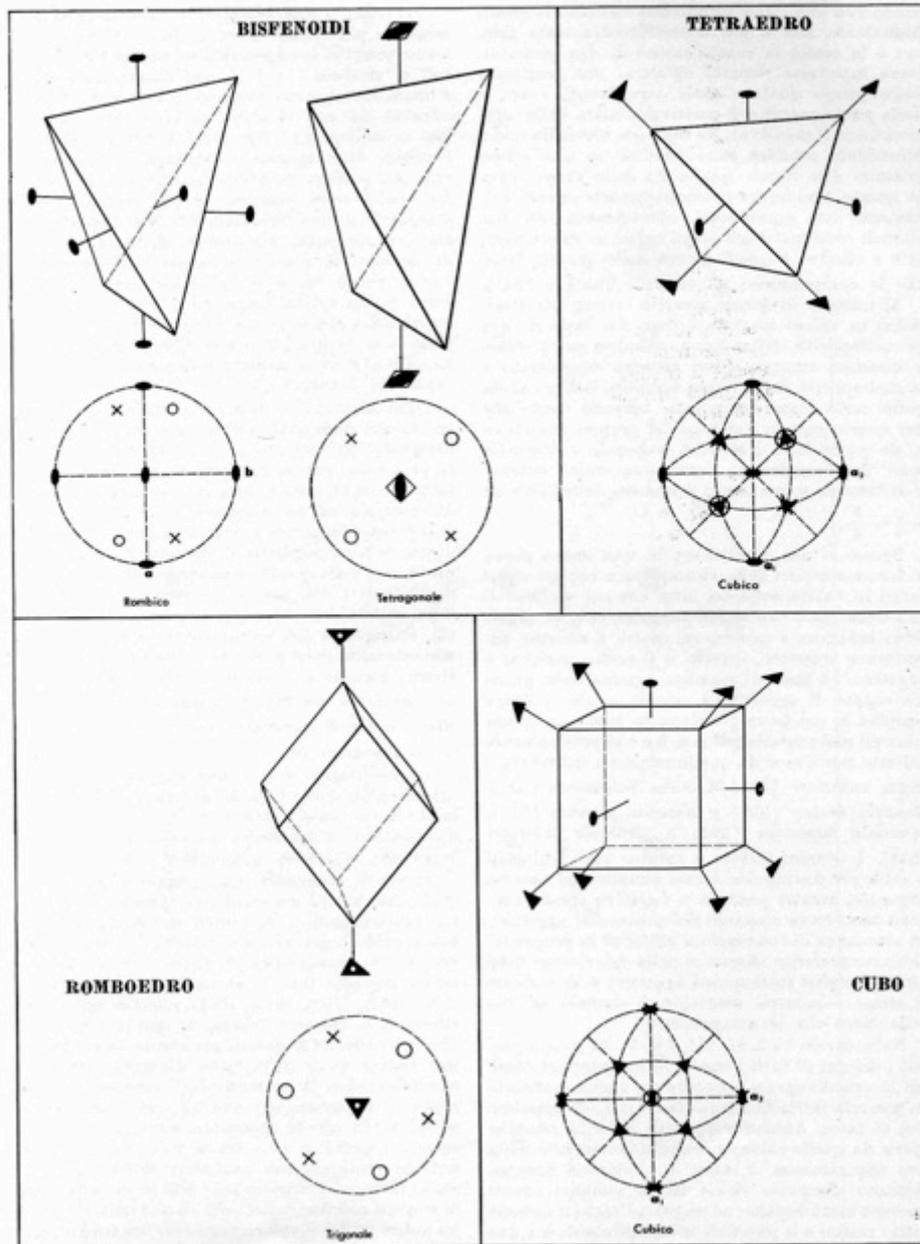


Tavola 18.III Forme semplici chiuse a quattro ed a sei facce e relativa proiezione stereografica.

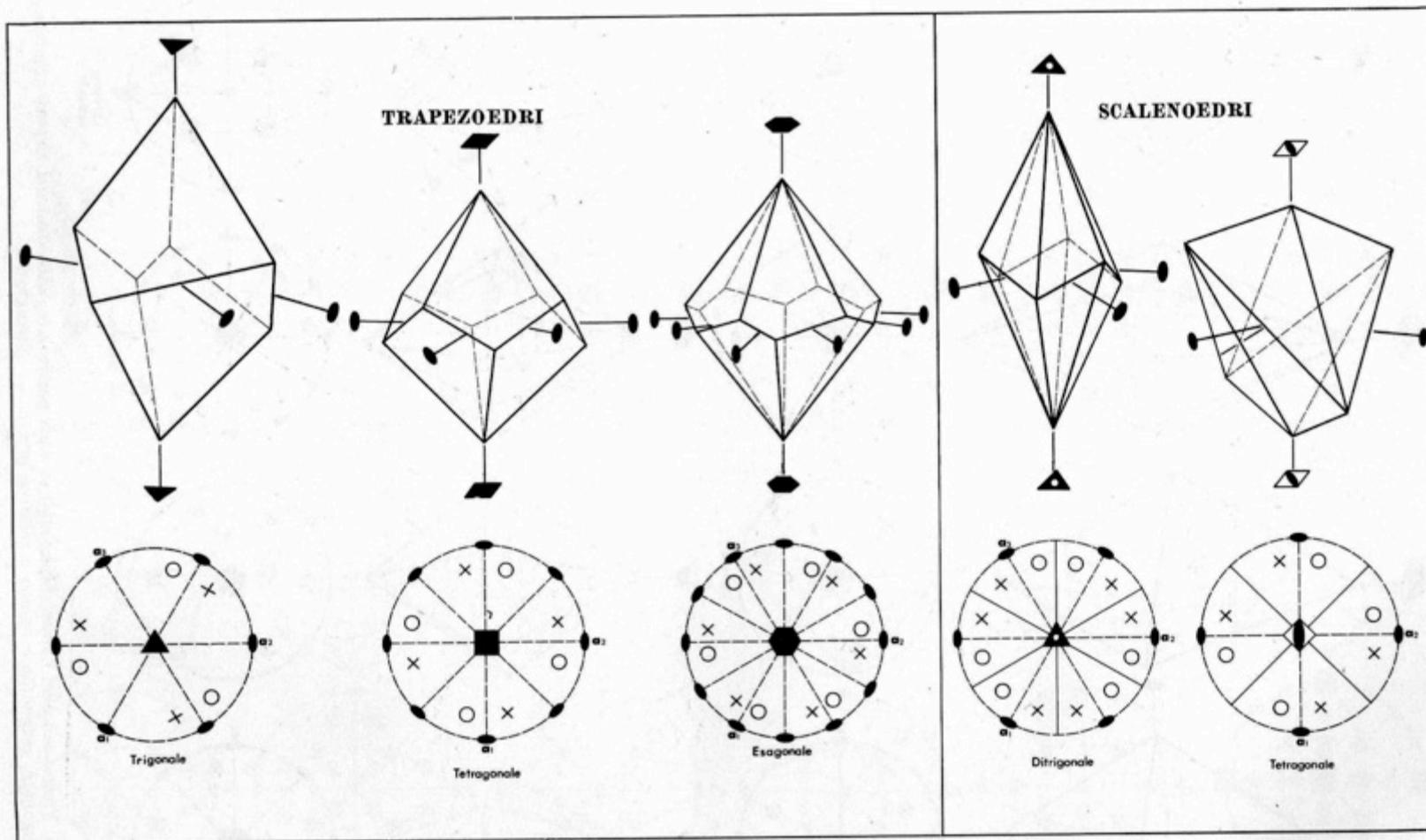


Tavola 18.IV Forme semplici chiuse (trapezoidri e scalenoidri) nei sistemi del gruppo dimetrico e relativa proiezione stereografica.

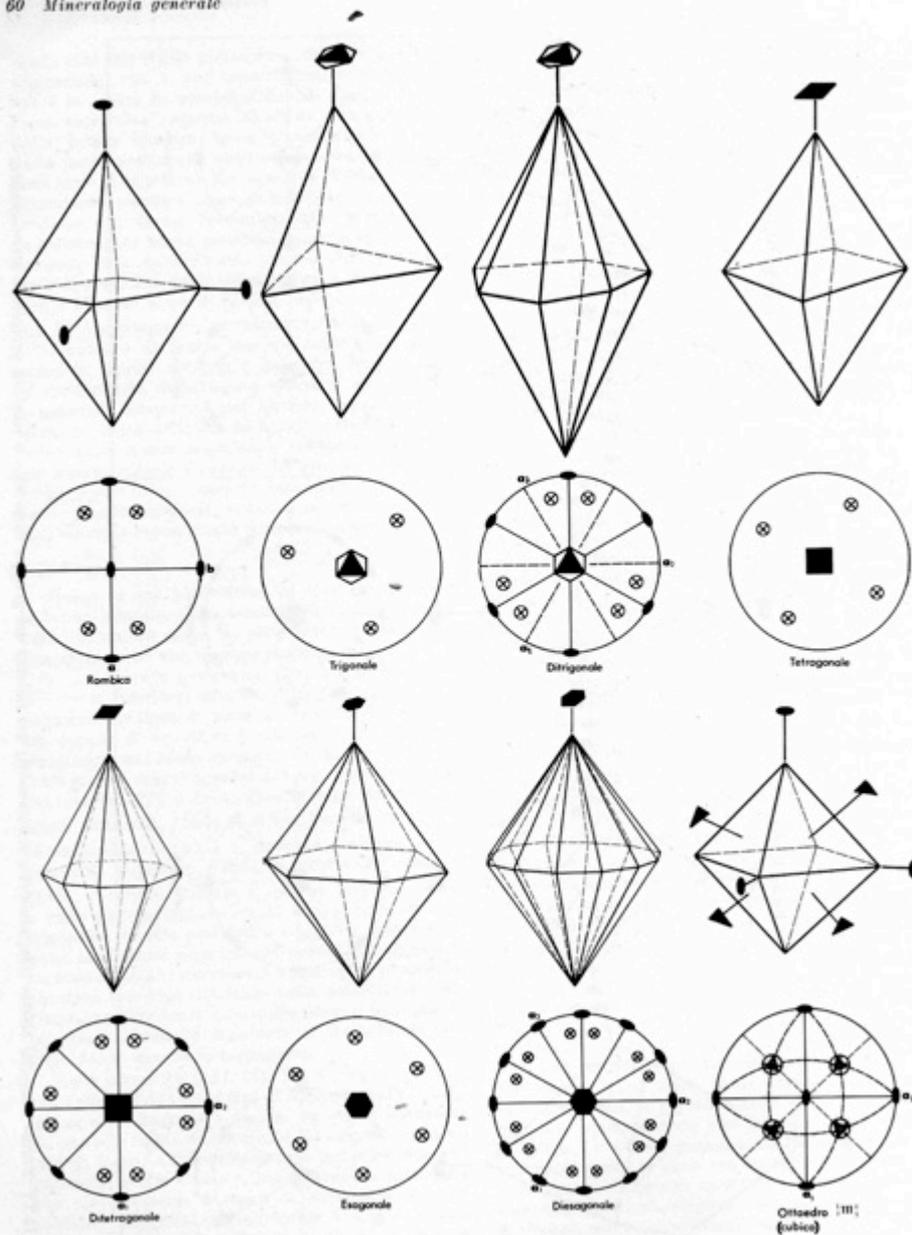


Tavola 18.V Forme semplici chiuse (bipiramidi e, caso particolare, ottaedro) nei sistemi romboico, trigonale, tetragonale, esagonale e cubico e relativa proiezione stereografica.

