

Universidade de São Paulo
Instituto de Química de São Carlos
Departamento de Química e Física Molecular

Eixos Cristalográficos
e
Sistemas Cristalinos

SQM 409 - Cristalografia

Prof. Dr. Maria Teresa do Prado Gambardella

1. Eixos Cristalográficos e Sistemas Cristalinos

Os cristais de uma mesma substância nem sempre têm igual forma e o mesmo número de faces, nem estas apresentam sempre a mesma forma.

Apesar da sua grande variedade, há entre as diferentes formas cristalinas relações estreitas estabelecidas por leis fundamentais:

- a lei da constância dos ângulos;
- a lei da racionalidade ou lei dos parâmetros;
- a lei das zonas e
- a lei da simetria, segundo a qual os cristais da mesma espécie apresentam sempre a mesma simetria, independentemente das formas que os constituem.

Os sistemas cristalinos são definidos por 3 eixos **a**, **b** e **c** e pelos ângulos interaxiais α , β e γ e seus complementos λ , μ e ν , mostrados na Figura 1.

Eixos cristalográficos são direções que passam pelo centro do cristal e que servem como eixos de referência para orientação e notação dos elementos de simetria do cristal.

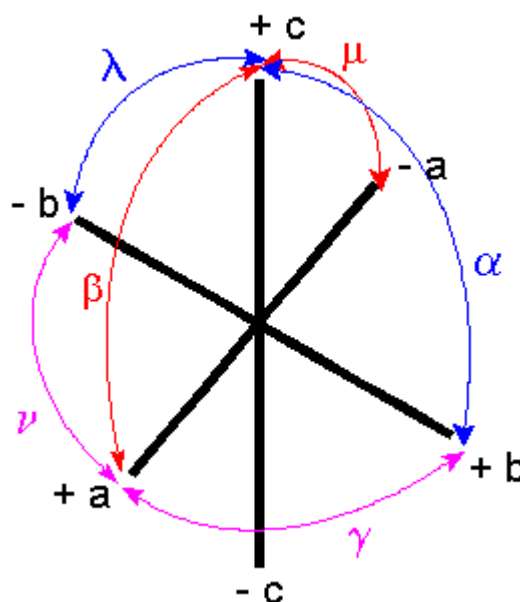


Figura 1. Eixos cristalográficos e ângulos interaxiais.

Os 32 grupos pontuais podem ser agrupados em 7 sistemas cristalinos, baseado na relação entre os eixos e os ângulos interaxiais.

- Sistema Triclínico
- Sistema Monoclínico
- Sistema Ortorrômbico
- Sistema Tetragonal
- Sistema Cúbico
- Sistema Hexagonal
- Sistema Trigonal

A escolha dos eixos cristalográficos segue os seguintes critérios

1. Sempre que possível, os eixos cristalográficos são **perpendiculares entre si**;
2. Sempre que possível, devem coincidir com **eixos de simetria** ou **direções perpendiculares a planos de simetria**;
3. Na ausência de elementos de simetria, os eixos cristalográficos são posicionados paralelamente a arestas proeminentes do cristal;
4. Sempre que possível, $a < b < c$.

2. Sistema Cúbico ou Isométrico

Os grupos pontuais 432 , 23 , $m\bar{3}m$, $m\bar{3}$ e $\bar{4}3m$, apresentam um ângulo de $54^\circ 34''$ entre as direções de simetria de ordem 3 e de ordem 2 ou 4, que determinam que estes grupos pertencem ao sistema cúbico. O eixo de ordem 3, na diagonal de corpo, é denominado eixo do cubo, Figura 2.

Escolhendo então as três direções de ordem 4 ou de ordem 2, relacionadas simetricamente pelo eixo de ordem 3, como direções de eixos cristalográficos teremos:

3 eixos de ordem 2 ou 4 perpendiculares entre si $\Rightarrow \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

3 eixos estão relacionados através do eixo de ordem 3 $\Rightarrow a = b = c$

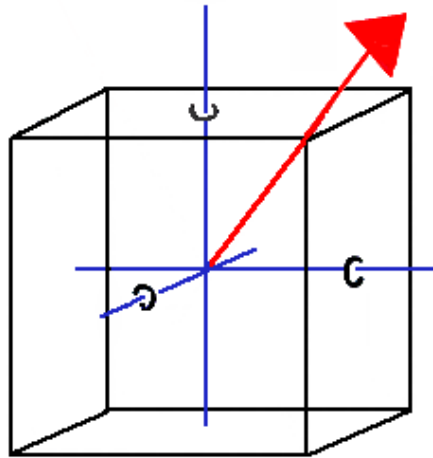


Figura 2. Sistema cúbico.

3. Sistema Tetragonal

Os grupos pontuais 4 , $\bar{4}$, $4/m$, 422 , $4/mmm$, $4mm$ e $\bar{4}m2$, definem o sistema tetragonal, Figura 3.

