

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E GEOTECTÔNICA**

**GMG0106 CRISTALOGRAFIA FUNDAMENTAL**

**Exercício de Revisão I: Cristalografia Morfológica**

1. Contraste com clareza os sólidos amorfos e os cristalinos. Mostre em um diagrama esquemático o comportamento de fusão em cada caso.
2. Construa projeções ortográficas ilustrando a operação de cada um dos eixos de simetria próprios e impróprios. Qual a diferença entre motivos relacionados entre si por operações próprias e impróprias de simetria?
3. Mostre com projeções que as seguintes afirmações são verdadeiras:
  - a. se um eixo próprio par contém um centro de simetria, então existe obrigatoriamente um plano de simetria normal a este eixo, passando pelo referido centro;
  - b. se um eixo próprio ímpar contém um centro de simetria, então este eixo é na verdade um eixo impróprio.
4. Indique quais grupos pontuais são gerados:
  - a. pela adição de um centro de simetria (  $i$  ) aos grupos  $4, 3, \bar{4}, \bar{3}, \bar{6}, 6mm, 432$  e  $\bar{4}3m$ ;
  - b. pela interação entre planos de simetria com ângulos entre si de  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  e  $90^\circ$ .
  - c. explique o significado da notação completa de Hermann-Mauguin para as classes cristalinas.
5. Faça um esquema da cruz axial de cada sistema cristalino, indicando as constantes lineares e angulares. Indique a simetria mínima possível (característica) em cada caso e correlacione a orientação dos eixos de simetria possíveis com os eixos cristalográficos.

6. Para um determinado cristal foram medidos os seguintes interceptos, em cm:

Eixo	Face paramétrica	Face A	Face B	Face C	Face D	Face E
a	0,393	0,405	0,324	0,340	0,117	0,247
b	0,742	0,765	1,224	$\infty$	0,330	0,234
c	0,353	0,728	0,194	0,611	0,314	$\infty$

- a. Sendo os eixos cristalográficos normais entre si, a qual sistema cristalino pertence este cristal? Calcule os índices de Miller para as faces A até E (lembre que os índices de Miller são números inteiros e muito simples: normalize!)
- b. Calcule a relação axial a:b:c (normalize de forma que b = 1).

7. As olivinas  $[(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4]$  apresentam relação axial próxima de  $a:b:c = 0,5:1:0,6$ . O intercepto em b da face (010) de uma determinada amostra é 4,20mm. Calcule para esta amostra os interceptos de possíveis faces com os índices de Miller: (111), (100), (110), (001), (101) e (011).
8. Projete, em diagramas de Wulff, os modelos nº 8, 9 e 10, elementos de simetria inclusive. Indexe as faces (índices de Miller). Dê a classe e sistema cristalinos.
- Quais as formas presentes em cada caso? (índice e nome!)
  - No que diferem entre si estes modelos? Compare-os!
  - Quais os ângulos entre faces adjacentes, pertencentes alternadamente às diferentes formas cristalinas que constituem os modelos em estudo, nas zonas [100], [010]; [110] e [111]?
  - Considerando que os cristais de desenvolvem a partir de germes cristalinos minúsculos e, em situações ideais, crescem a partir destes, de maneira equilibrada, segundo direções privilegiadas, qual teria sido a direção de crescimento mais veloz em cada caso? Demonstre, com auxílio de construções geométricas! Obs: as direções também são indicadas com auxílio dos índices de Miller! (para informações adicionais, v. Bloss Cap. 2, p. 29-30),
9. A. Faça desenhos, em escala adequada da cruz axial para um cristal ortorrômbico. Represente nos desenhos uma face paramétrica (111) e adicione faces com índices de Miller (010), (100), (121), (131),  $(\bar{2} \ 1 \ \bar{1})$  e  $(\bar{3} \ 1 \ \bar{1})$ .
- B. Em outros desenhos, para o mesmo cristal, represente pelo menos 4 possíveis faces pertencentes às zonas [001], [010] e [100] e indexe-as com índices de Miller.
10. A clivagem dos minerais é determinada pelo seu retículo cristalino, e logo a distribuição dos planos de clivagem obedece a simetria da classe cristalina à qual pertence um determinado mineral, da mesma maneira como acontece com as faces cristalinas. Assim, as possíveis clivagens de um mineral são indicadas como formas desenvolvidas na classe cristalina à qual ele pertence. Determine, para os seguintes minerais, em quantas direções ocorrerá a clivagem, e a que formas cristalinas irá corresponder o poliedro de clivagem resultante. Faça projeções em diagramas de Wuff esquemáticos, indicando sempre classe e sistema cristalinos, os elementos de simetria e os índices de miller dos planos de clivagem.

