

# **Imperfeições na rede cristalina**

# Ciências dos Materiais

## 3. Imperfeições nos sólidos

Defeitos pontuais

Impurezas

Defeitos de interfaces

Contornos de grãos

- Defeito cristalino: imperfeição do reticulado cristalino
- Classificação dos defeitos cristalinos:
  - Defeitos pontiformes (associados com uma ou duas posições atômicas): lacunas e átomos intersticiais.
  - Defeitos de linha (defeitos unidimensionais): discordâncias
  - Defeitos bidimensionais (fronteiras entre duas regiões com diferentes estruturas cristalinas ou diferentes orientações cristalográficas): contornos de grão, interfaces, superfícies livres, contornos de macla, defeitos de empilhamento.
  - Defeitos volumétricos (defeitos tridimensionais): poros, trincas e inclusões.

# Defeitos em estruturas cristalinas

- Os defeitos em estruturas cristalinas podem exercer um tremendo efeito sobre o comportamento dos materiais
- As propriedades físicas, elétricas, magnéticas e óticas dos materiais cristalinos podem ser modificadas e melhoradas pelo controle das imperfeições na sua rede cristalina

Ciências dos Materiais

3. Imperfeições nos sólidos

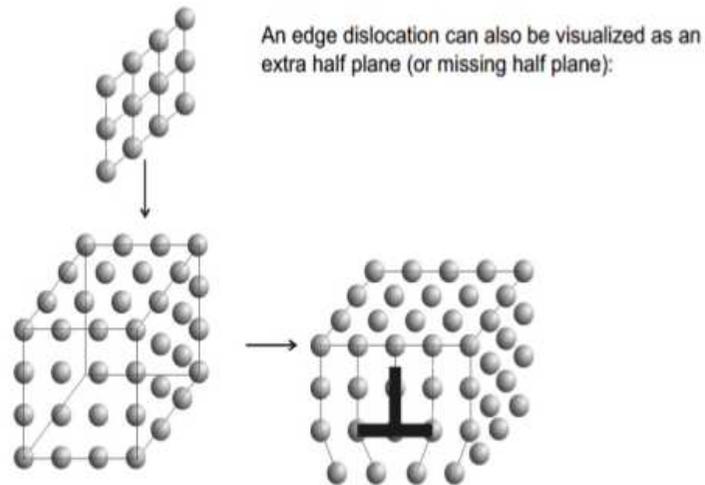
Defeitos estendidos

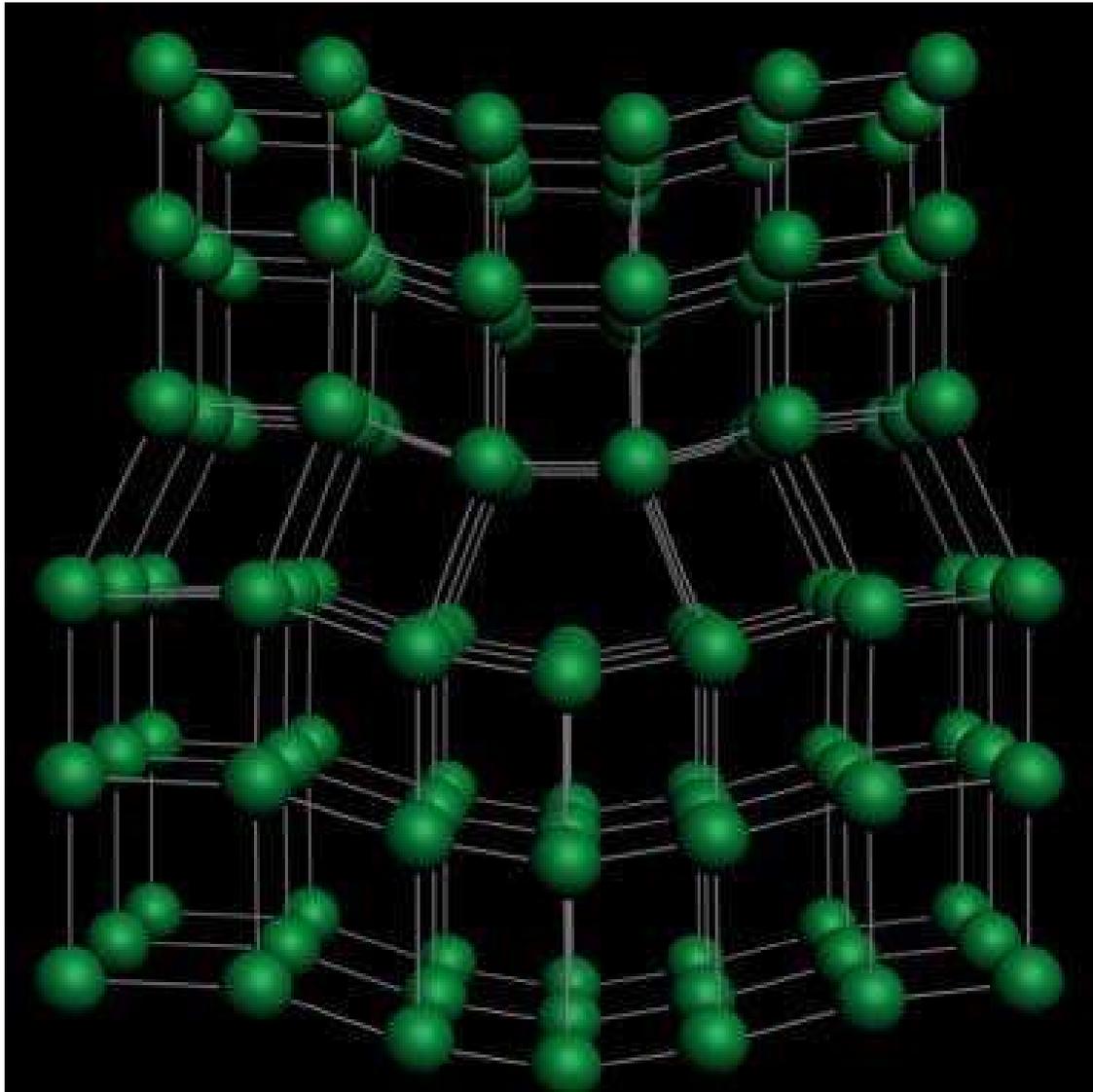
# **Imperfeições na rede cristalina: Defeitos lineares**

