

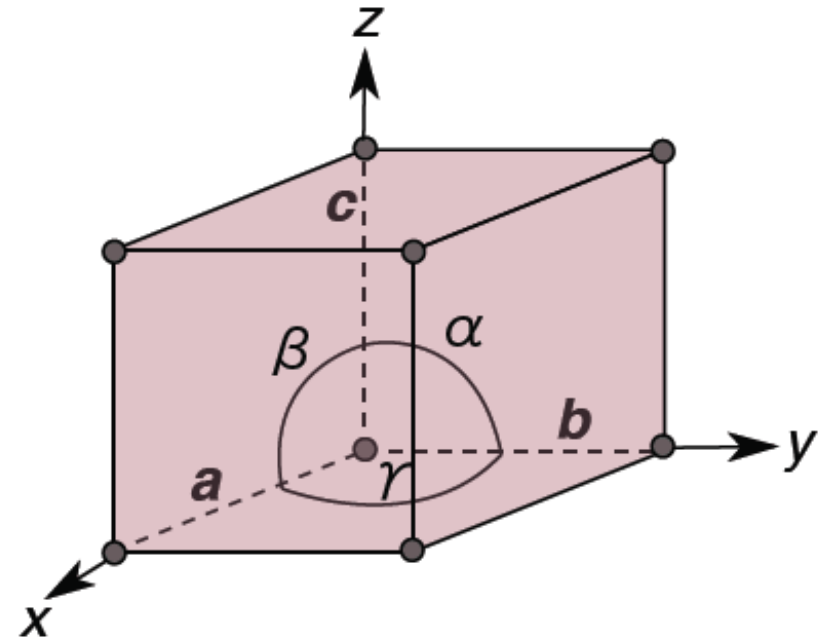
ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS I

Aula 2.2

Conteúdo: Estrutura dos Sólidos Cristalinos

Rede cristalina: Pontos, Direções e Planos

- Em geral toda rede cristalina pode ser descrita completamente por 3 vetores base + ângulos entre eles:
- A partir deles, definimos coordenadas de pontos, direções e planos cristalográficos.



Coordenadas de Pontos Cristalográficos

- Todo ponto de rede é definido com respeito a origem da rede pelo vetor de translação:

$$\vec{t} = u.\vec{a} + v.\vec{b} + w.\vec{c}$$

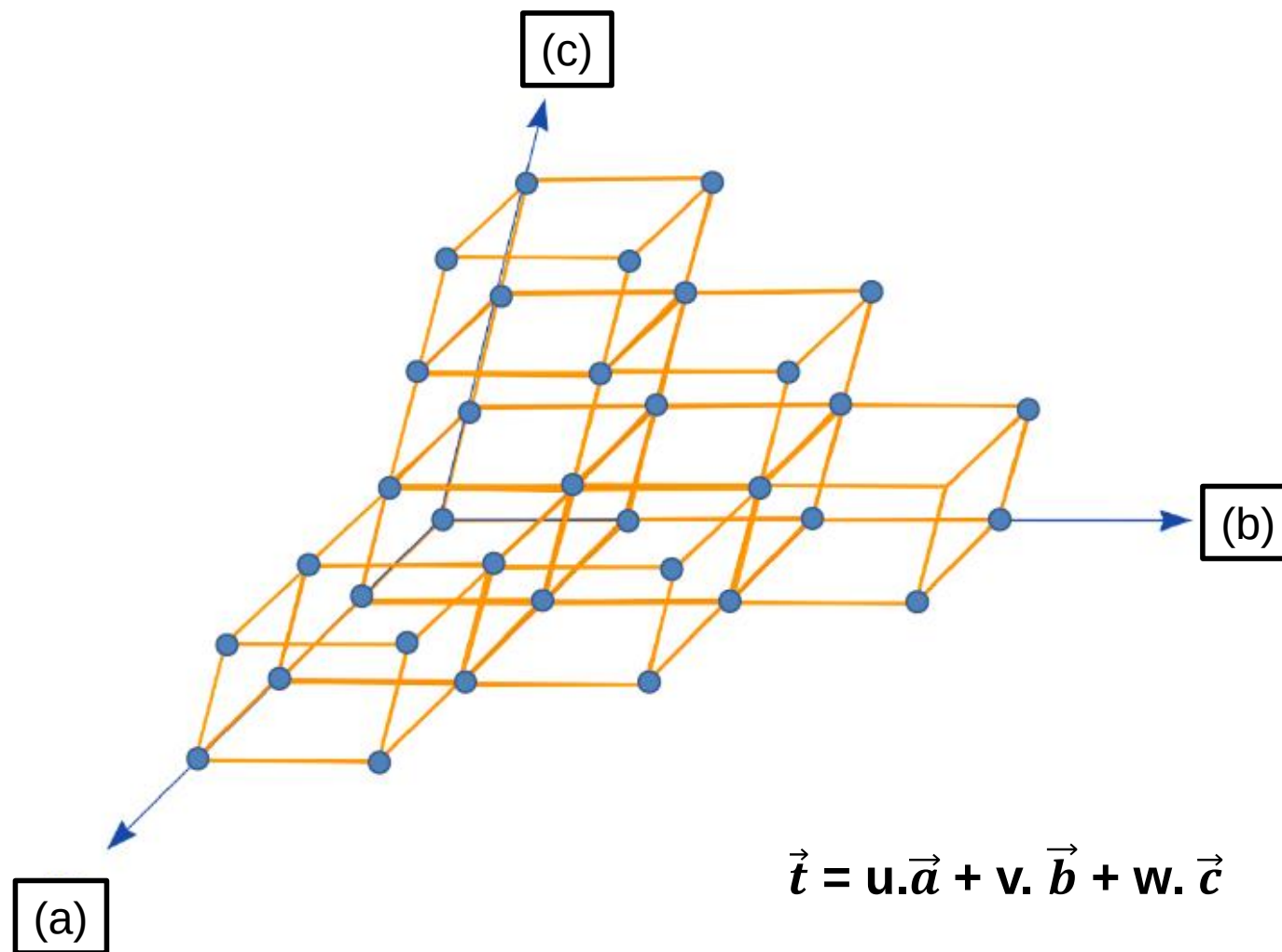
- a, b e c são os parâmetros de rede.
- Logo, apenas as coordenadas u,v,w precisam ser especificadas!