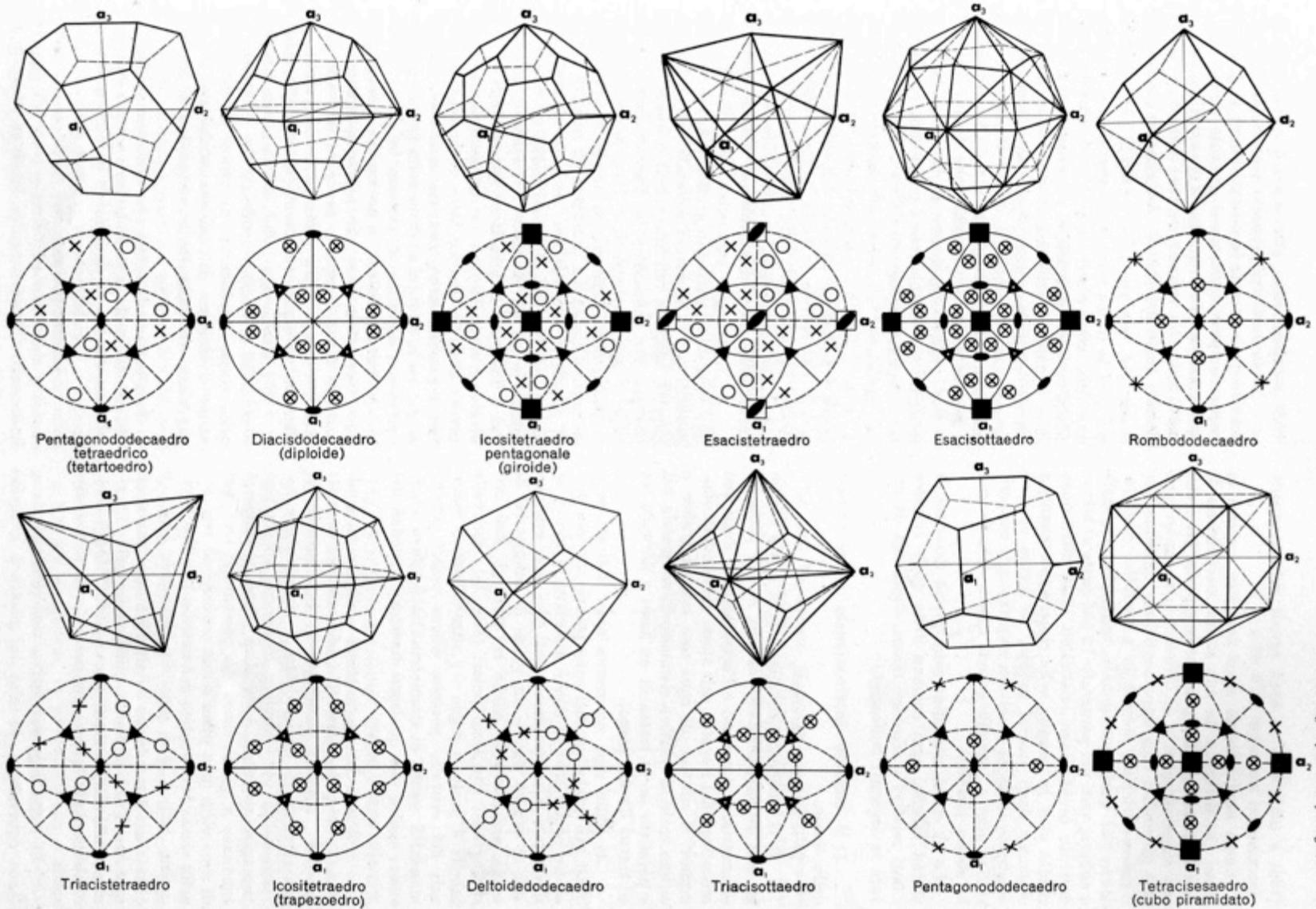
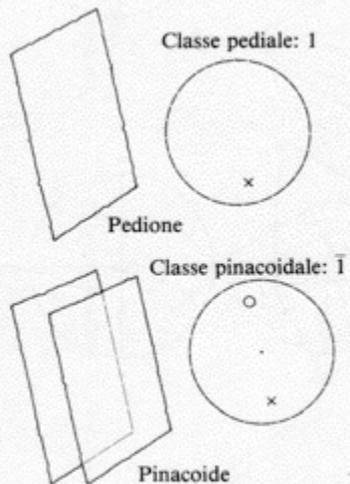


Tavola 18.VI Forme semplici chiuse del sistema cubico e relativa proiezione stereografica (escluse il tetraedro, il cubo e l'ottaedro viste nelle tabelle precedenti).

### SISTEMA TRICLINO

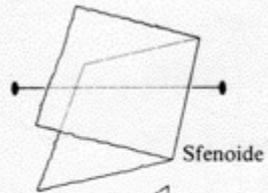


### SISTEMA TRICLINO

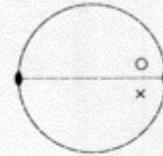
Simbolo internazionale	1	$\bar{1}$
Nome della classe	Pediale	Pinacoidale
Simmetria completa	1	$\bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	a, b, c secondo tre spigoli	a, b, c secondo tre spigoli
Assi non polari	nessuno	tutti
FORME GENERALI ( <i>h, k, l</i> = qualsiasi valore)		
<i>{h k l}</i>	<i>Pedioni</i> (1) (1)	<i>Pinacoidi</i> (2) (1)
Esempi di minerali o sostanze artificiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>— parahilgardite <math>\text{Ca}_2\text{ClB}_3\text{O}_8(\text{OH})_2</math></li> <li>— destro-tartrato acido di stronzio tetraidrato (fig. 23.1)</li> <li>— iposolfito di calcio esaidrato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— calcantite <math>\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— sassolite <math>\text{H}_3\text{BO}_3</math></li> <li>— cianite <math>\text{Al}_2\text{OSiO}_4</math></li> <li>— axinite <math>\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe,Mn})\text{Al}_2\text{BO}(\text{OH})(\text{Si}_2\text{O}_7)_2</math></li> <li>— rodonite <math>\text{Mn}_3\text{Si}_5\text{O}_{15}</math></li> <li>— plagioclasi <math>(\text{Ca,Na})(\text{Si,Al})_3\text{O}_8</math> (fig. 23.2)</li> </ul>

### SISTEMA MONOCLINO

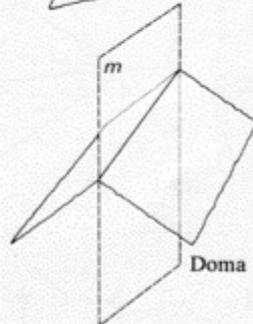
Classe sferoïdica: 2



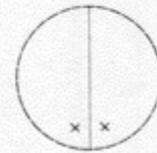
Sferoide



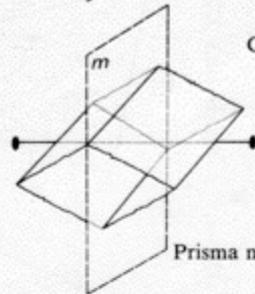
Classe domatica:  $m$



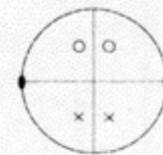
Doma



Classe prismatica:  $2/m$



Prisma monoclino

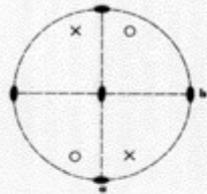
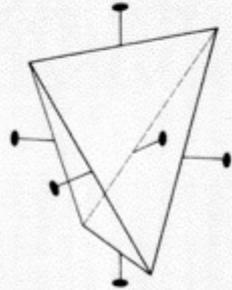


SISTEMA MONOCLINO

Simbolo internazionale	2	<i>m</i>	$\frac{2}{m}$
Nome della classe	Sfenoidica	Domatrica	Prismatica
Simmetria completa	2	<i>m</i>	$\frac{2}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	<b>b</b> <b>a</b> e <b>c</b> secondo spigoli nel piano (010)	<b>b</b>	<b>b</b>
Assi non polari	$\perp 2$	<i>m</i>	tutti
FORME GENERALI ( $k \neq 0$ ; $h \neq l$ se $h$ od $l = 0$ )			
$\{h k l\}$	<i>Sfenoidi</i> (2) (1)	<i>Dom</i> (2) (1)	<i>Prismi</i> (4) (1)
FORME SPECIALI ( $l : k = 0$ ; $\perp 2 : h = l = 0$ )			
$\{h 0 l\}$	<i>Pinacoidi</i> (2)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoidi</i> (2)
$\{010\}$	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— fichtelite $C_{10}H_{14}$ — solfato di litio monoidrato — saccarosio — lattosio — acido tartarico	— hilgardite $Ca_2ClB_3O_8(OH)_2$ — clinoadrite $Ca_2Zn_2(OH)_2Si_2O_7 \cdot H_2O$ — scolecite $CaAl_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$ — nitrito di potassio — tetratoato di potassio	— realgar $As_4 S_4$ — orpimento $As_2S_3$ — borace $Na_2B_4O_7(OH)_4 \cdot 8H_2O$ — malachite $Cu_2(OH)_2CO_3$ — azzurrite $Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$ — gesso $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (fig. 24.1) — monazite (Ce, La, Y, Th) $PO_4$ — epidoto $Ca_2FeAl_2O(OH)Si_2O_7Si_2O_7$ — titanite $CaTiOSiO_4$ — diopside $CaMgSi_2O_6$ (fig. 24.2) — tremolite $Ca_2Mg_5(OH)_2(Si_4O_{11})_2$ — sanidino $KAlSi_3O_8$ (fig. 24.3)

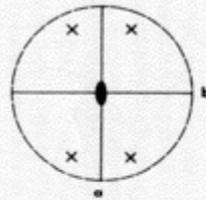
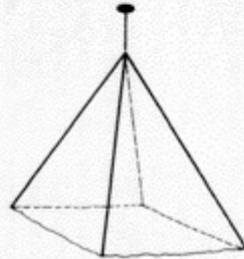
**SISTEMA ROMBICO**

Classe: Bisfenoidica: 222



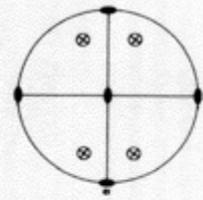
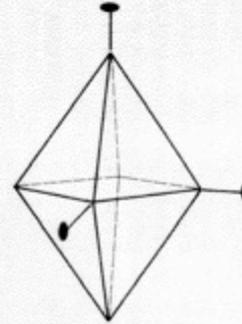
Bisfenoide

Piramidale:  $mm\ 2$



Piramide

Bipiramidale:  $mmm$



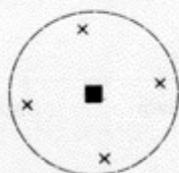
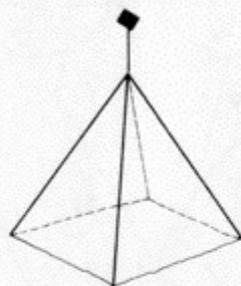
Bipiramide