## CLASSIFICAÇÃO DAS DISCORDÂNCIAS

- ▶ Discordância em cunha
- ▶ Discordância em hélice
- ▶ Discordância mista

# Discordância em cunha ou Linha de discordância





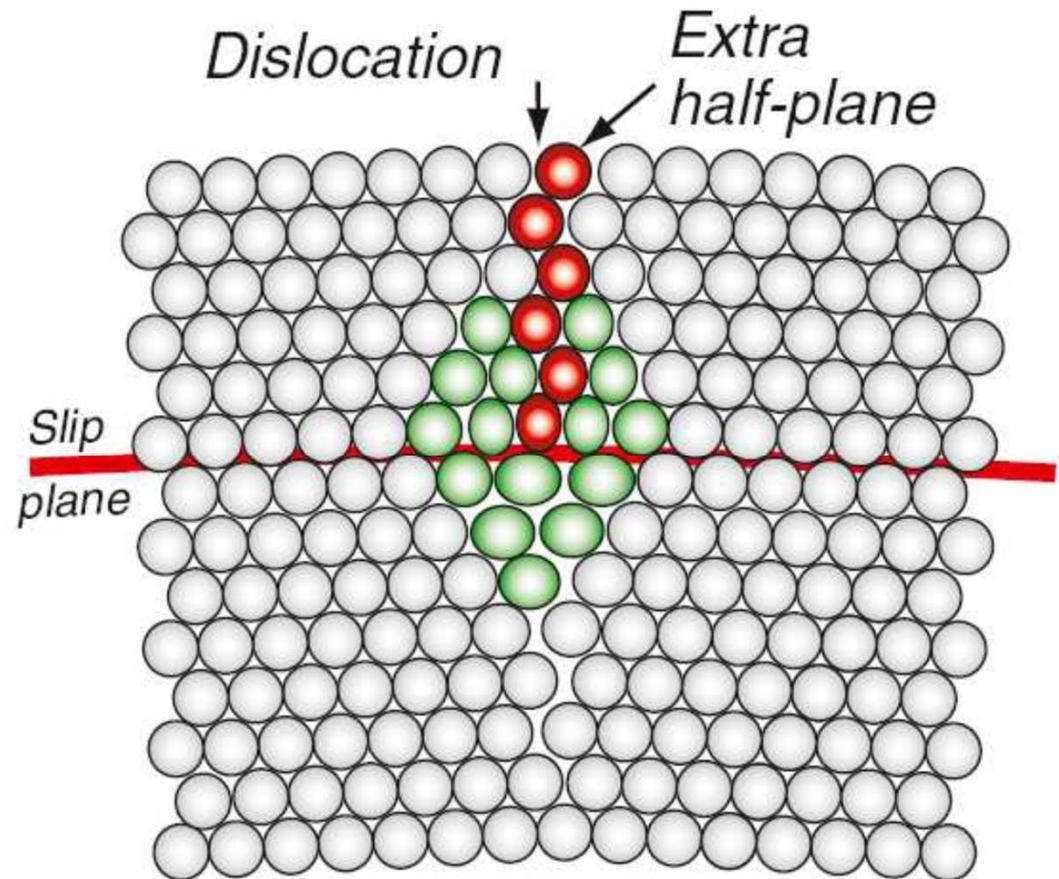
A discordância em cunha ou linha de discordância está associado a um semi plano extra de átomos na estrutura do cristal

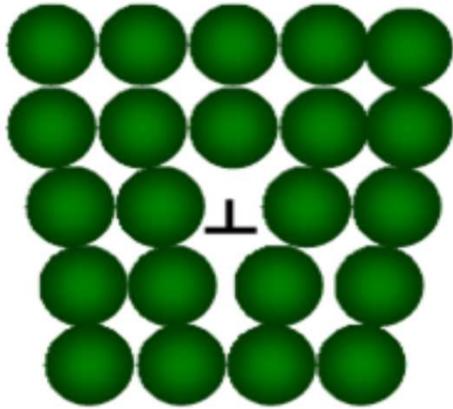
A parte inferior do cristal tem um semi plano de átomos a mais que a parte superior. Este tipo de defeito distorce a rede dos metais tornando-os mais moles e dúcteis (maleável)