Coordenadas de Pontos Cristalográficos

- Os pontos de rede são determinados usando-se os índices uvw

Qual o ponto 211?

E o 013?

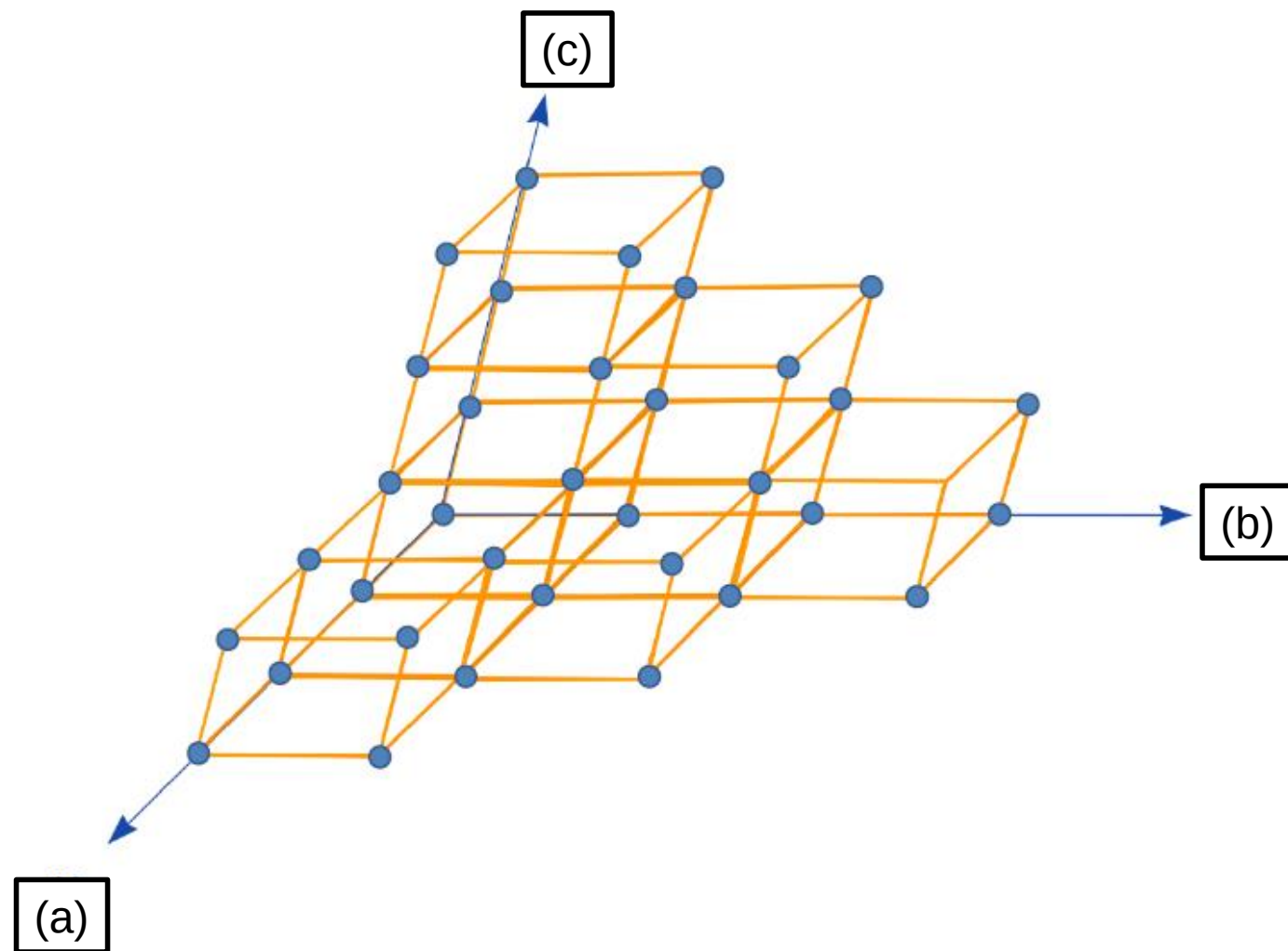


Direções Cristalográficas $[uvw]$

- As direções cristalográficas podem ser especificadas em qualquer sistema, tomando-se 2 pontos de rede.
- Para definirmos uma direção, toma-se a origem como um desses pontos e a direção $[uvw]$ será dada pelos mesmos índices do segundo ponto de rede.