Neste grupos temos em comum um eixo de ordem quatro, com duas direções perpendiculares, ou seja, dois de ordem 2 (422 , $4/mmm$, $\bar{4}m2$) ou duas normais a planos de simetria ($4mm$) ou duas direções de arestas (4 , $\bar{4}$, $4/m$).

Portanto:

3 direções perpendiculares entre si $\Rightarrow \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

eixo de ordem 4 na direção do eixo $c \Rightarrow a = b \neq c$

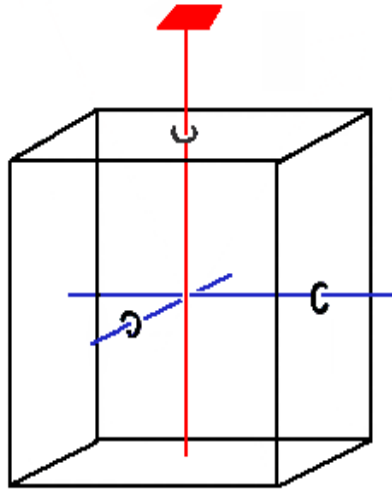


Figura 3. Sistema tetragonal.

4. Sistema Ortorrômbico

Os grupos pontuais 222, mmm e mm2 definem o sistema ortorrômbico, Figura 4.

Nestes três grupos temos três direções perpendiculares entre si (3 eixos de ordem 2 ou 1 eixo de ordem 2 duas normais a planos) para definir os eixos cristalográficos.

Portanto:

3 direções perpendiculares entre si $\Rightarrow \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Não existe relação de igualdade entre direções $\Rightarrow a \neq b \neq c$

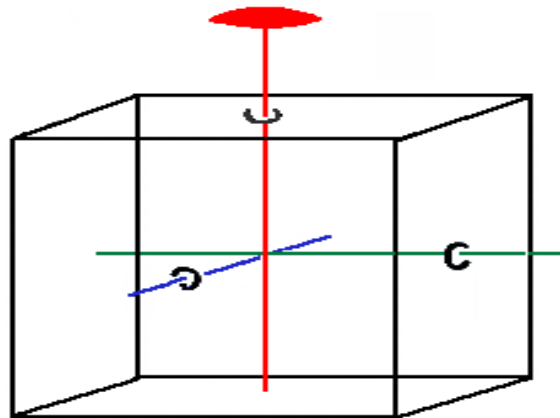


Figura 4. Sistema ortorrômbico.

5. Sistema Monoclínico

Os grupos pontuais 2, m e 2/m definem o sistema monoclínico, Figura 5.

Estes grupos apresentam apenas uma direção de simetria, um eixo de ordem 2 ou a normal ao plano. As outras duas direções são escolhidas coincidindo com direções de arestas, OS e OT na Figura 5.

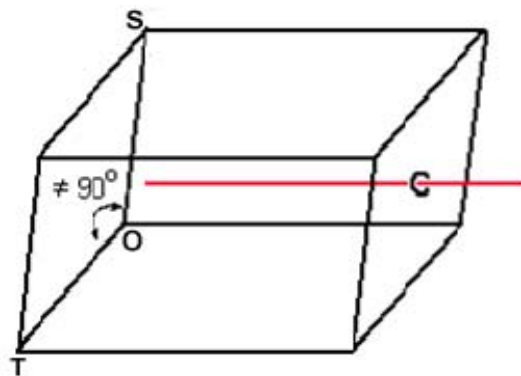


Figura 5. Sistema monoclínico.

Se a direção de simetria for a direção do eixo c $\Rightarrow \alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma \neq 90^\circ$

Se a direção de simetria for a direção do eixo b $\Rightarrow \alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$

Não existe relação de igualdade entre direções $\Rightarrow a \neq b \neq c$

6. Sistema Triclínico

Os grupos pontuais 1 e $\bar{1}$ definem o sistema triclínico, Figura 6.

Neste caso:

Eixos escolhidas coincidindo com direções de arestas $\Rightarrow \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Não existe relação de igualdade entre direções $\Rightarrow a \neq b \neq c$

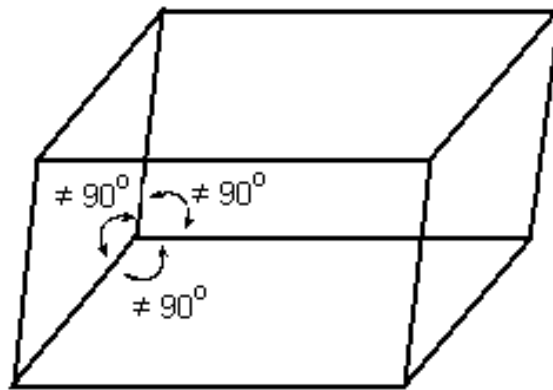


Figura 6. Sistema triclínico.

7. Sistemas Hexagonal e Trigonal

Os grupos pontuais 6 , $\bar{6}$, $6/m$, 622 , $6/mmm$, $6mm$ e $\bar{6}m2$ definem o sistema hexagonal (Figura 7a), e os grupos 3 , $\bar{3}$, 32 , $3m$ e $\bar{3}m$ definem o sistema trigonal (Figura 7b).