SISTEMA ROMBICO

Simbolo internaz.	222	<i>mm2</i>	<i>mmm</i>
Nome della classe	Bisfenoidica	Piramidale	Bipiramidale
Simmetria completa	2 2 2	<i>m m 2</i>	$\frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	<b>a, b, c</b>	<b>a, b, c</b>	<b>a, b, c</b>
Assi non polari	$\perp 2$	$\perp 2$	tutti
FORME GENERALI ( <i>h, k, l</i> ≠ 0)			
{ <i>h k l</i> }	<i>Bisfenoidi</i> <i>rombici</i> (4) (II)	<i>Piramidi</i> <i>rombiche</i> (4) (II)	<i>Bipiramide</i> <i>rombica</i> (8) (II)
FORME SPECIALI ( $\{ \parallel 2 : h \text{ o } k \text{ od } l = 0 ; \perp 2 : k = l = 0 \text{ od } h = l = 0 \text{ od } h = k = 0 \}$ )			
{ <i>0 k l</i> }	<i>Prisma</i> (4) (VI)	<i>Prisma</i> (4)	<i>Prisma</i> (4)
{ <i>h 0 l</i> }	id.	id.	id.
{ <i>h k 0</i> }	id.	<i>Domi</i> (2)	id.
{100}	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)
{010}	id.	id.	id.
{001}	id.	<i>Pedioni</i> (1)	id.
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>— epsomite <math>\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}</math> (fig. 25.1)</li> <li>— calcomenite <math>\text{CuSeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— austinite <math>\text{CaZn}(\text{AsO}_4)(\text{OH})</math></li> <li>— eurocite <math>\text{Cu}_2\text{AsO}_4(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— tartrato acido di potassio</li> <li>— tartrato sodico potassico tetraidrato e molte altre sostanze dotate di potere rotatorio in soluzione e allo stato solido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— pirssonite <math>\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— struvite <math>\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— calamina <math>\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}</math> (fig. 25.2)</li> <li>— natrolite <math>\text{NaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>— prehnite <math>\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}</math></li> <li>— resorcina</li> <li>— trinitrofenolo</li> <li>— trifenilmetano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— zolfo <math>\text{S}_8</math></li> <li>— marcasite <math>\text{FeS}_2</math></li> <li>— antimonite <math>\text{Sb}_2\text{S}_3</math></li> <li>— brookite <math>\text{TiO}_2</math></li> <li>— baritina <math>\text{BaSO}_4</math></li> <li>— celestina <math>\text{SrSO}_4</math></li> <li>— anglesite <math>\text{PbSO}_4</math></li> <li>— aragonite <math>\text{CaCO}_3</math> (fig. 25.3)</li> <li>— stronzianite <math>\text{SrCO}_3</math></li> <li>— witherite <math>\text{BaCO}_3</math></li> <li>— cerussite <math>\text{PbCO}_3</math></li> <li>— olivina <math>(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4</math></li> <li>— topazio <math>\text{Al}_2\text{F}_2\text{SiO}_4</math></li> <li>— pirosseni e anfiboli rombici</li> <li>— clorato di potassio</li> <li>— cloruro di piombo</li> <li>— cloruro mercurico</li> <li>— acido ossalico</li> <li>— acido acetico</li> </ul>

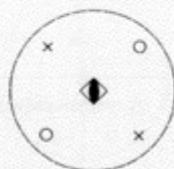
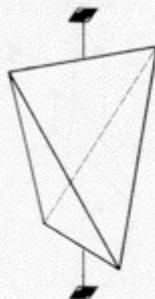
SISTEMA TETRAGONALE

Classe: Piramidale: 4



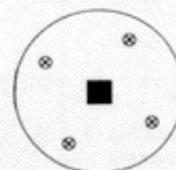
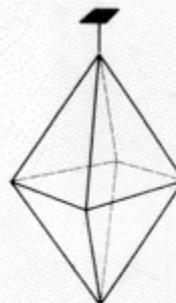
Piramide

Bisfenoidica: 4



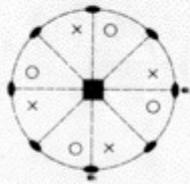
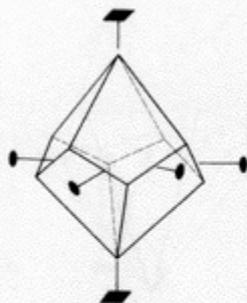
Bisfenoide

Bipiramidale: 4/m



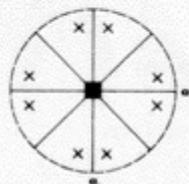
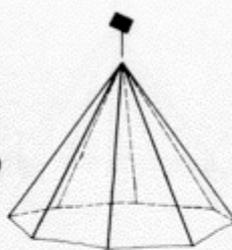
Bipiramide

Trapezoedrica: 422



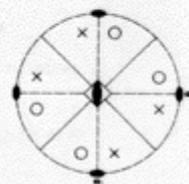
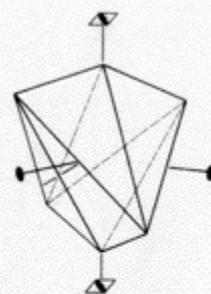
Trapezoedro

Piramidale ditetragonale: 4mm



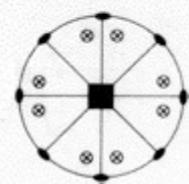
Piramide ditetragonale

Scalenoedrica: 42m



Scalenoedro

Bipiramidale ditetragonale: 4/mmm



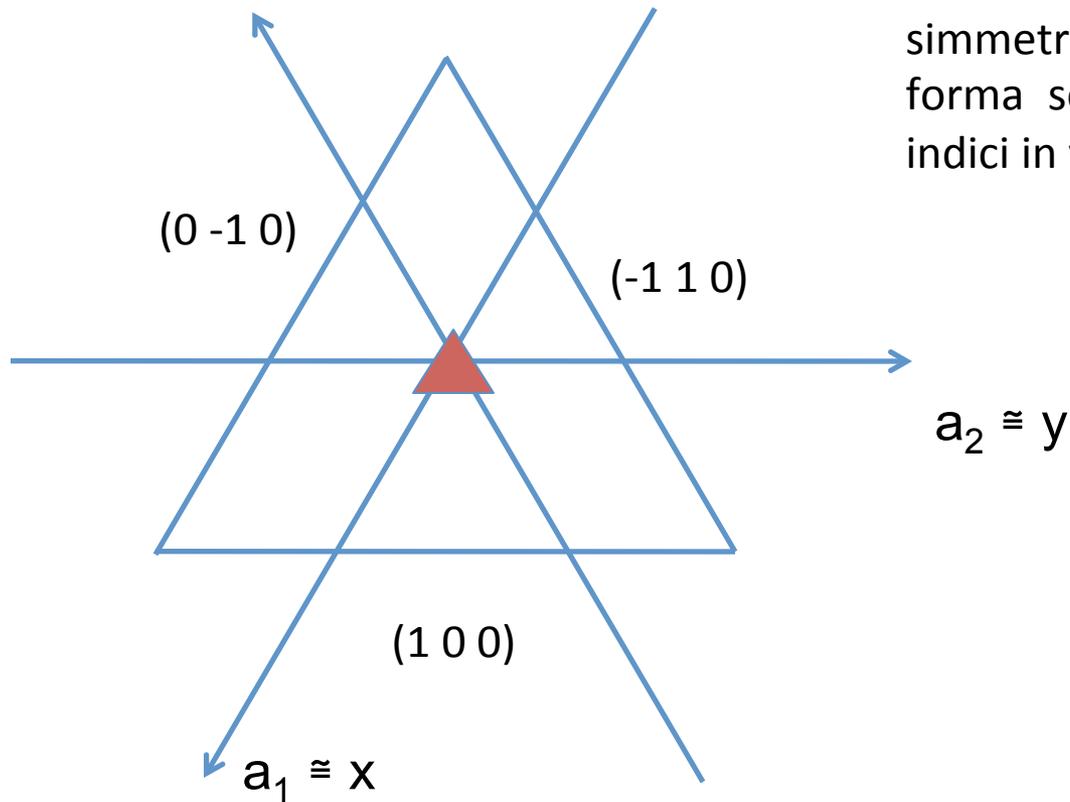
Bipiramide ditetragonale

SISTEMA TETRAGONALE (Classi 4)

Simbolo internazionale	4	$\bar{4}$	$\frac{4}{m}$
Nome della classe	Piramidale	Bisfenoidica	Bipiramidale
Simmetria completa	4	$\bar{4}$	$\frac{(4,4)}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	c a <sub>1</sub> ed a <sub>2</sub> secondo spigoli ortogonali nel piano (001)	c	c
Assi non polari	$\perp 4$	$\bar{4}, \perp \bar{4}$	tutti
FORME GENERALI ( $l \neq 0; h \neq k$ se $k = 0$ )			
$\{h k l\}$	<i>Piramidi</i> (4) (III) <i>tetragonali</i>	<i>Bisfenoidi</i> (4) (III) <i>tetragonali</i>	<i>Bipiramidi</i> (8) (III) <i>tetragonali</i>
FORME SPECIALI ( $l = 0; \perp 4 : h = k = 0$ )			
$\{h k 0\}$	<i>Prismi tetragonali</i> (4)(VI)	<i>Prismi tetragonali</i> (4)	<i>Prismi tetragonali</i> (4)
$\{001\}$ (basale)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— nessun miner. o composto inorganico noti — tartrato di antimonile e bario monoidrato — metaldeide	— cahnite Ca <sub>2</sub> B(OH) <sub>4</sub> AsO <sub>4</sub> — pentaeritrite	— scheelite CaWO <sub>4</sub> (fig. 26.1) — stolzite PbWO <sub>4</sub> — powellite CaMoO <sub>4</sub> — wulfenite PbMoO <sub>4</sub> — minerali del gruppo della scapolite — periodato di sodio — periodato di potassio — <i>p</i> -bromofenolo

SISTEMA TETRAGONALE (Classi 422)

Simbolo internazionale	4 22	4 mm	$\bar{4} 2 m$	$\frac{4}{m} mm$
Nome della classe	Trapezoedrica	Piramidale ditetragonale	Scalenoedrica	Bipiramidale ditetragonale
Simmetria completa	4 2 2 2 2	4 m m m m	$\bar{4} 2 m 2 m$	$\frac{(4,4)}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	c a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	c a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	c a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	c a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>
Assi non polari	$\perp 4, \perp 2$	$\perp 4$	$\perp 2, \perp \bar{4}$	tutti
FORME GENERALI ( $h \neq k; h, k, l \neq 0$ )				
{h k l}	<i>Trapezoedri tetragonali</i> (8) (III)	<i>Piramidi ditetragonali</i> (8) (III)	<i>Scalenoedri tetragonali</i> (8) (III)	<i>Bipiramide ditetragonale</i> (16) (III)
FORME SPECIALI ( $\perp 2 : k = 0$ od $h = k; \perp 4 : l = 0; \perp 4 : h = k = 0$ )				
{h 0 l}	<i>Bipiramide tetragonale</i> (8)	<i>Piramidi tetragonali</i> (4)	<i>Bipiramide tetragonale</i> (8)	<i>Bipiramide tetragonale</i> (8)
{h h l}	id.	id.	<i>Bisfenoidi tetragonali</i> (4)	id.
{h k 0}	<i>Prisma ditetragonale</i> (8) (VI)	<i>Prisma ditetragonale</i> (8) (VI)	<i>Prisma ditetragonale</i> (8)	<i>Prisma ditetragonale</i> (8)
{100}	<i>Prisma tetragonale</i> (4)	<i>Prisma tetragonale</i> (4)	<i>Prisma tetragonale</i> (4)	<i>Prisma tetragonale</i> (4)
{110}	id.	id.	id.	id.
{001} (basale)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— mellite Al <sub>2</sub> C <sub>12</sub> O <sub>12</sub> ·18H <sub>2</sub> O — solfato di nichel esaidrato — solfato di stricnina esaidrato	— diaboite Pb <sub>2</sub> Cu(OH) <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> — fluoruro d'argento monoidrato (fig. 26.2)	— calcopirite FeCuS <sub>2</sub> (fig. 26.3) — fosfato acido di potassio — urea	— rutilo e anatasio TiO <sub>2</sub> — cassiterite SnO <sub>2</sub> (fig. 26.4) — vesuviana Ca <sub>10</sub> (Mg,Fe) <sub>5</sub> Al <sub>4</sub> (O,OH) <sub>10</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>10</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>4</sub> — zircono ZrSiO <sub>4</sub> — cloruro mercurioso



Assumendo come assi di riferimento direzioni // agli assi di simmetria, tutte le facce di una forma semplice hanno gli stessi indici in valore assoluto.

$$(AO \cdot CO \cdot \sin 60) / 2 + (CO \cdot BO \cdot \sin 60) / 2 = (AO \cdot BO \cdot \sin 120) / 2$$