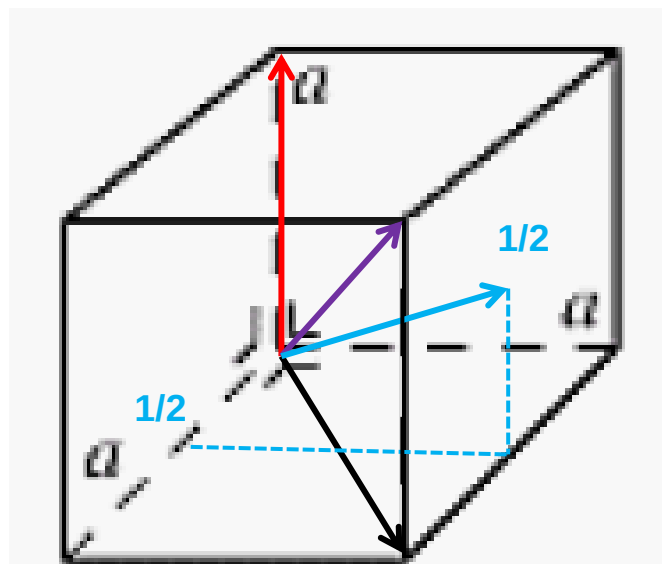
Direções Cristalográficas $[uvw]$

- Qual a direção $[130]$?
- Qual a direção $[011]$?
- Qual a direção $[300]$?
- E a $[100]$?
- Veja que $[uvw]$ descreve não apenas uma direção mas um conjunto infinito de direções que são paralelas e com o mesmo sentido.



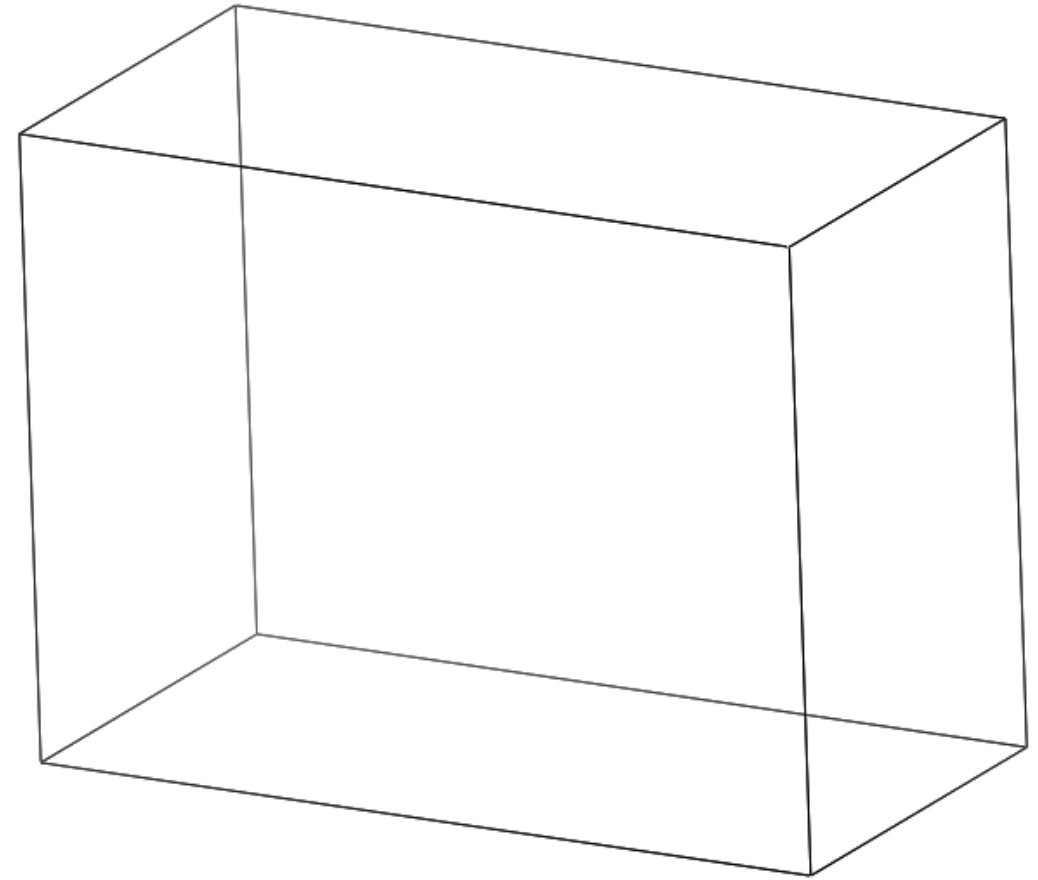
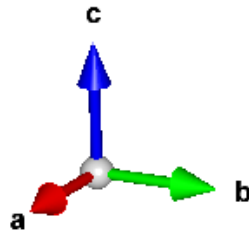
Direções Cristalográficas Exemplos

- Exercício: Desenhe as direções $[001]$, $[110]$, $[111]$ e $[121]$ em uma célula cúbica.