Todos cristais contém defeitos em linha conhecidos como discordâncias

Discordância = fora de alinhamento

Discordâncias atuam como a principal fonte de deformação plásticas em materiais cristalinos

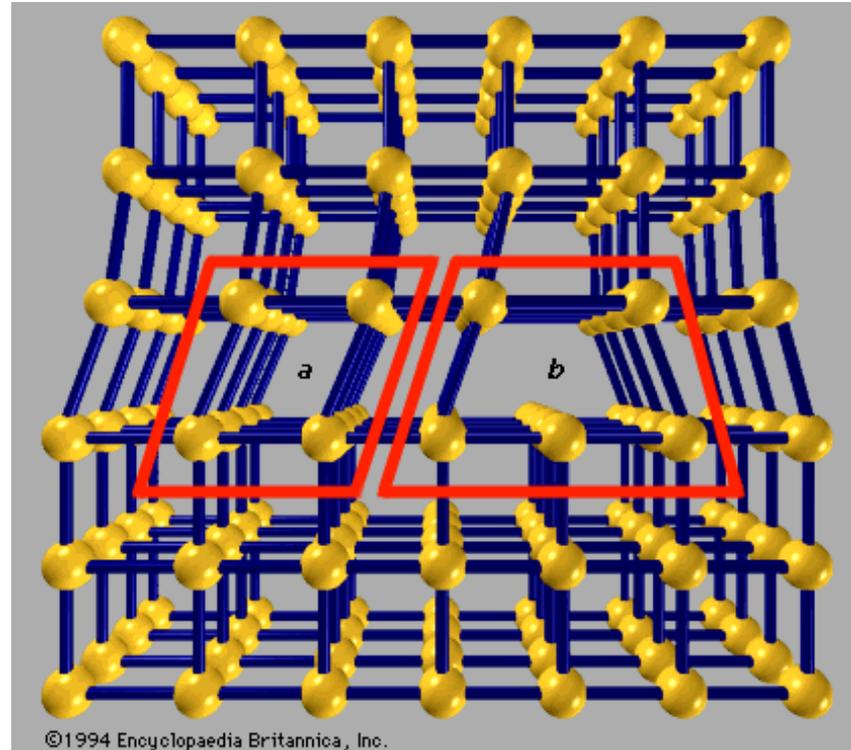




Se as discordâncias não são energeticamente favoráveis, Então, por que elas surgem na estrutura cristalina?

Todos metais contém um número apreciável de linhas de discordâncias que são produzidas durante o crescimento do cristal a partir da fase líquida

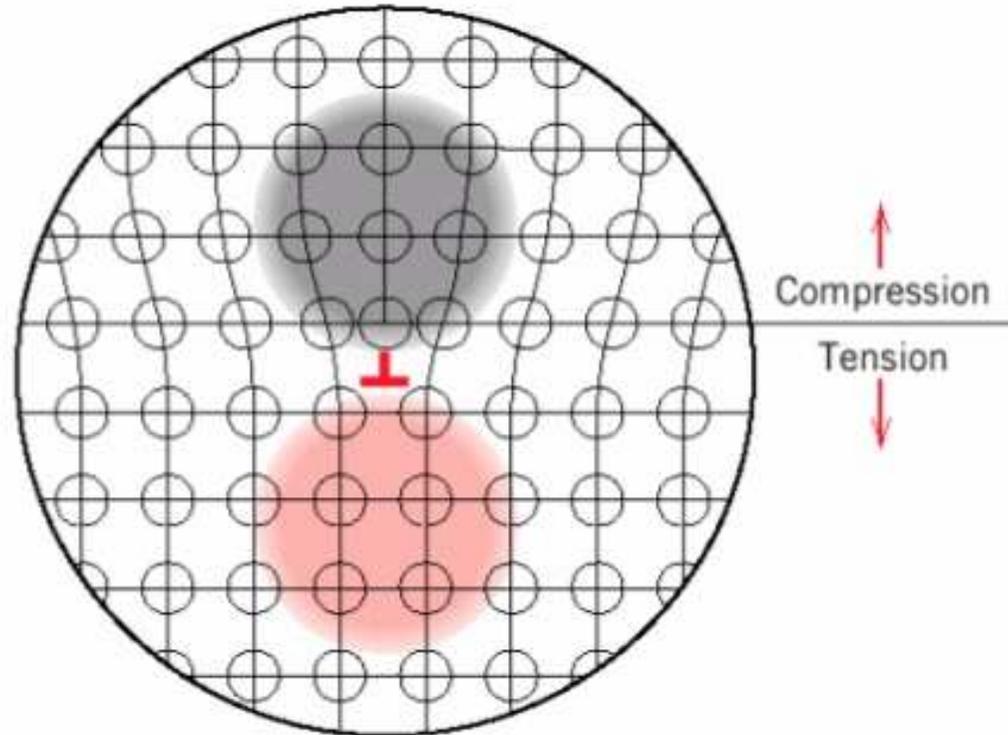
Acredita-se que as irregularidades nos contornos de grão são responsáveis pelo aparecimento de discordâncias na rede do cristal. As discordâncias podem ser formados pela agregação e colapso de vacâncias. A nucleação heterogênea de discordâncias cria uma alta tensão local.