Mineral	Clivagem	Classe cristalina
a. Galena(PbS), Halita(NaCl)	{100}	$4/m \ \bar{3} \ 2/m$
b. Fluorita(CaF <sub>2</sub> ), Diamante(C)	{111}	$4/m \ \bar{3} \ 2/m$
c. Esfalerita(ZnS)	{110}	$\bar{4} \ 3m$
d. Calcita(CaCO <sub>3</sub> )	{10 $\bar{1}$ 1}	$\bar{3} \ 2/m$
e. Barita(BaSO <sub>4</sub> )	{001} , {210}	$2/m \ 2/m \ 2/m$

11. Rutilo ( $\text{TiO}_2$ ), cassiterita ( $\text{SnO}_2$ ) e pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ) são minerais isoestruturais pertencentes à classe dos óxidos, e apresentam simetria da classe cristalina  $4/m\ 2/m\ 2/m$

Para o rutilo, sabe-se que:  $(101) \wedge (011) = 45^\circ$   
 $(111) \wedge (\bar{1}\bar{1}1) = 84^\circ 40'$

para a cassiterita:  $(110) \wedge (111) = 46^\circ 27'$   
 $(101) \wedge (\bar{1}01) = 67^\circ 50'$

Com auxílio destas informações, e dos desenhos em anexo (Fig. 1) pede-se:

a. Projetar, para cada mineral, as formas apresentadas nos desenhos:

$a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $s\{111\}$  e  $e\{101\}$  indicando o número de faces, o índice das mesmas, o nome da forma em cada caso, e se esta é aberta ou fechada.

b. Calcular a relação axial de cada mineral.

c. Obter os seguintes valores angulares:

$C_1$  - rutilo  $(101) \wedge (\bar{1}01) = \underline{\hspace{2cm}}$

$(111) \wedge (\bar{1}\bar{1}1) = \underline{\hspace{2cm}}$

$C_2$  - cassiterita  $(100) \wedge (101) = \underline{\hspace{2cm}}$

$(111) \wedge (\bar{1}\bar{1}1) = \underline{\hspace{2cm}}$

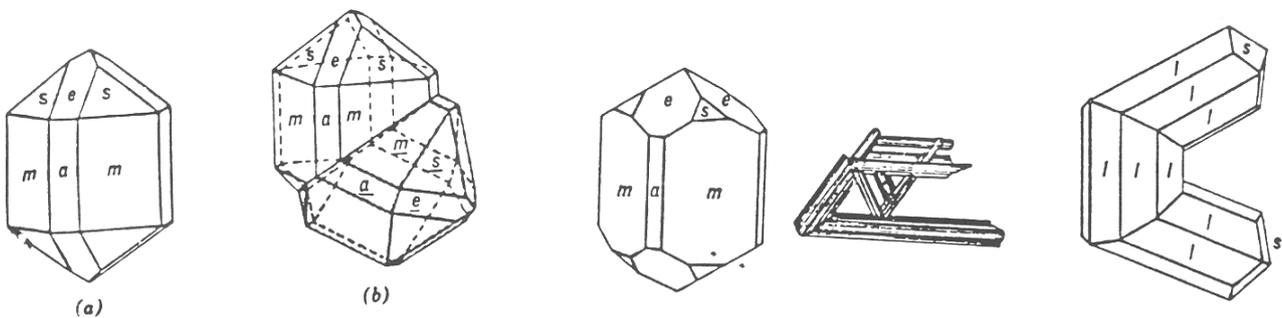


Fig. 1.

12. O quartzo -  $\text{SiO}_2$  - apresenta variedades polimórficas de alta e baixa temperatura, respectivamente, o quartzo  $\beta$ , de classe cristalina 622, e o quartzo  $\alpha$ , de classe cristalina 32. Em rochas vulcânicas ácidas, tipicamente de alta temperatura (ca. 800-850° C), o quartzo freqüentemente ocorre como fenocristais, com a forma  $\{10\bar{1}1\}$  bem desenvolvida. Em pegmatitos, formados a temperaturas significativamente mais baixas (600° C) desenvolvem-se três formas principais:

$m\{10\bar{1}0\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$  e  $z\{01\bar{1}1\}$ . Sabendo-se o ângulo interfacial:

$$(10\bar{1}0) \wedge (10\bar{1}1) = 38^\circ 13'$$

- Projete a forma do cristal (fenocristal) de quartzo de rochas vulcânicas ácidas, de alta temperatura. Que forma é essa? Faça um esboço, e desenhos de cortes, um perpendicular, o outro paralelo ao eixo C.
- Projete as formas que compõem um cristal de quartzo de baixa temperatura. Que formas são essas?
- Compare as formas de cristais de alta e baixa temperatura. Quais as semelhanças e diferenças entre ambos? Que modificações ocorrem na transformação de quartzo de alta para de baixa temperatura?