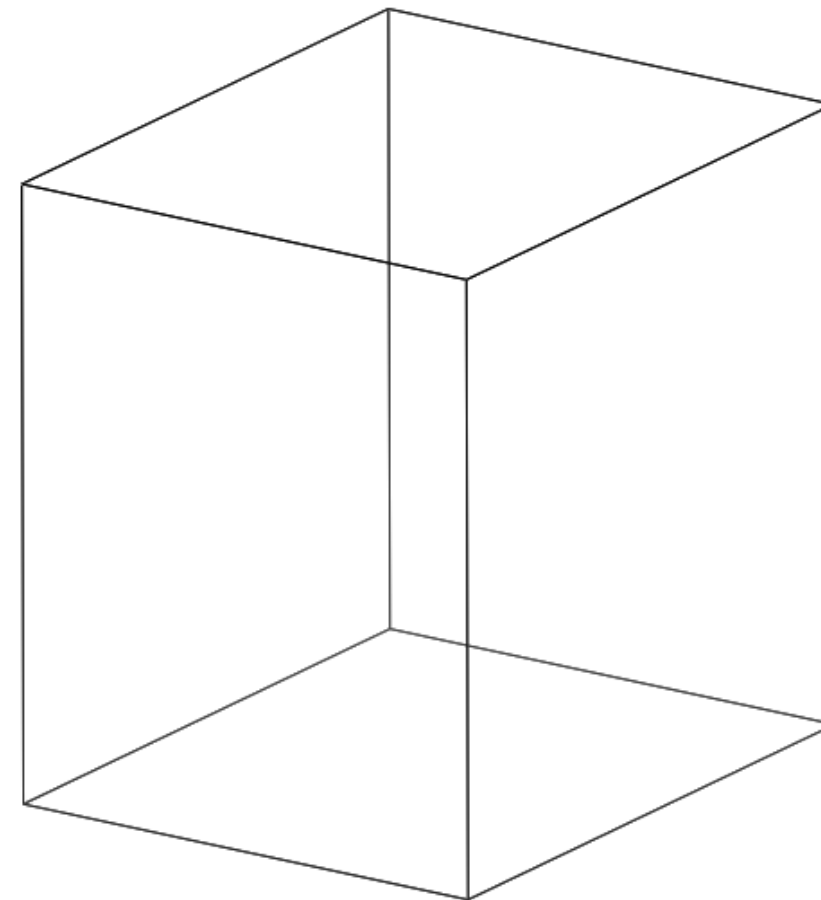
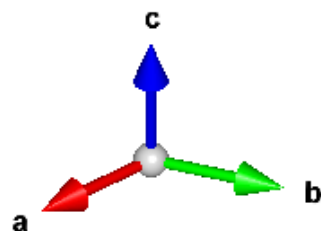
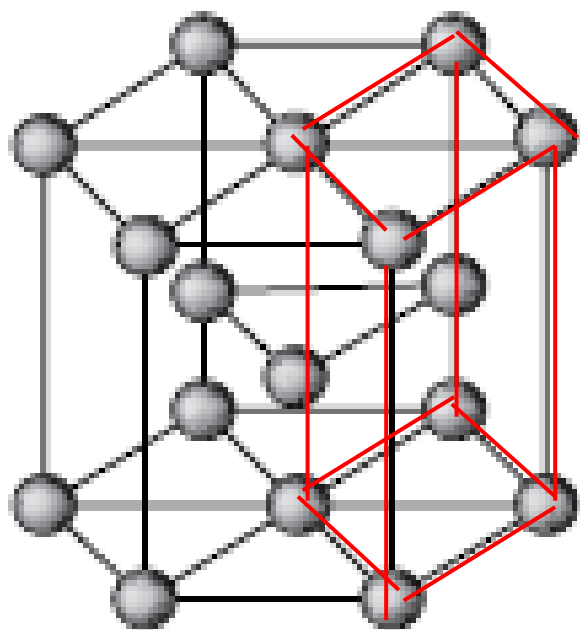
Direções Cristalográficas [uvw]

- Vamos desenhar agora a direção [110] no sistema ortorrômbico ao lado.