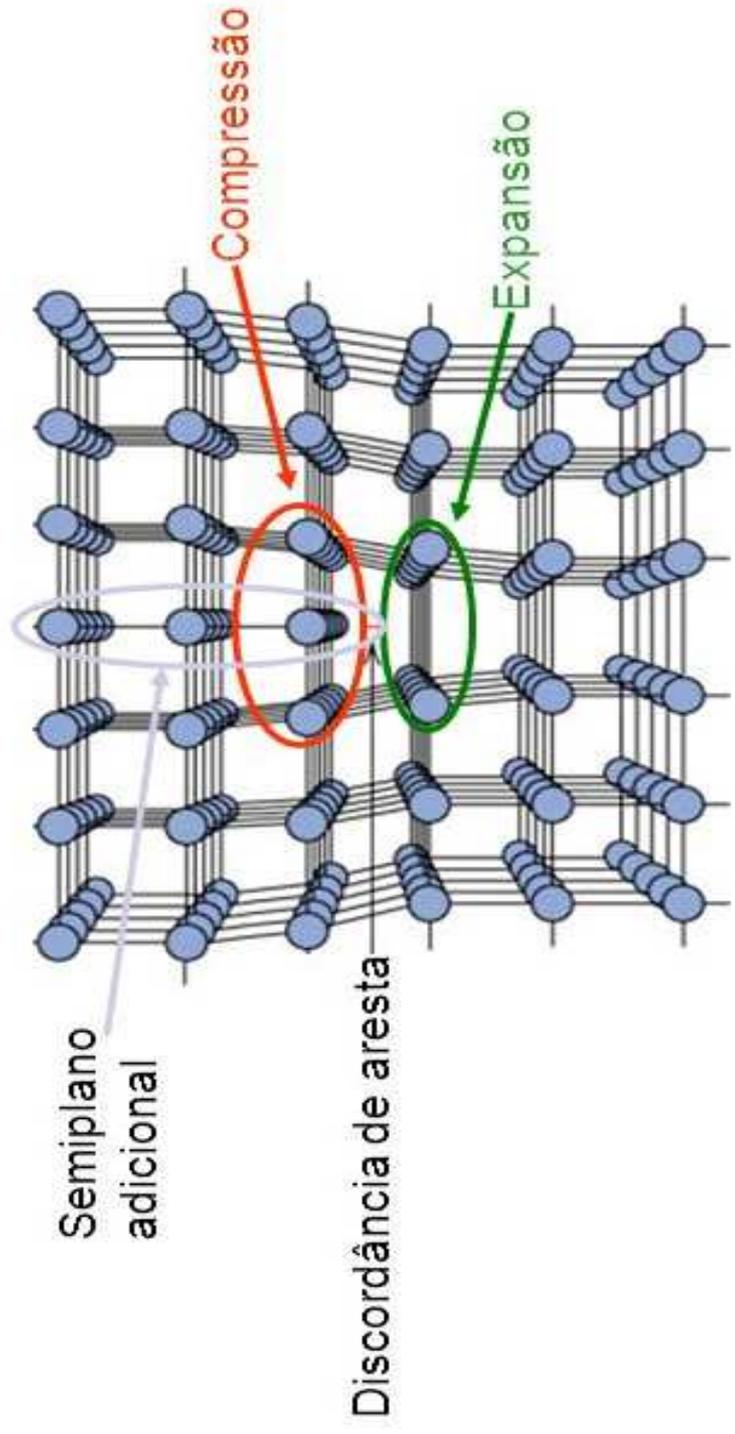
©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Discordâncias são fontes de tensão interna no cristal

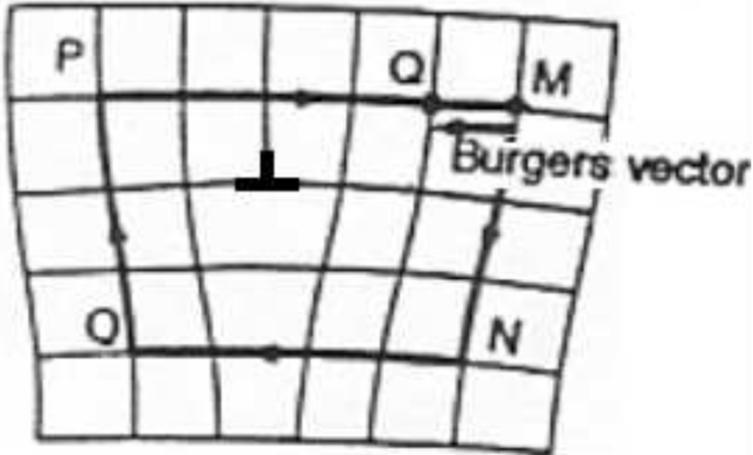
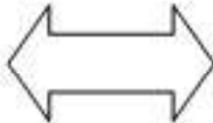
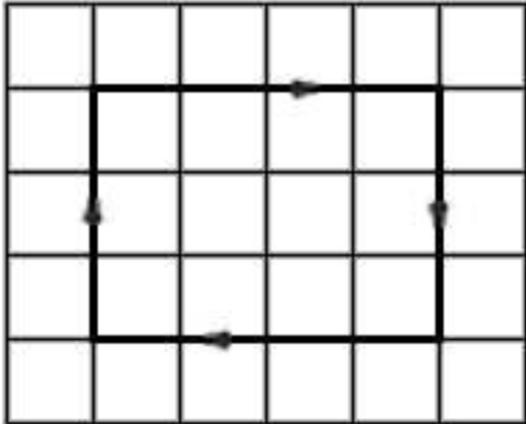
## Campos de tensões ao redor da discordância em linha