Semplificando e dividendo per  $(AO \cdot BO \cdot CO)$

$$1/(BO) + 1/(AO) = 1/(CO)$$

e moltiplicando tutto per  $a$

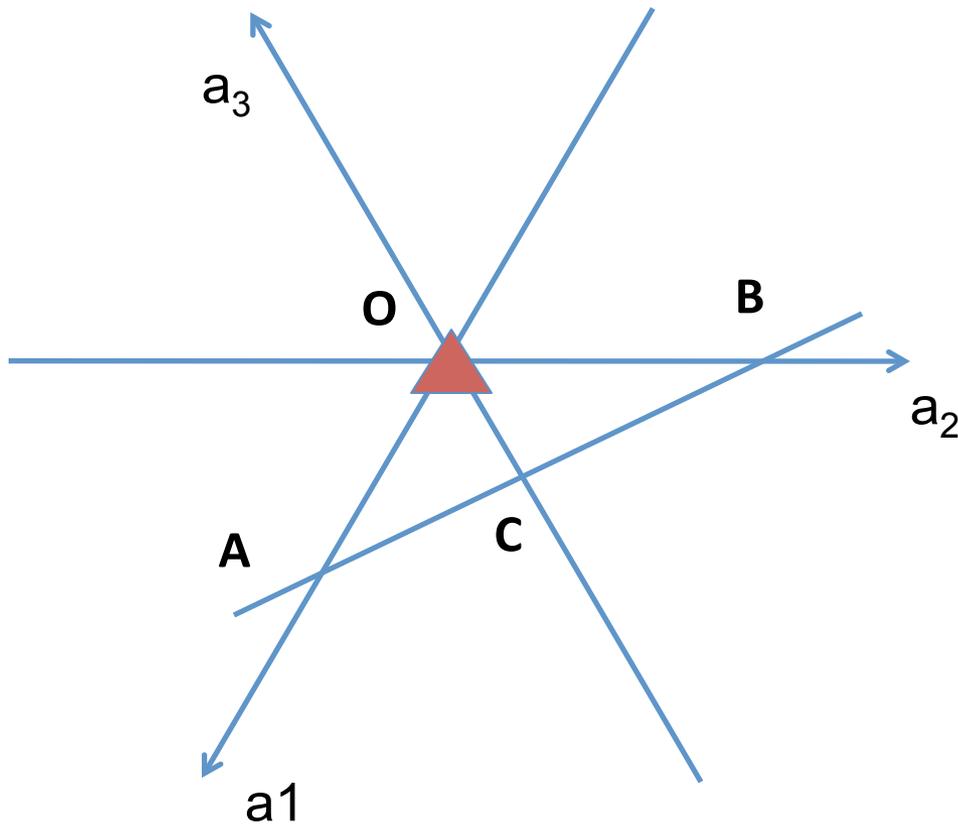
$$a/(AO) + a/(BO) = a/(CO)$$

$$a/(AO) = h ; a/(BO) = k ; a/(CO) = -i$$

$$h + k = -i$$

$$o \quad h + k + i = 0$$

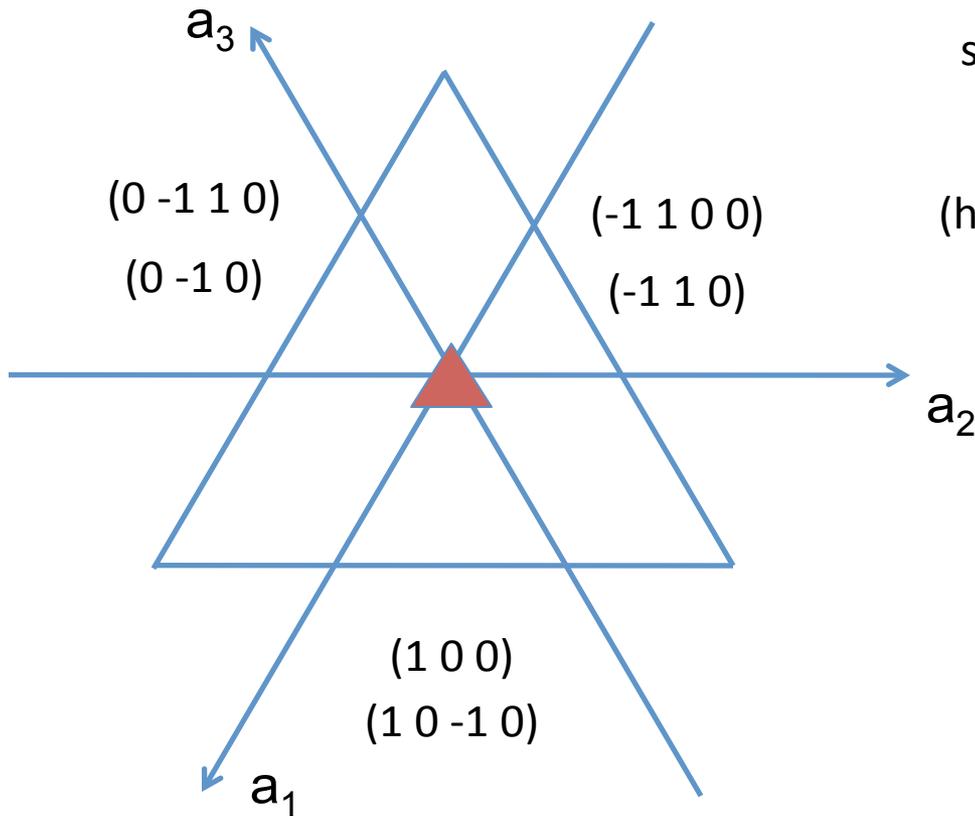
$$(h \quad k \quad -i \quad |)$$



$$(h\ k\ l) \rightarrow (h\ k\ -l)$$

Gli indici possono essere scambiati tra loro  $h \rightarrow k \rightarrow i$

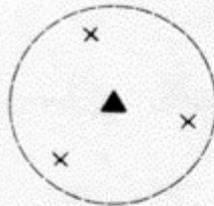
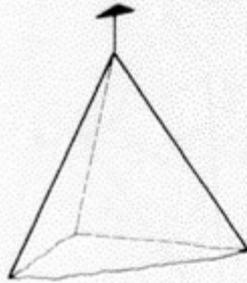
$$(h\ k\ -l) \rightarrow (-i\ h\ k\ l) \rightarrow (k\ -i\ h\ l)$$



## SISTEMA TRIGONALE

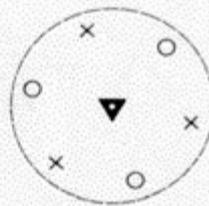
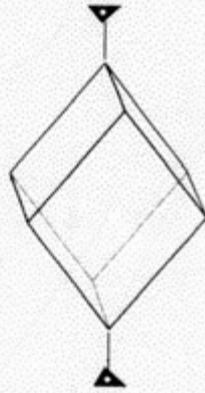
Classe:

Piramidale: 3



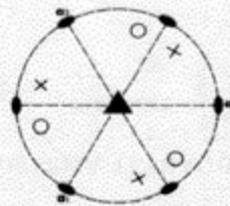
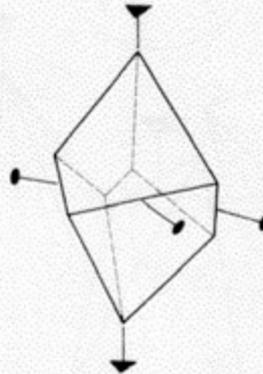
Piramide

Romboedrica:  $\bar{3}$



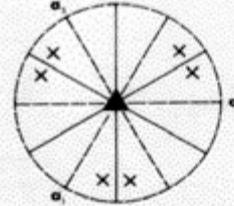
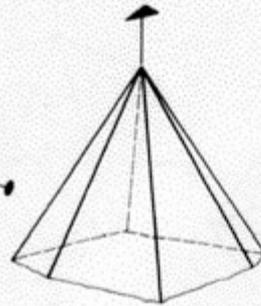
Romboedro

Trapezoedrica: 32



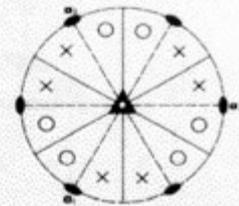
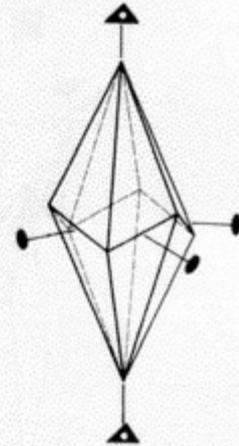
Trapezoedro

Piramidale  
ditrigonale:  $3m$



Piramide ditrigonale

Scalenoedrica  
ditrigonale:  $\bar{3}m$



Scalenoedro

SISTEMA TRIGONALE (Classi 3)

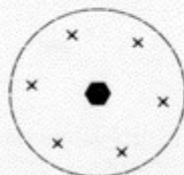
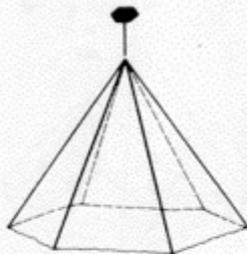
Simbolo internazionale	3	$\bar{3}$
Nome della classe	Piramidale	Romboedrica
Simmetria completa	3	$(3, \bar{3}) \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	c a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub> , ed a <sub>3</sub> secondo spigoli a 120° nel piano (0001)	c
Assi non polari	nessuno	tutti
FORME GENERALI ( $l \neq 0, h \neq k$ se $k = 0$ )		
$\{h k \bar{l}\}$	<i>Piramidi trigonali</i> (3) (II)	<i>Romboedri</i> (6) (II)
FORME SPECIALI ( $\parallel 3 : l = 0; \perp 3 : h = k = \bar{l} = 0$ )		
$\{h k \bar{l}0\}$ {0001} (basale)	<i>Prismi trigonali</i> (3) (VI) <i>Pedioni</i> (1)	<i>Prismi esagonali</i> (6) (VI) <i>Pinacoidi</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>— gratonite Pb<sub>9</sub>As<sub>4</sub>S<sub>15</sub></li> <li>— periodato sodico triidrato</li> <li>— solfito di magnesio esaidrato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— ilmenite FeTiO<sub>3</sub></li> <li>— dolomite CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (fig. 28.1)</li> <li>— willemite Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub></li> <li>— fenacite Be<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub></li> <li>— solfito sodico</li> <li>— molibdato di litio</li> <li>— wolframato di litio</li> </ul>

SISTEMA TRIGONALE (Classi 32)

Simbolo internaz.	32	$3m$	$\bar{3}m$
Nome della classe	Trapezoedrica	Piramidale ditrig.	Scalenoedrica ditrigonale
Simmetria completa	$3 \quad 2 \quad 2 \quad 2$	$3 \quad m \quad m \quad m$	$(3, \bar{3}) \quad \frac{2}{m} \quad \frac{2}{m} \quad \frac{2}{m} \quad \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	$c \quad a_1 \quad a_2 \quad a_3$	$c \quad a_1 \quad a_2 \quad a_3$	$c \quad a_1 \quad a_2 \quad a_3$
Assi non polari	$\perp 2$	$\perp m$	tutti
FORME GENERALI ( $h \neq k; \quad h, k, l \neq 0$ )			
$\{h \ k \ \bar{l}\}$	<i>Trapezoidri trigonali</i> (6) (II)	<i>Piramidi ditrigonali</i> (6)(II)	<i>Scalenoedri ditrigonali</i> (12) (II)
FORME SPECIALI ( $\perp$ al piano definito dall'asse 3 e da un asse 2 : $h = k;$ $\perp 2 : k = 0; \quad \perp 3 : l = 0; \quad \perp 3 : h = k = \bar{l} = 0$ )			
$\{h \ h \ \bar{2}h \ l\}$	<i>Bipiramidi trigonali</i> (6)(IV)	<i>Piramidi esagonali</i> (6)(IV)	<i>Bipiramide esagonale</i> (12) (IV)
$\{h \ 0 \ \bar{h} \ l\}$	<i>Romboedri</i> (6)	<i>Piramidi trigonali</i> (3)	<i>Romboedri</i> (6)
$\{h \ k \ \bar{l} \ 0\}$	<i>Prismi ditrigonali</i> (6)(VI)	<i>Prismi ditrigonali</i> (6)(VI)	<i>Prisma diesagonale</i> (12) (VI)
$\{11\bar{2}0\}$	<i>Prismi trigonali</i> (3)	<i>Prisma esagonale</i> (6)	<i>Prisma esagonale</i> (6)
$\{10\bar{1}0\}$	<i>Prisma esagonale</i> (6)	<i>Prismi trigonali</i> (3)	id.
$\{0001\}$ (basale)	<i>Pinacoidi</i> (2)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoidi</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— quarzo $\alpha\text{SiO}_2$ (fig. 28.2) — cinabro HgS — selenio — tellurio — canfora — guaiacolo	— pirargirite $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ — proustite $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ — tormalina (fig. 28.3) — bromato di potassio — solfato di magnesio triidrato	— corindone $\text{Al}_2\text{O}_3$ — ematite $\text{Fe}_2\text{O}_3$ — calcite $\text{CaCO}_3$ — siderite $\text{FeCO}_3$ — magnesite $\text{MgCO}_3$ — smithsonite $\text{ZnCO}_3$ — rodocrosite $\text{MnCO}_3$ — brucite $\text{Mg(OH)}_2$ — arsenico, antimonio, bismuto nativi — nitrato di sodio — cloruro di calcio esaidrato