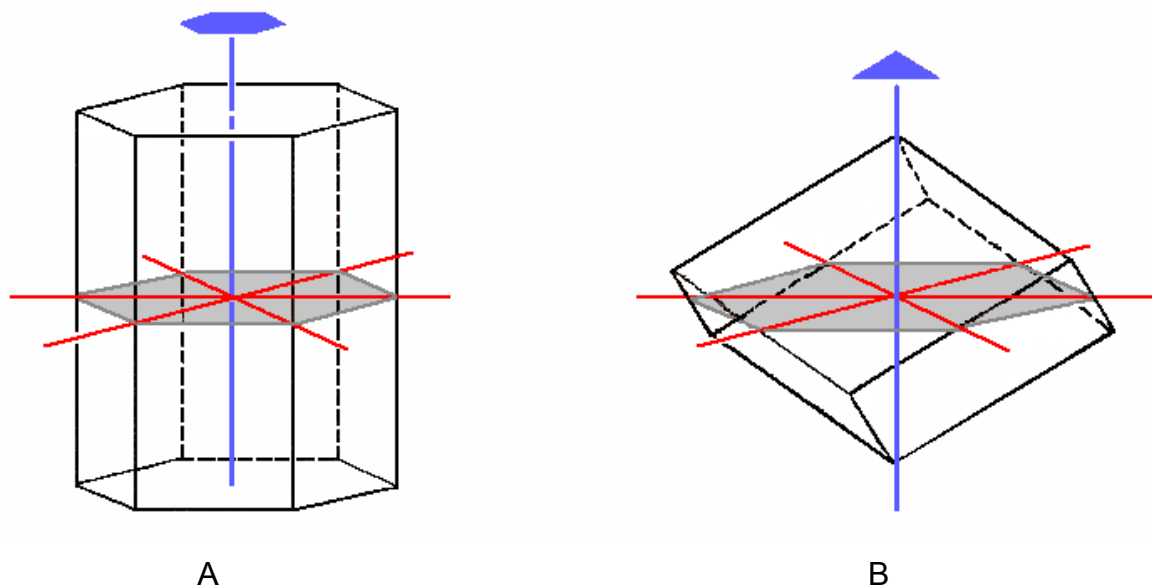


Figura 7. a) Sistema Hexagonal e b) Sistema Trigonal.

Nestes dois casos, os eixos de ordem 6 ou 3 são escolhidos como a direção do eixo cristalográfico c e as outras duas direções (a e b) devem ser escolhidas conforme as direções marcadas em vermelho na Figura 7 e reproduzidas na Figura 8, as quais correspondem a direções de eixos de ordem 2 ou normais a planos.

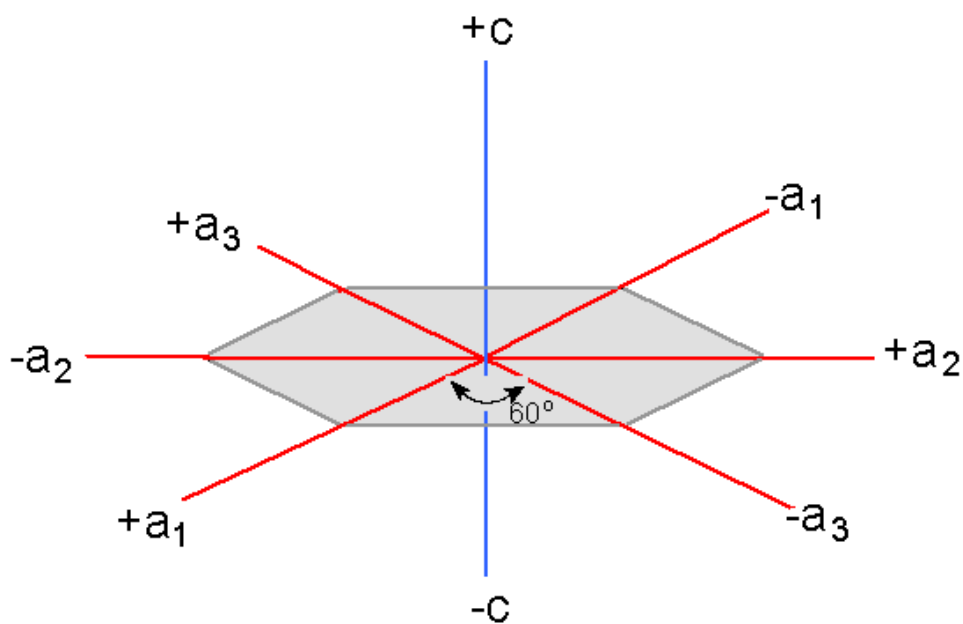


Figura 8. Sistema de eixos para os sistemas hexagonal e trigonal.

Escolhendo 2 direções positivas para os eixos **a** e **b** $\Rightarrow \alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$

O eixo de ordem 6 ou 3 iguala as outras 2 direções $\Rightarrow a = b \neq c$