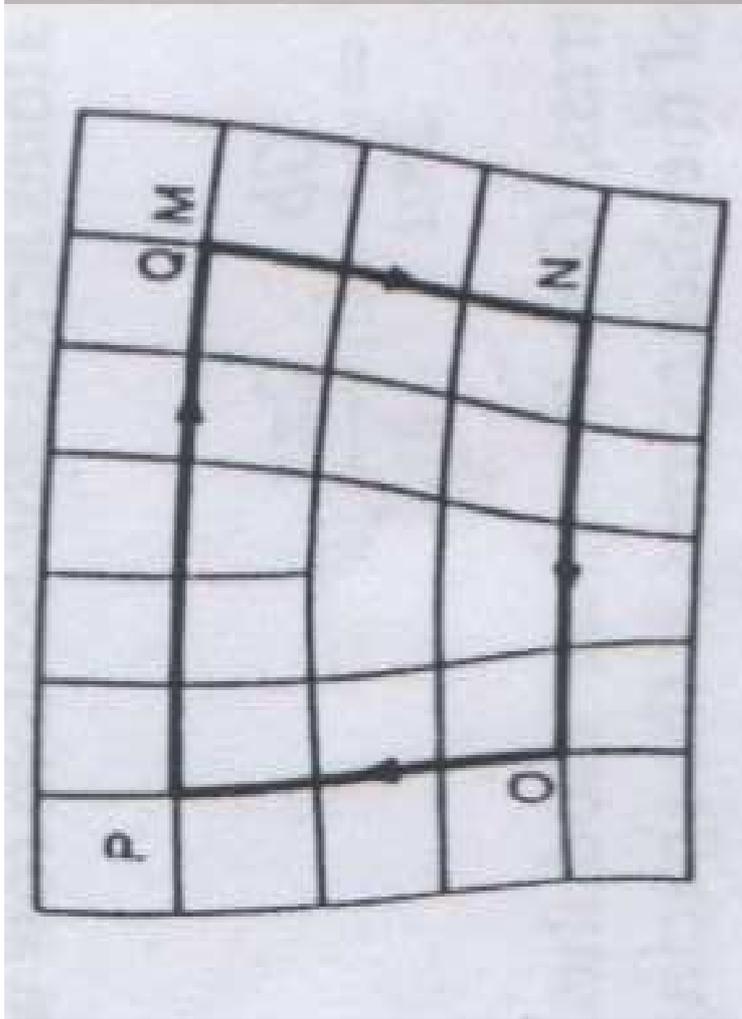
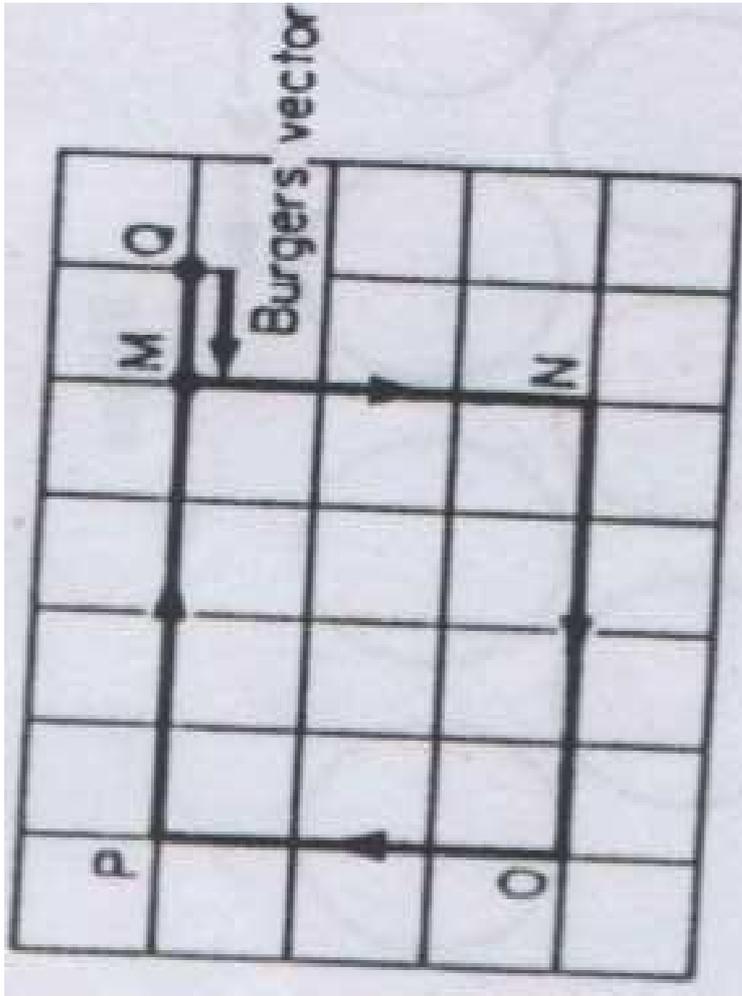