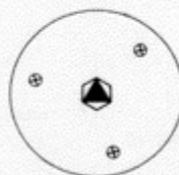
SISTEMA ESAGONALE

Classe: Piramidale: 6



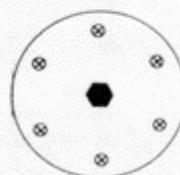
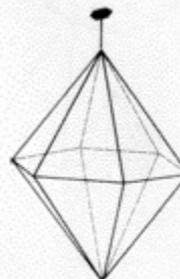
Piramide

Bipiramidale trigonale:  $\bar{6}$



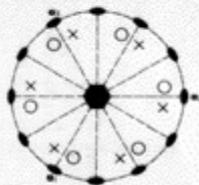
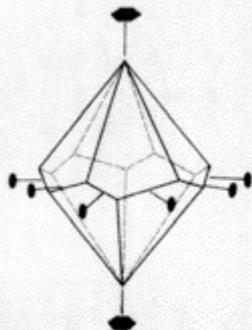
Bipiramide trigonale

Bipiramidale:  $6/m$



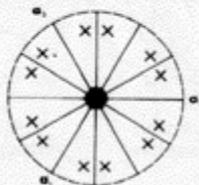
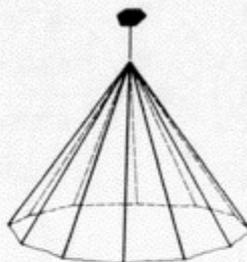
Bipiramide

Trapezoedrica: 622



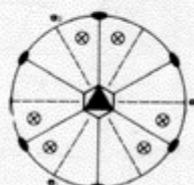
Trapezoedro

Piramidale diesagonale:  $6mm$



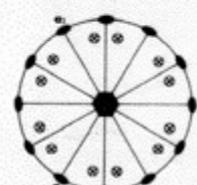
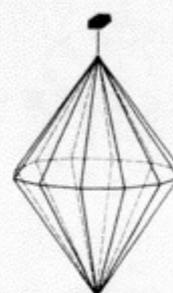
Piramide diesagonale

Bipiramidale ditragonale:  $\bar{6}m2$



Bipiramide ditragonale

Bipiramidale diesagonale:  $6/mmm$



Bipiramide diesagonale

SISTEMA ESAGONALE (Classi 6)

Simbolo internaz.	6	$\bar{6}$	$\frac{6}{m}$
Nome della classe	Piramidale esagonale	Bipiramidale «trigonale»	Bipiramidale esagonale
Simmetria completa	6	$\bar{6} = \frac{3}{m}$	$\frac{(6, \bar{6}, 3)}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	c a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub> ed a <sub>3</sub> secondo spigoli a 120° nel piano (0001)	c	c
Assi non polari	⊥ 6	$\bar{6}$	tutti
FORME GENERALI ( $l \neq 0$ ; $h \neq k$ se $k = 0$ )			
$\{h k \bar{l}\}$	<i>Piramidi esagonali</i> (6)(IV)	<i>Bipiramidi trigonali</i> (6)(IV)	<i>Bipiramidi esagonali</i> (12) (IV)
FORME SPECIALI ( $l = 0$ ; $\perp 6 : h = k = \bar{l} = 0$ )			
$\{h k \bar{l} 0\}$	<i>Prismi esagonali</i> (6)	<i>Prismi trigonali</i> (3)	<i>Prismi esagonali</i> (6)
{0001} (basale)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoide</i> (2)	<i>Pinacoide</i> (2)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— nefelina KNa <sub>3</sub> (AlSiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub>  — solfato di litio e potassio — iodoformio — tartrato di antimonio e piombo	— nessuna sostanza nota con sicurezza	— apatite Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> — piromorfite Pb <sub>3</sub> Cl(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> — mimetite Pb <sub>3</sub> Cl(AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> — vanadinite Pb <sub>3</sub> Cl(VO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> — solfato di lantanio nove volte idrato — solfato di cerio nove volte idrato

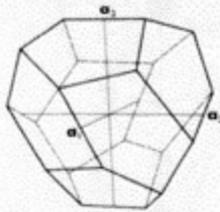
SISTEMA ESAGONALE (Classi 622)

Simbolo internaz.	622	$6\ m\ m$	$\bar{6}\ m\ 2$	$\frac{6}{m}\ mm$
Nome della classe	Trapezoedrica	Piramidale diesagonale	Bipiramidale «ditragonale»	Bipiramidale diesagonale
Simmetria completa	6 2 2 2 2 2 2	6 $m\ m\ m\ m\ m\ m$	$\bar{6}\ m\ 2\ m\ 2\ m\ 2$	$(\frac{6}{m}, \frac{3}{m}, \frac{3}{m})\ \frac{2}{m}\ \frac{2}{m}\ \frac{2}{m}\ \frac{2}{m}\ \frac{2}{m}\ \frac{2}{m}\ \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	c    a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	c    a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	c    a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>	c    a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> a <sub>3</sub>
Assi non polari	⊥ 6, ⊥ 2	⊥ 6	⊥ 2	tutti
FORME GENERALI ( $h \neq k; h, k, l \neq 0$ )				
$\{h\ k\ \bar{l}\}$	<i>Trapezodri esagonali</i> (12) (IV)	<i>Piramidi diesagonali</i> (12) (IV)	<i>Bipiramidi ditragonali</i> (12) (IV)	<i>Bipiramide diesagonale</i> (24) (IV)
FORME SPECIALI ( $\begin{cases} \perp 2 : h = k \text{ o } k = 0; & \perp 6 : l = 0; \\ \perp 6 : h = k = l = 0 \end{cases}$ )				
$\{h\ h\ 2\bar{h}\ l\}$	<i>Bipiramide esagonale</i> (12)	<i>Piramidi esagonali</i> (6)	<i>Bipiramide esagonale</i> (12)	<i>Bipiramide esagonale</i> (12)
$\{h\ 0\ \bar{h}\ l\}$	id.	id.	<i>Bipiramidi trigonali</i> (6)	id.
$\{h\ k\ \bar{l}\ 0\}$	<i>Prisma diesagonale</i> (12)	<i>Prisma diesagonale</i> (12)	<i>Prismi ditragonali</i> (6)	<i>Prisma diesagonale</i> (12)
$\{11\bar{2}0\}$	<i>Prisma esagonale</i> (6)	<i>Prisma esagonale</i> (6)	<i>Prisma esagonale</i> (6)	<i>Prisma esagonale</i> (6)
$\{1010\}$	id.	id.	<i>Prismi trigonali</i> (3)	id.
$\{0001\}$ (basale)	<i>Pinacoidi</i> (2)	<i>Pedioni</i> (1)	<i>Pinacoidi</i> (2)	<i>Pinacoidi</i> (2)
Esempi di minerali e sostanze artificiali	— quarzo $\beta$ SiO <sub>2</sub> — kaliofilite KAlSiO <sub>4</sub> — iodato di litio	— zincite ZnO — wurtzite ZnS — greenockite CdS	— benitoite BaTiSi <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	— grafite 2H — C — covellina CuS — molibdenite MoS <sub>2</sub> — berillo Be <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> (fig. 29.1) — Be, Mg, Zn, Cd

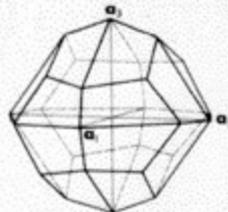
**SISTEMA CUBICO**

Classe:

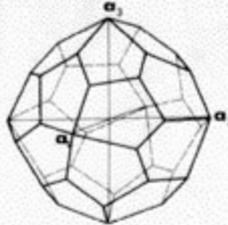
Pentagonododecaedrica  
tetraedrica: 23



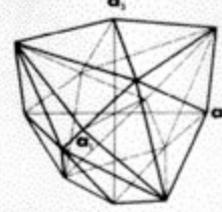
Diacisdodecaedrica:  $m \bar{3}$



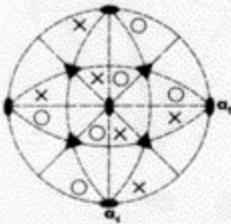
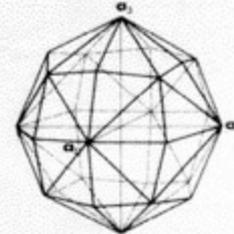
Icositetraedrica  
pentagonale: 432



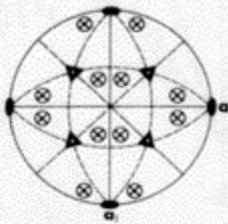
Esacistetraedrica:  
 $\bar{4}3m$



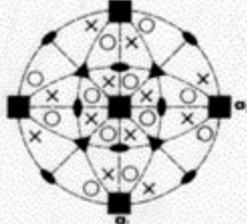
Esacisottaedrica:  
 $m \bar{3} m$



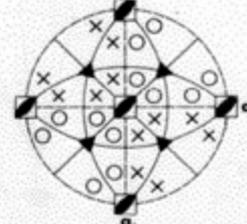
Pentagonododecaedro tetraedrico  
(tetartoedro)



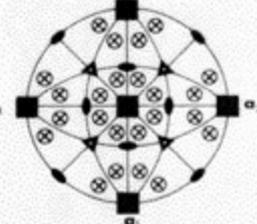
Diacisdodecaedro  
(diploide)



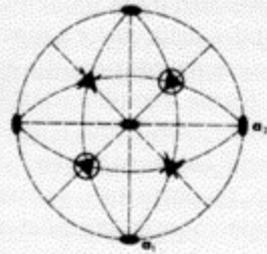
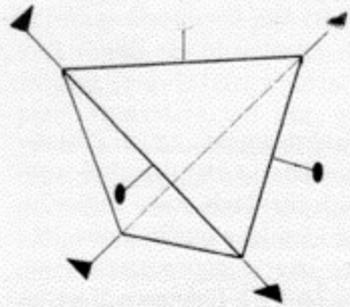
Icositetrahedro  
pentagonale  
(giroide)



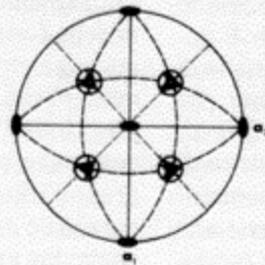
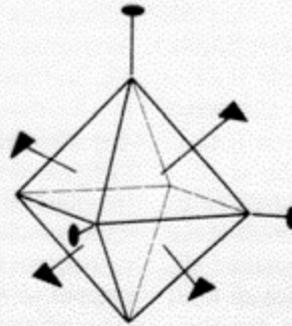
Esacistetrahedro