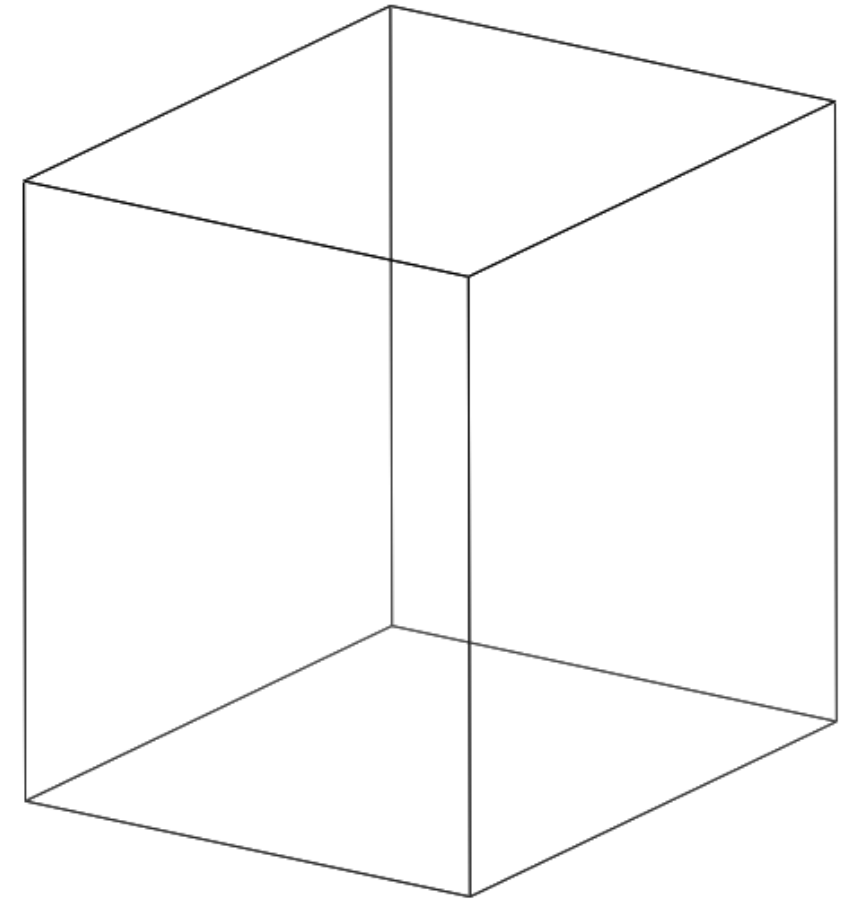
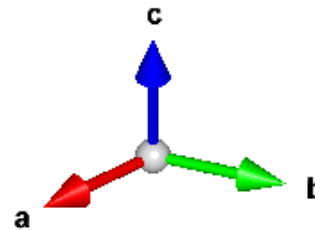
Direções Cristalográficas [uvw]

E o sistema Hexagonal?



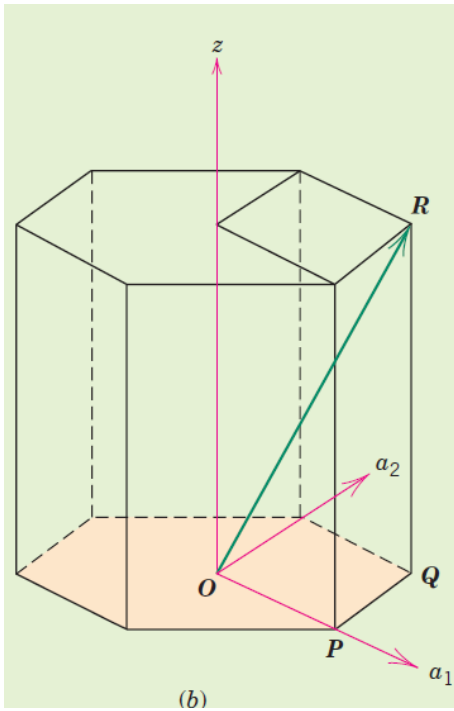
Direções Cristalográficas [uvw]

- Vamos desenhar agora a direção [110] e [100] no sistema hexagonal ao lado.
- O procedimento é idêntico aos sistemas anteriores.
- Se quiser, a direção [uvw] pode ser transformada para o sistema [uvtw].



Direções Cristalográficas $[uvw]$

- Exemplo de conversão



$[111]$

$$[u'v'w'] \longrightarrow [uvw]$$

$$u = \frac{1}{3}(2u' - v')$$

$$v = \frac{1}{3}(2v' - u')$$

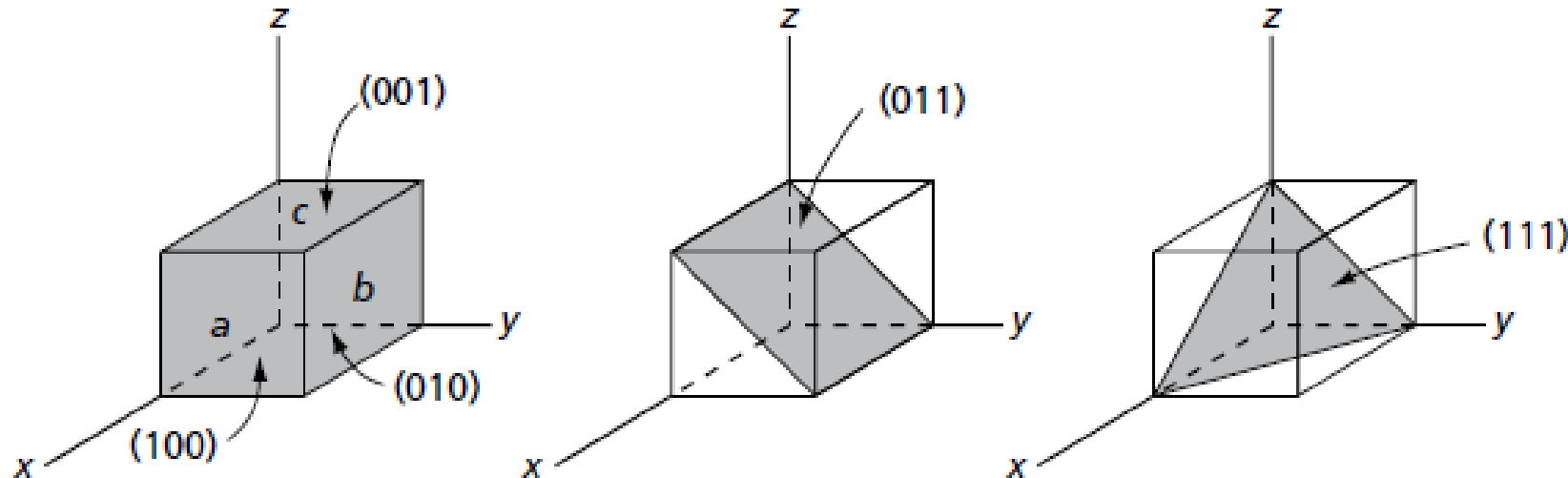
$$t = -(u + v)$$

$$w = w'$$

$[11\bar{2}3]$

Planos Cristalográficos (hkl)