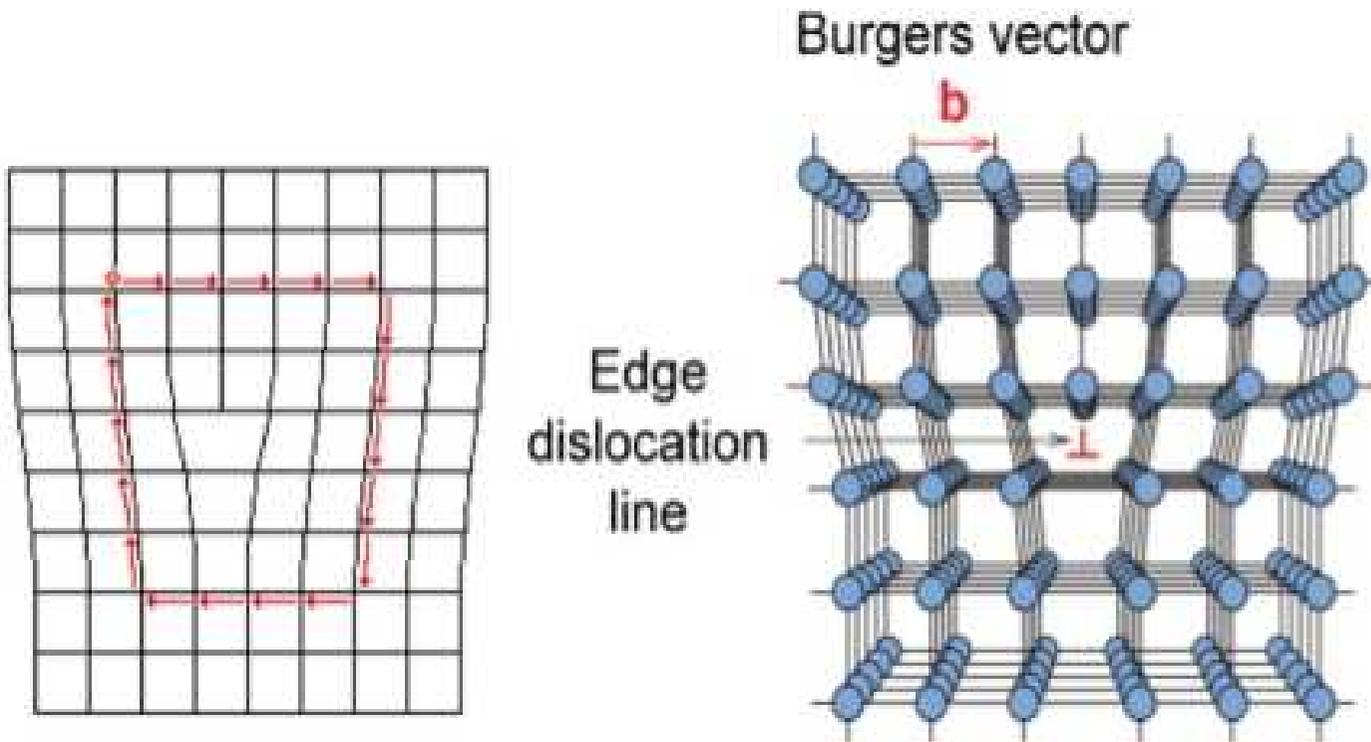
Os átomos acima da linha de discordância sofrem uma tensão de compressão e os que estão abaixo sofrem uma tensão de separação



A magnitude e a direção da distorção da rede é expressa em termos do “Vetor de Burgers”

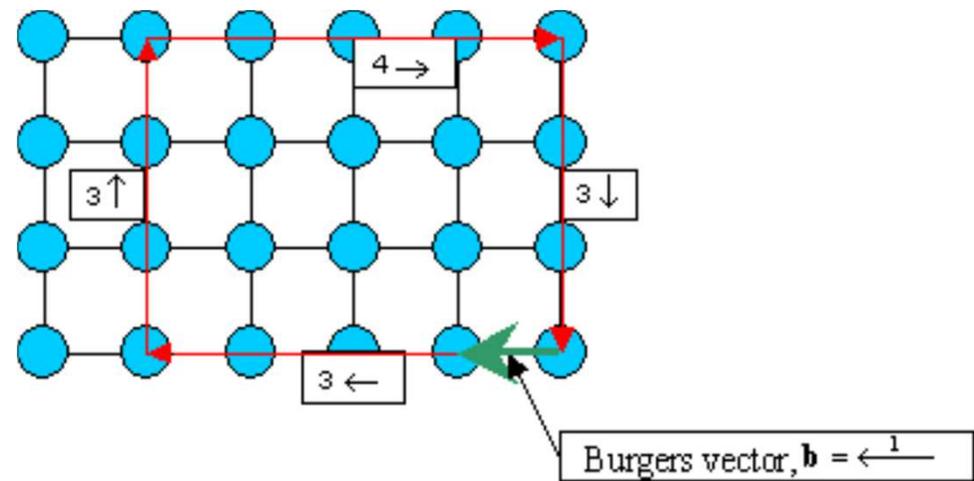
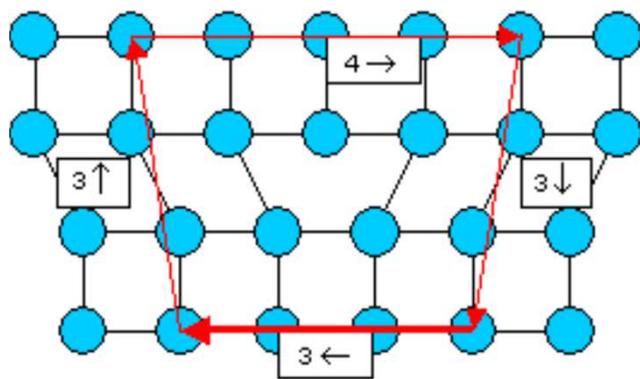