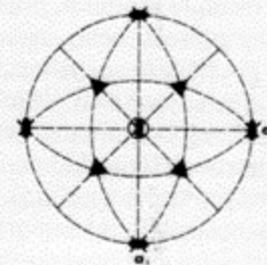
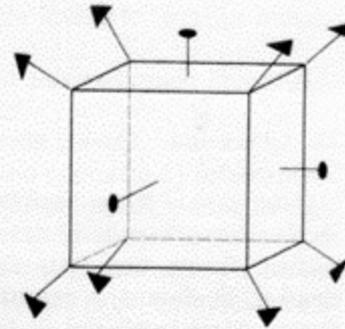
Esacisottaedro



Tetraedro



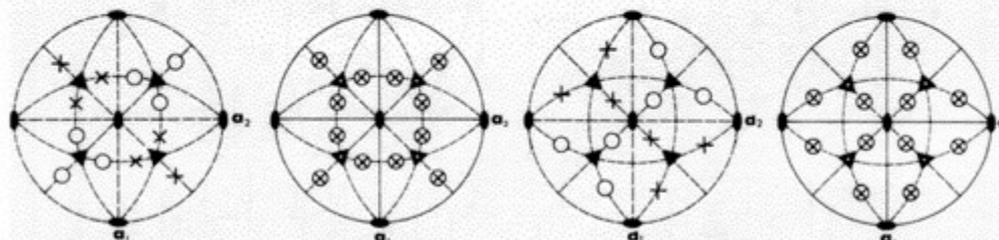
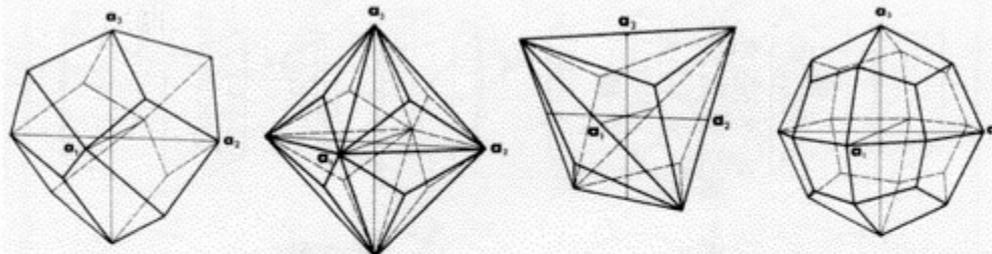
Ottaedro



Cubo  
{100}

{111}

SISTEMA CUBICO - Forme semplici speciali



Deltoidedodecaedro

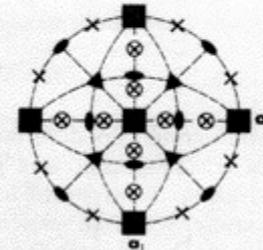
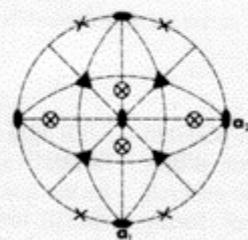
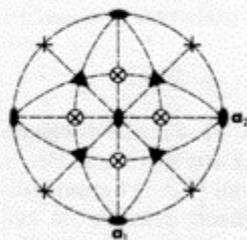
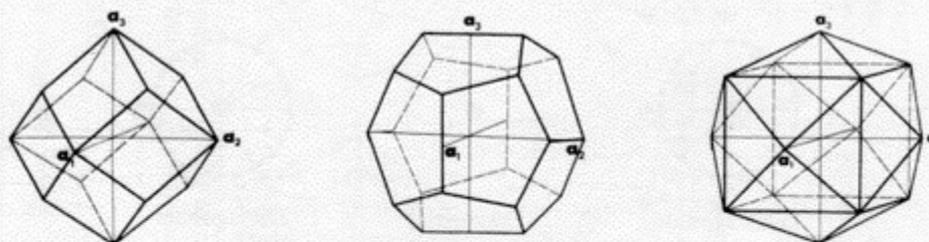
Triacisottaedro

Triacistetraedro

Icositetraedro  
(trapezoedro)

$\{h h k\}$  con  $h > k$

$\{k k h\}$  con  $h > k$



Rombododecaedro  
 $\{110\}$

Pentagonododecaedro

Tetracisesaedro  
(cubo piramidato)

$\{h k 0\}$

SISTEMA CUBICO (Classi 23)

Simbolo internazionale	23	$m\bar{3}$
Nome della classe	Pentagonododecaedrica tetraedrica	Diacisdodecaedrica
Simmetria completa	$3\bar{3}33$ 2 2 2	$\bar{3}\bar{3}\bar{3}\bar{3}$ $\frac{2}{m}$ $\frac{2}{m}$ $\frac{2}{m}$ $\bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	$a_1 a_2 a_3$	$a_1 a_2 a_3$
Assi non polari	$\perp 2$	tutti
FORME GENERALI ( $h \neq k \neq l$ ; $h, k, l \neq 0$ )		
$\{hkl\}$	<i>Pentagonododecaedri tetraedrici o tetartoedri</i> (12) (V)	<i>Diacisdodecaedri o diploidi</i> (24) (V)
FORME SPECIALI	$(\perp 2 : l = 0; \perp 2 : k = l = 0; \perp 3 : h = k = l = 1; \perp \text{ al piano formato da un asse } 2 \text{ e un asse } 3 : h = k)$	
$\{hk0\}$	<i>Pentagonododecaedri</i> (12) (VII)	<i>Pentagonododecaedri</i> (12)
$\{h h k\}$	<i>Deltoidedodecaedri</i> (12) (VII)	<i>Triacisottaedro</i> (24) (VII)
$\{k k h\}$	<i>Triacistetraedri</i> (12) (VII)	<i>Icositetraedro</i> (24) (VII)
$\{111\}$	<i>Tetraedri</i> (4) (VII)	<i>Ottaedro</i> (8) (VII)
$\{110\}$	<i>Rombododecaedro</i> (12) (VII)	<i>Rombododecaedro</i> (12)
$\{100\}$	<i>Cubo</i> (6) (VII)	<i>Cubo</i> (6)
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>— ullmannite NiSbS</li> <li>— langbeinite <math>K_2Mg_2(SO_4)_3</math></li> <li>— clorato di sodio</li> <li>— bromato di sodio</li> <li>— acetato di sodio ed uranile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— pirite <math>FeS_2</math> (fig. 30.1)</li> <li>— hauerite <math>MnS_2</math></li> <li>— sperrylite <math>PtAs_2</math></li> <li>— cobaltite <math>CoAsS</math></li> <li>— bixbyite <math>(Fe, Mn)_2O_3</math></li> <li>— allume <math>KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O</math></li> <li>— nitrato di calcio</li> <li>— nitrato di bario</li> <li>— nitrato di stronzio</li> </ul>

SISTEMA CUBICO (Classi 432)

Simbolo internaz.	432	$\bar{4}3m$	$m\bar{3}m$
Nome della classe	Icositetraed. pent.	Esacistetraedrica	Esacisottaedrica
Simmetria completa	3333    222222	3333 <i>mmmmmm</i>	$\bar{3}333 \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m}$
	4 4 4	$\bar{4} \bar{4} \bar{4}$	$\frac{(4, \bar{4})}{m} \frac{(4, \bar{4})}{m} \frac{(4, \bar{4})}{m} \bar{1}$
Orientamento degli assi cristallografici	$a_1 a_2 a_3$	$a_1 a_2 a_3$	$a_1 a_2 a_3$
Assi non polari	$\perp 4, \perp 2$	$\perp \bar{4}$	tutti
FORME GENERALI ( $h \neq k \neq l; h, k, l \neq 0$ )			
$\{hkl\}$	<i>Icositetraedri pentagonali o giroidi (24) (V)</i>	<i>Esacistetraedri (24) (V)</i>	<i>Esacisottaedro (48) (V)</i>
FORME SPECIALI	$(\begin{cases} \perp 4 : l = 0; & \perp 4 : k = l = 0; & \perp 3 : h = k = l = 1; \\ \perp 2 : h = k; & \perp 2 : h = k \text{ ed } l = 0) \end{cases}$		
$\{h k 0\}$	<i>Tetracisesaedro (24) (VII)</i>	<i>Tetracisesaedro (24)</i>	<i>Tetracisesaedro (24)</i>
$\{h h k\}$	<i>Triacisottaedro (24)</i>	<i>Deltoide-dodecaedri (12)</i>	<i>Triacisottaedro (24)</i>
$\{k k h\}$	<i>Icositetraedro (24)</i>	<i>Triacistetraedri (12)</i>	<i>Icositetraedro (24)</i>
$\{111\}$	<i>Ottaedro (8)</i>	<i>Tetraedri (4)</i>	<i>Ottaedro (8)</i>
$\{110\}$	<i>Rombododecaedro (12)</i>	<i>Rombododecaedro (12)</i>	<i>Rombododecaedro (12)</i>
$\{100\}$	<i>Cubo (6)</i>	<i>Cubo (6)</i>	<i>Cubo (6)</i>
Esempi di minerali e di sostanze artificiali	— nessuno sicuramente noto	— blenda ZnS — tetraedrite $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ — metacinaebro HgS — zunyite $Al_{13}Si_5O_{20}(OH,F)_{18}Cl$ — cloruro, bromuro e ioduro rameoso	— rame, argento, oro ed altri elementi nativi — diamante C — galena PbS (fig. 30.2 a,b) — fluorite $CaF_2$ — cuprite CuO — spinello $MgAl_2O_4$ (fig. 30.3) — salgemma NaCl — granati — vari alogenuri alcalini — vari ossidi e solfuri alcalino-terrosi — esametilentetrammina