- Os valores (hkl) são chamados de índices de Miller.
- São definidos através dos menores múltiplos inteiros dos recíprocos de intercepção do plano dos eixos a, b e c.
- Os valores de (hkl) representam não apenas um único plano, mas um conjunto infinito de planos paralelos com espaçamento interplanar constante.

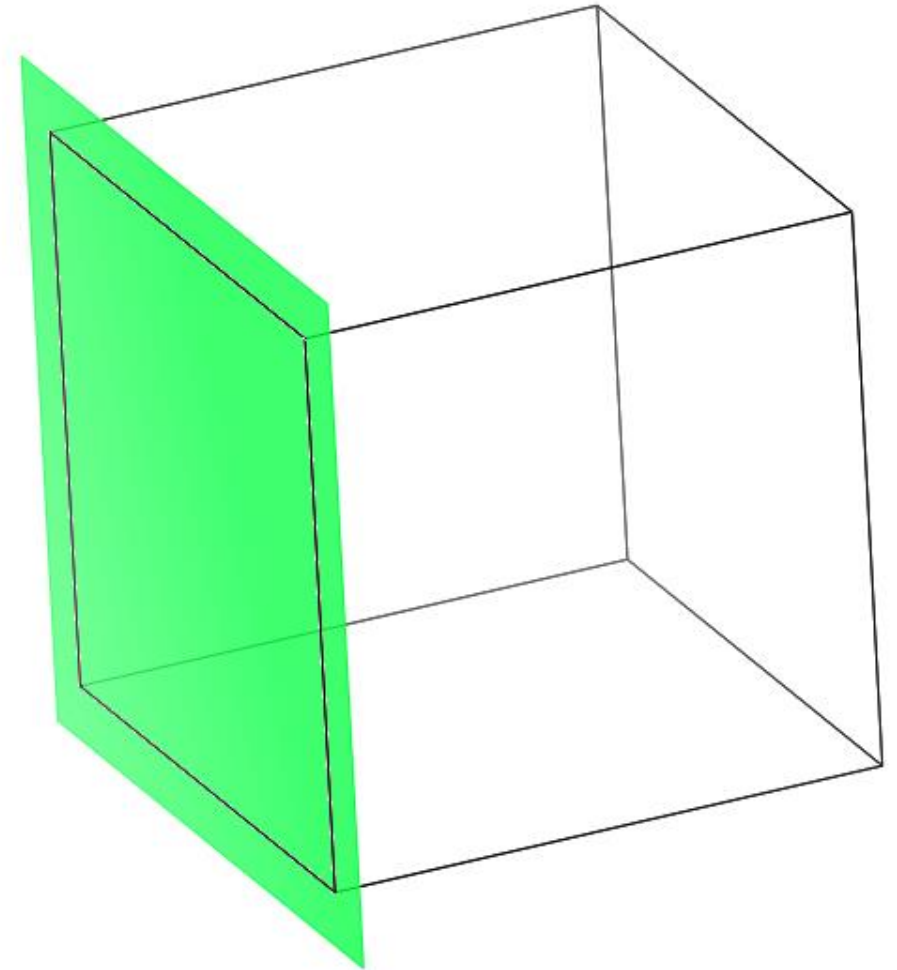
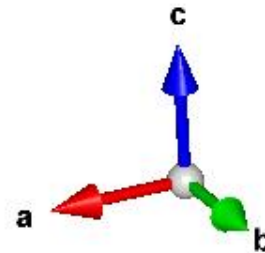


Planos Cristalográficos (hkl)

- Para se obter os índices de Miller:
 - Se o plano passa pela origem do sistema, construa outro plano equivalente que não passe pela origem do sistema.
 - Após isso, o plano ou vai interceptar cada um dos 3 eixos ou será paralelo a alguns dos eixos.
 - O plano vai interceptar os eixos em determinados valores de a , b e c . Se ele for paralelo a algum eixo, o valor da interceptação será infinito.
 - Tome o recíproco dos valores de a , b e c . Os menores inteiros referentes a esses 3 valores são os índices de Miller.