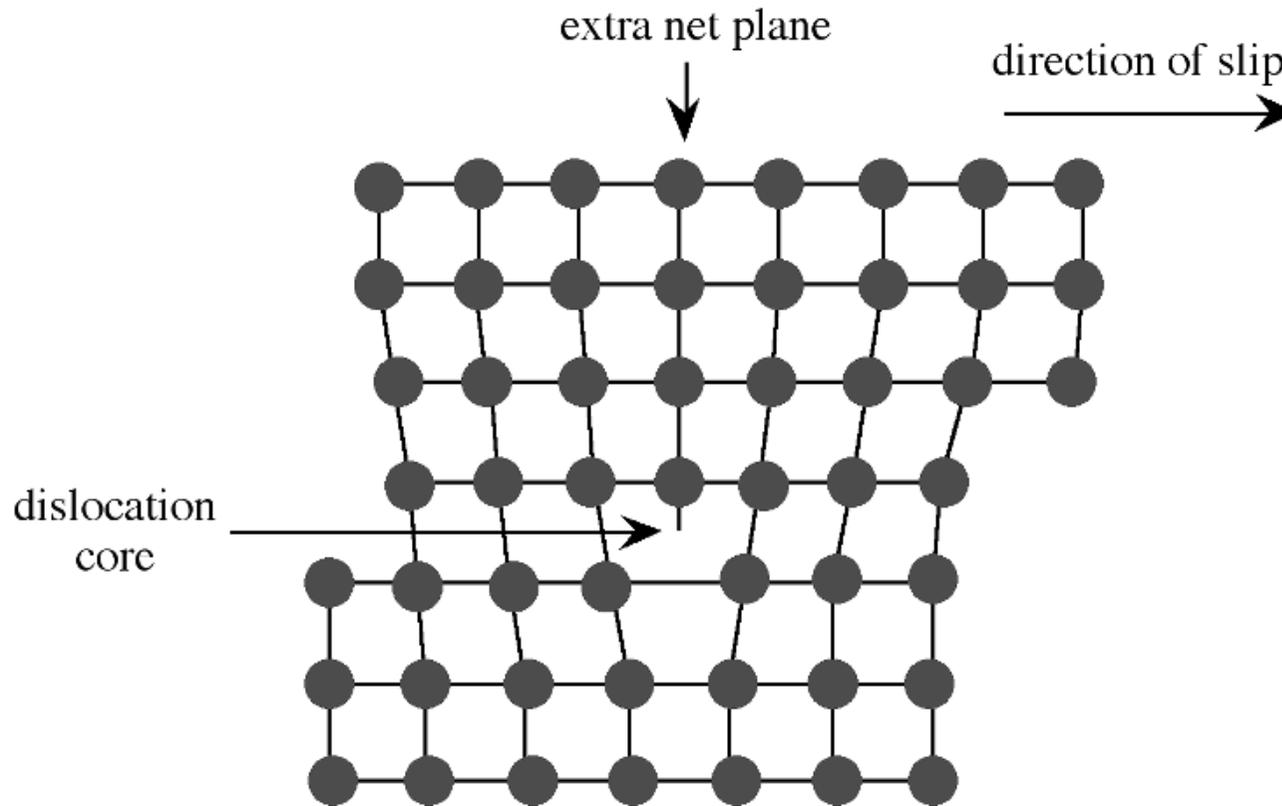




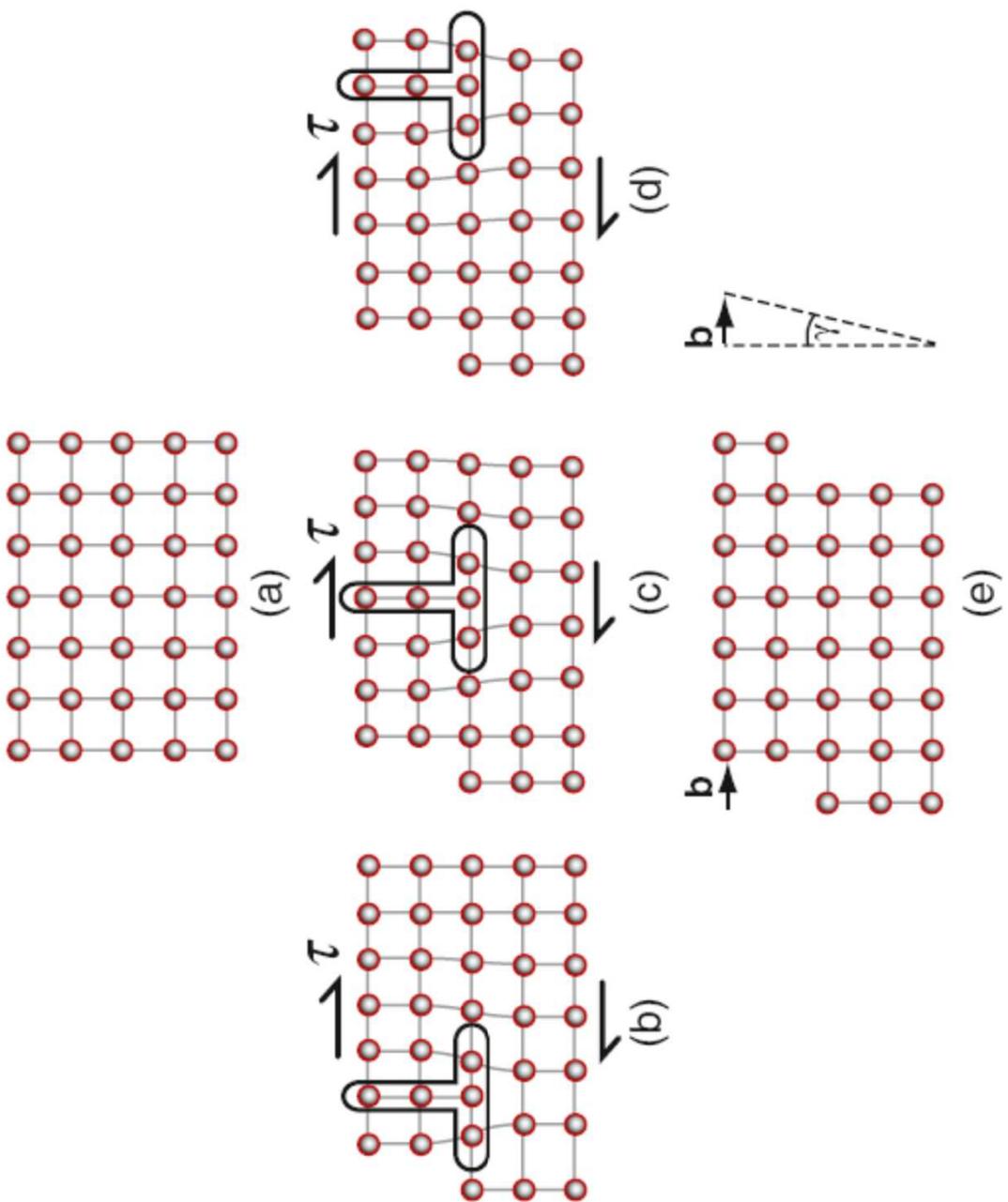
O vetor de Burgers indica a quantidade e a direção da mudança da rede