# Misura degli angoli diedri

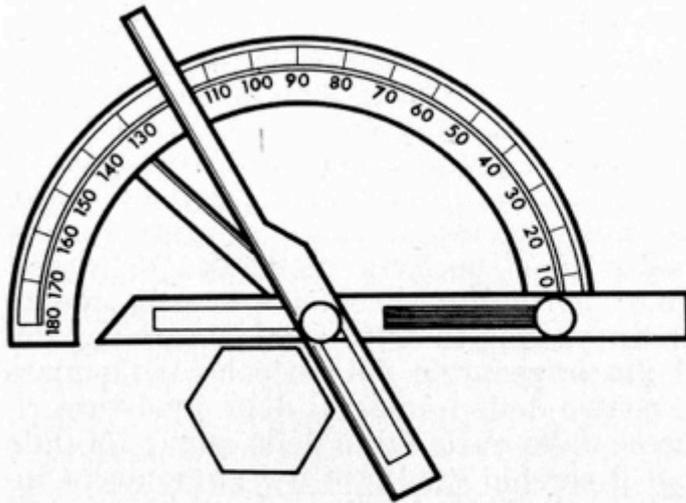


Fig. 9.1

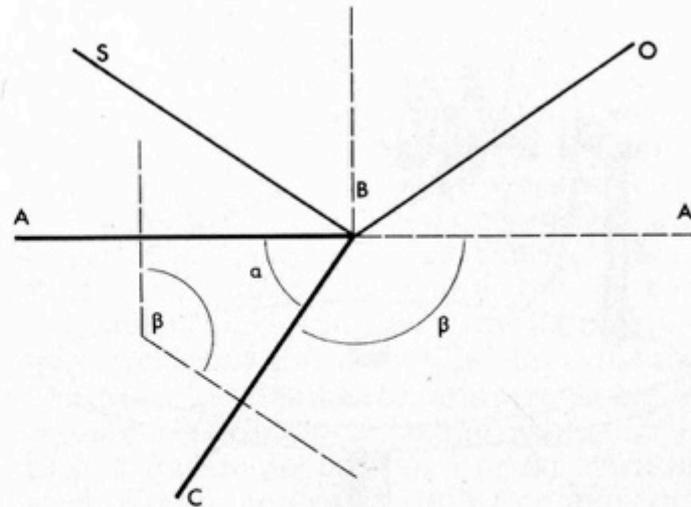
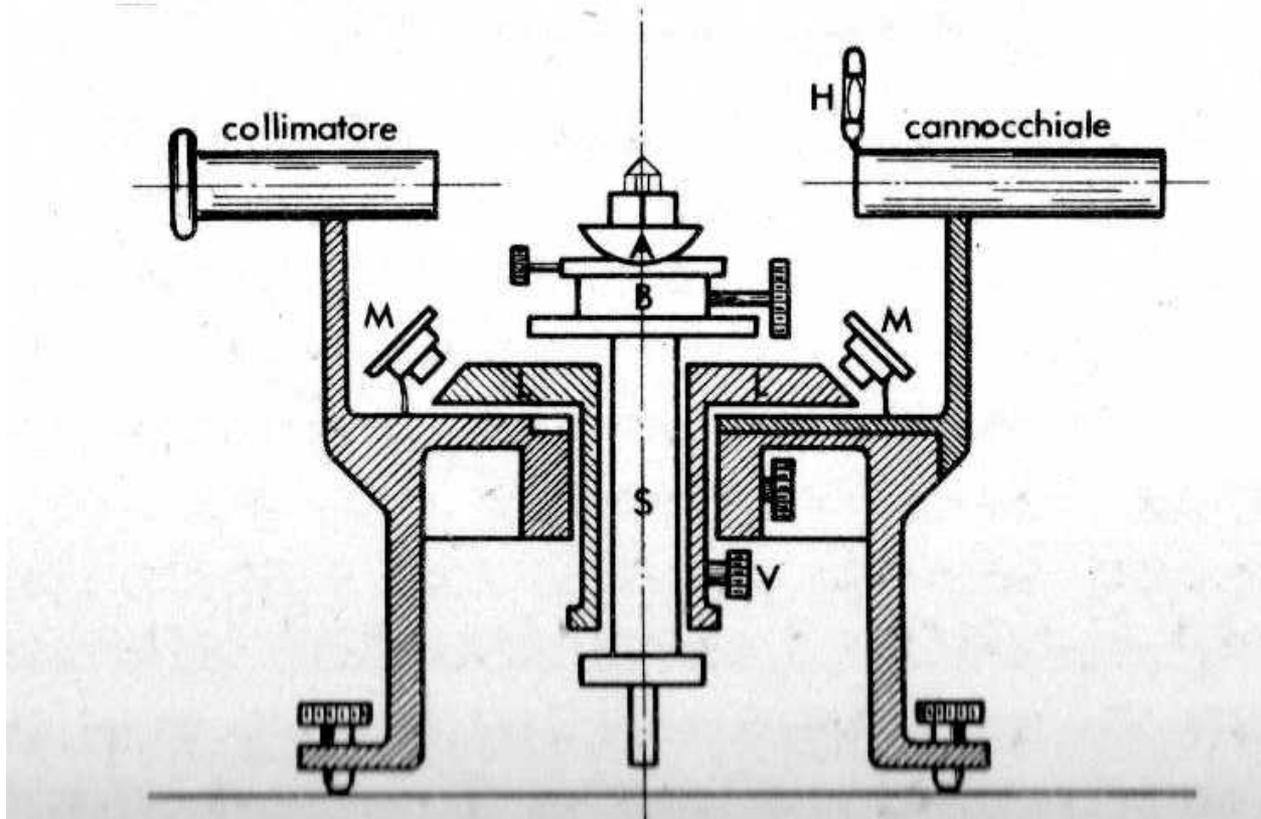


Fig. 9.2

Fig. 9.1 Goniometro ad applicazione o di Carangeot.

Fig. 9.2 Schema del principio su cui si basano i goniometri a riflessione: AB e BC sezioni di due facce del cristallo col piano del disegno,  $\alpha$  angolo diedro tra le facce AB e BC,  $\beta$  angolo tra le normali, SB direzione del raggio di luce incidente, BO direzione del raggio di luce riflesso da una faccia del cristallo.



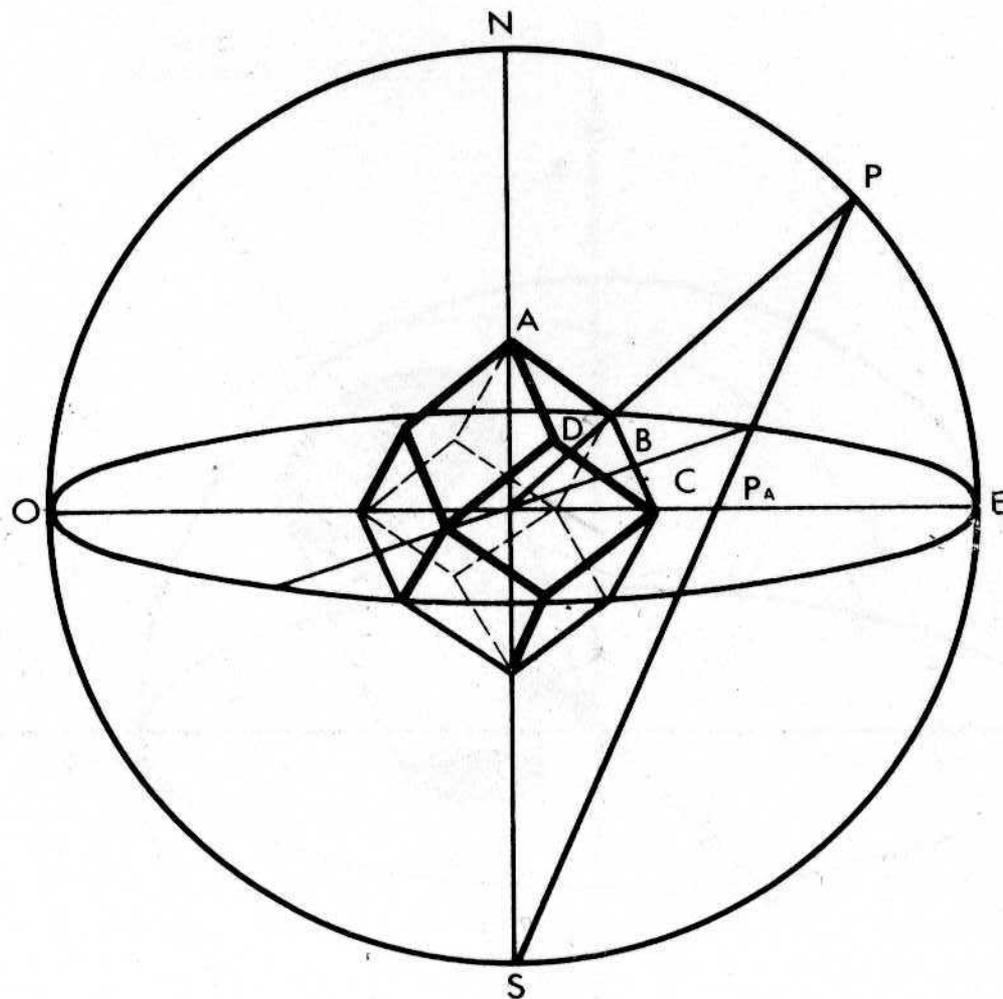
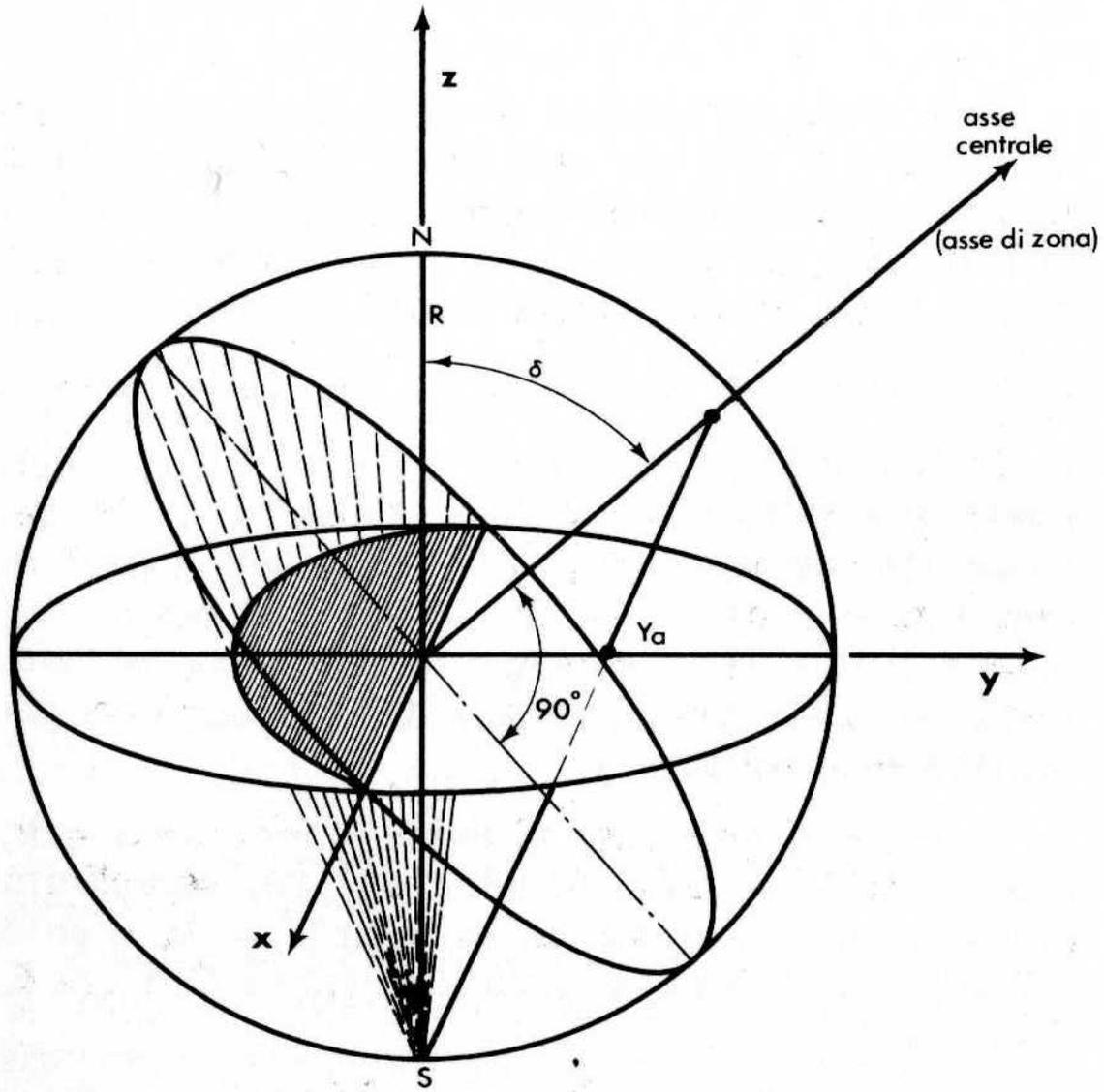
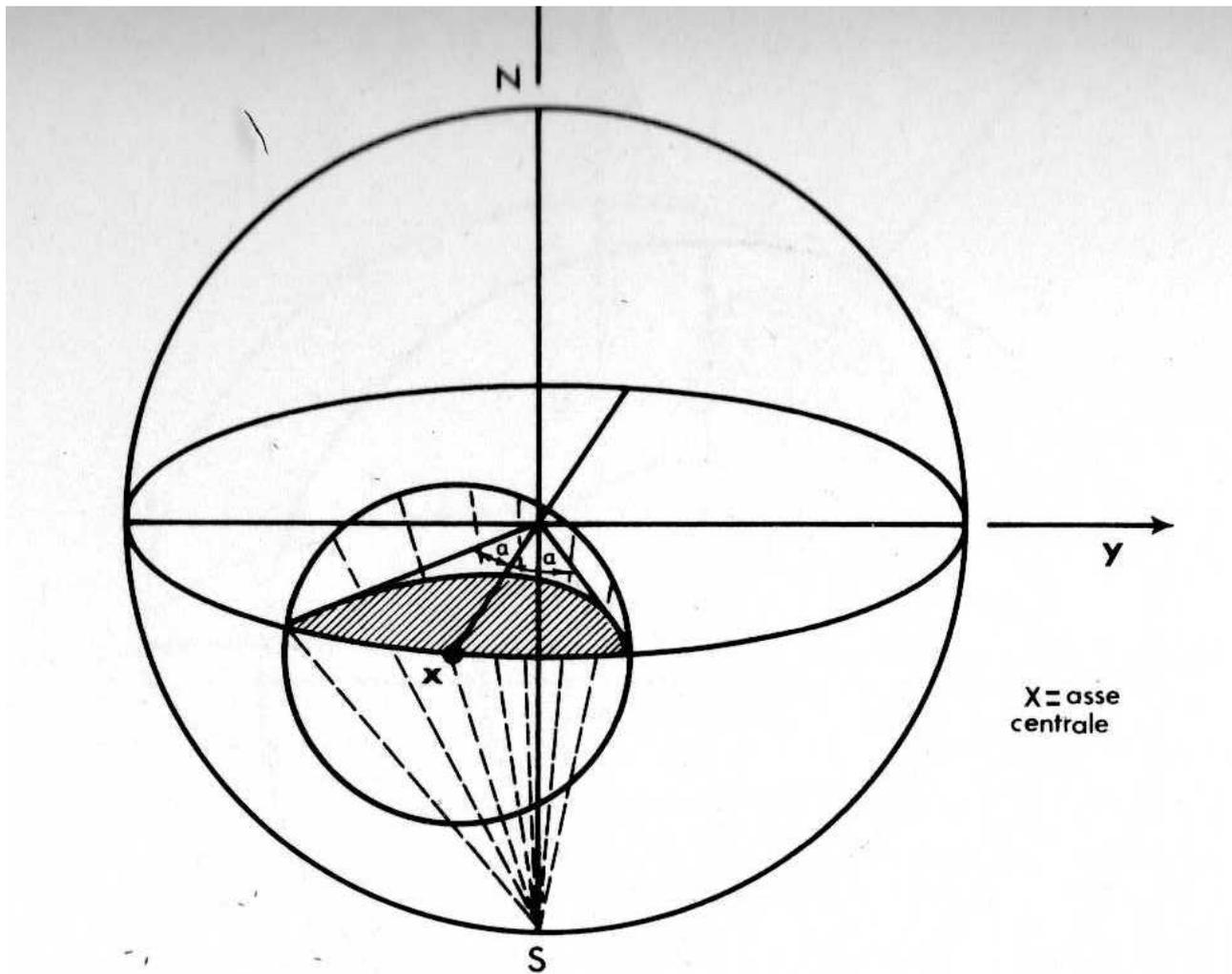
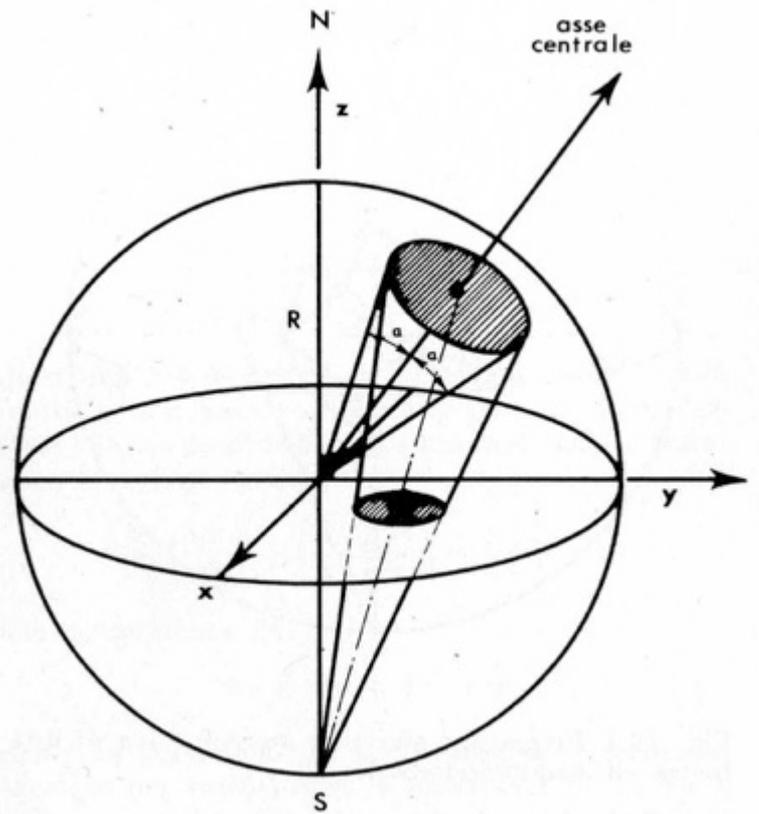
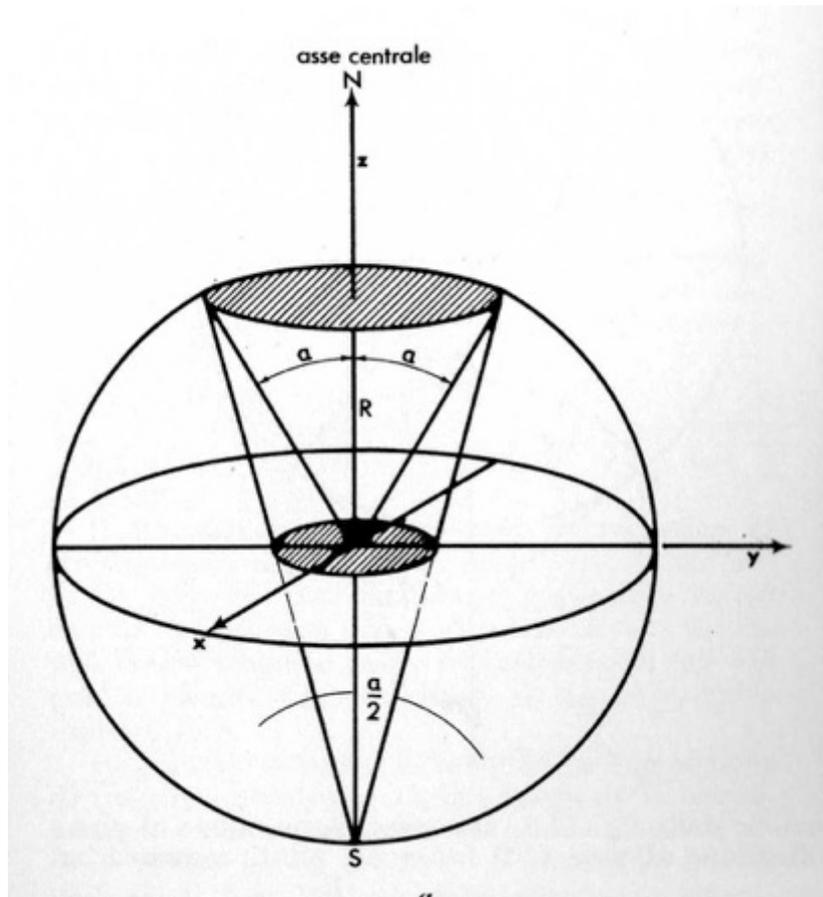