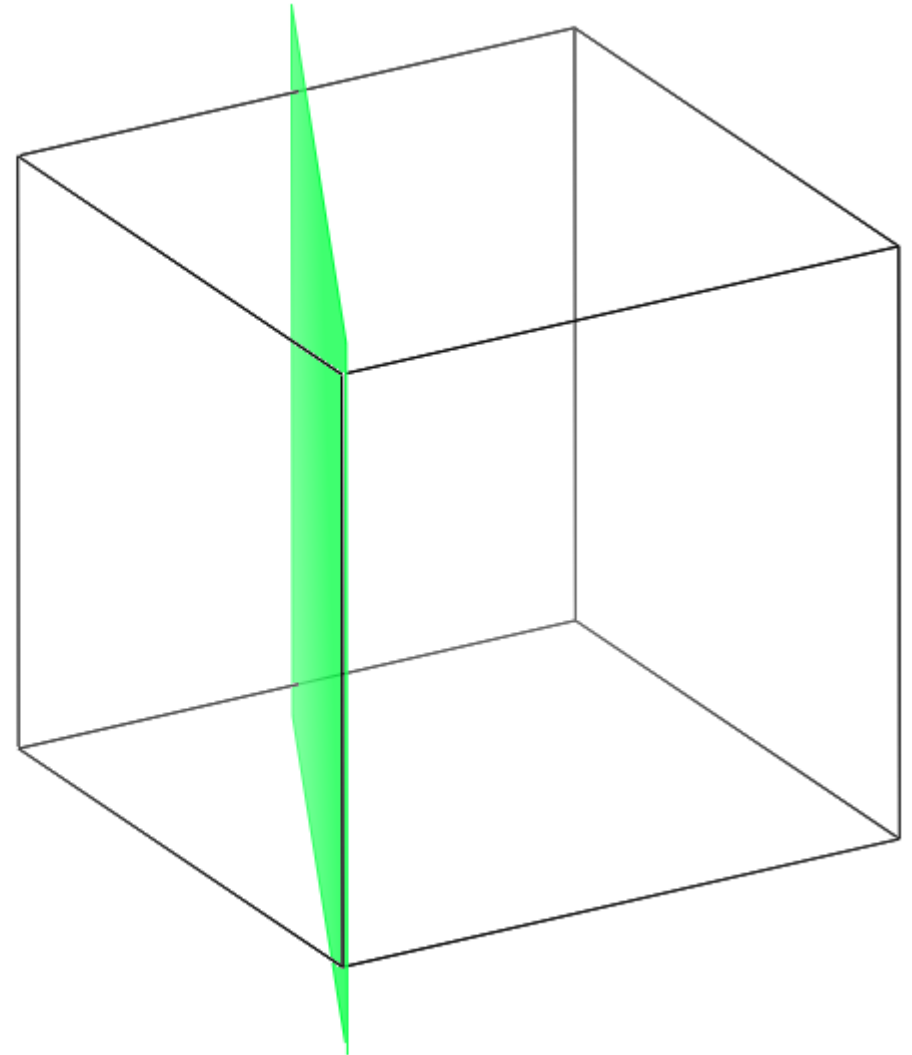
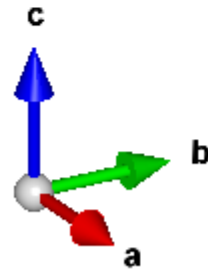
Planos Cristalográficos (hkl)

- Defina os índices de Miller do plano verde desenhado em um sistema cúbico.



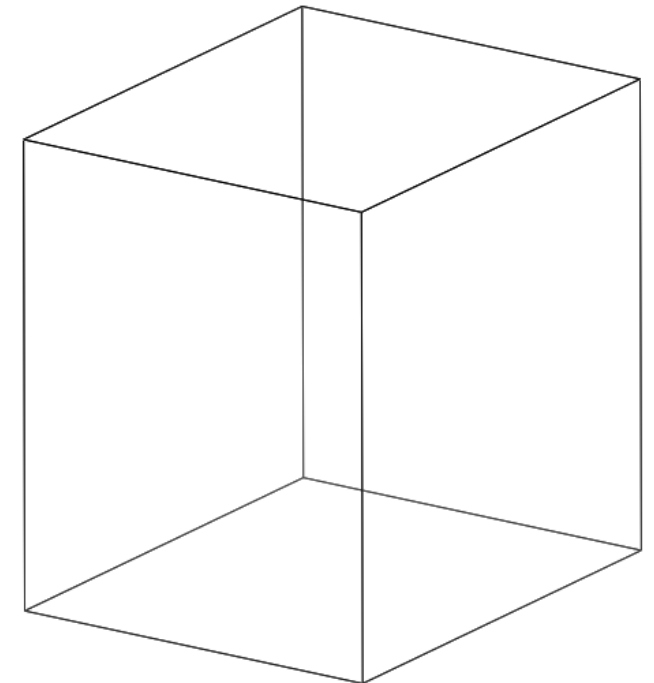
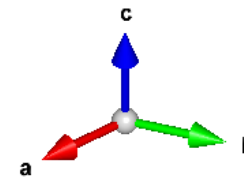
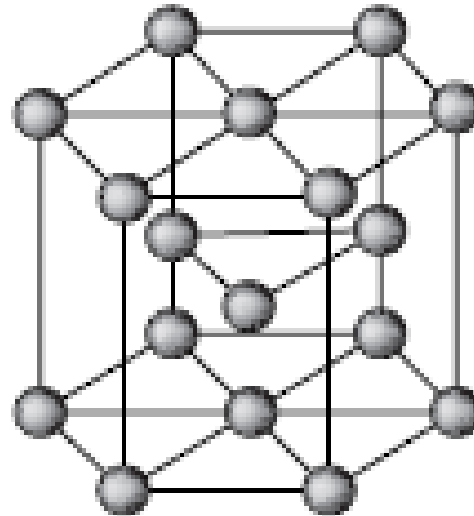
Planos Cristalográficos (hkl)

- Defina os índices de Miller do plano verde desenhado em um sistema cúbico.

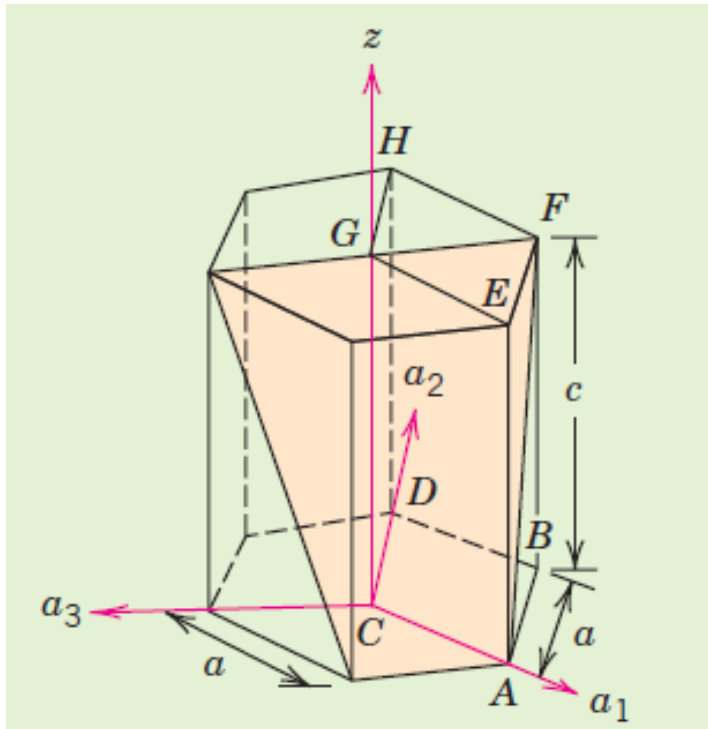


Planos Cristalográficos (hkl)

- No sistema hexagonal....
- Usamos o mesmo procedimento.
- Caso seja necessário (hkl) pode virar (hkil).
- $i = -(h+k)$



Planos Cristalográficos (hkl)



(1-101)

Use apenas os eixos a_1 , a_2 e c

$$h=1$$

$$k=-1$$

$$l=1$$

$$i=-(1+(-1))=0$$

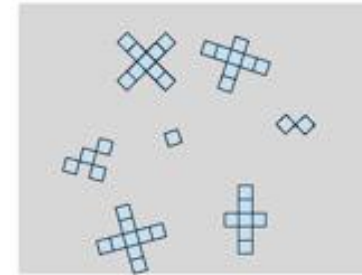
Monocrystal

- Quando o arranjo periódico e repetitivo dos átomos se estende ao longo da totalidade do material, sem interrupções, o material é dito **monocristalino**.
- Todas as células unitárias se interligam da mesma maneira e possuem a mesma direção.
- São de extrema importância para fabricação de circuitos eletrônicos, os quais apresentam monocristais de Si e outros semicondutores.

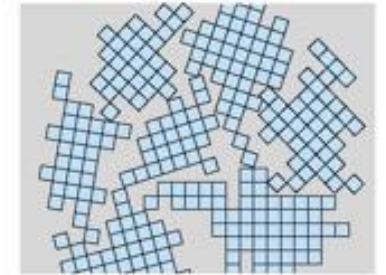


Policristais

- A **maioria** dos sólidos cristalinos são formados por conjuntos de muitos cristais pequenos (ou **grãos**).
- Tais materiais são chamados de **policristalinos**.
- Os cristais geralmente apresentam orientações aleatórias.
- Existem alguns desencontros de átomos dentro da região onde dois grãos se encontram. Esta área é chamada de **contorno de grão**.



(a)



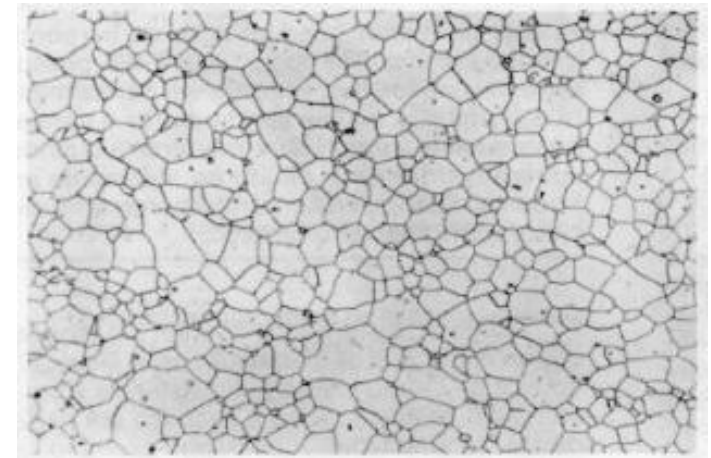
(b)



(c)



(d)



Sólidos não Cristalinos

- Não apresentam um arranjo atômico regular e sistemático ao longo de distâncias atômicas relativamente grandes.
- Diz-se que não apresentam ordem de longo alcance.
- São também chamados de **amorfos**
- Estruturas atômicas lembram a de um líquido.



Os vidros são exemplos típicos de sólidos não-cristalinos