Fig. 12.1 Proiezione sferica e stereografica di una faccia di rombododecaedro.







a)

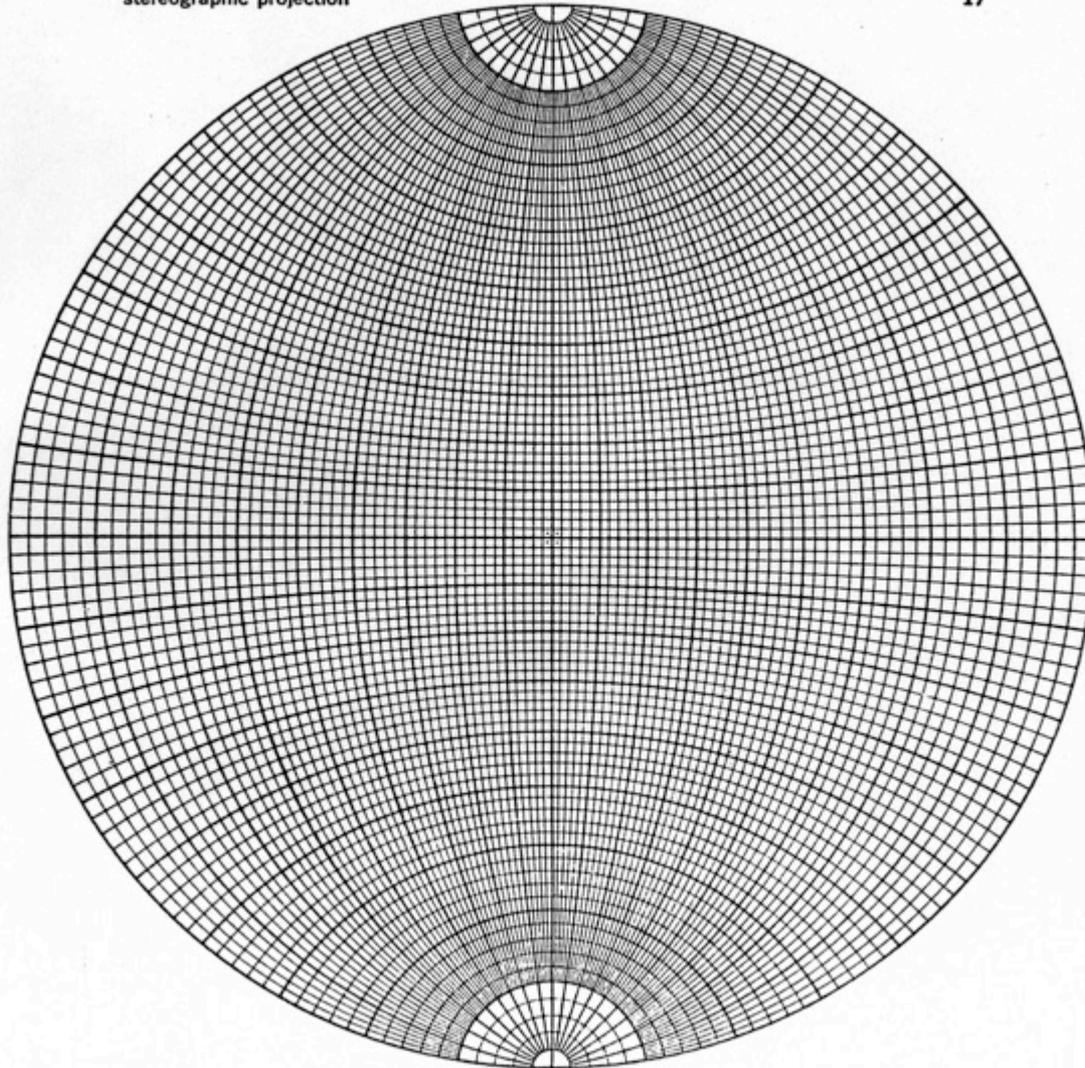
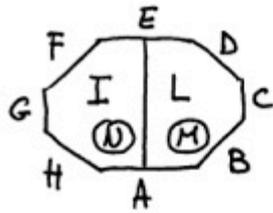


FIG. 3-1 STEREOGRAPHIC NET.



I<sup>a</sup> zona

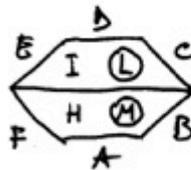
A	0
B	46
C	44
D	90
E	46
F	134
G	46
H	180
A	46
	226
	44
	270
	44
	314
	46
	360

II<sup>a</sup> zona

C	0
L	60
I	60
G	120
N	60
M	180
C	60
	240
	60
	300
	60
	360

III<sup>a</sup> zona

A	0
L	80
E	100
N	80
A	160
	180
	260
	360



I<sup>o</sup> zona

A	0
B	57
C	57
D	123
E	57
F	180
A	57
	237
	66
	303
	57
	360

II<sup>o</sup> zona

A	0
H	53
I	74
D	53
N	127
L	53
M	180
A	53
	233
	74
	307
	53
	360

III<sup>o</sup> zona

B	0
H	20
E	40
L	70
B	110
	180
	250
	360