sobre o plano de deslizamento

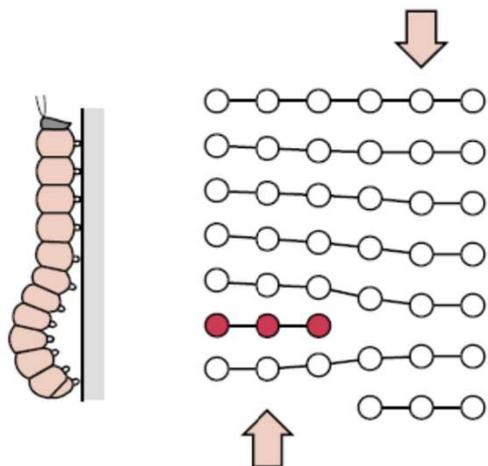
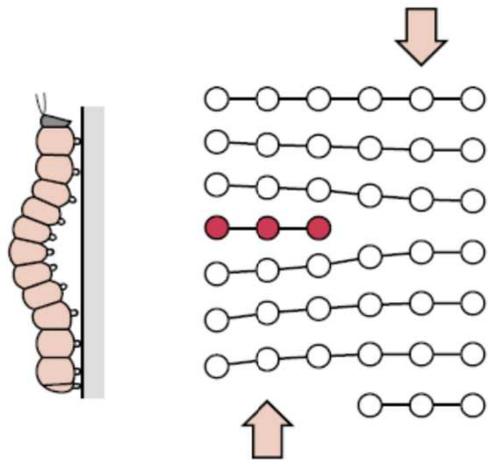
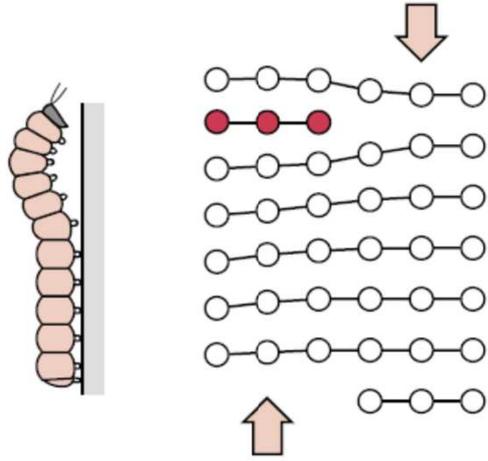
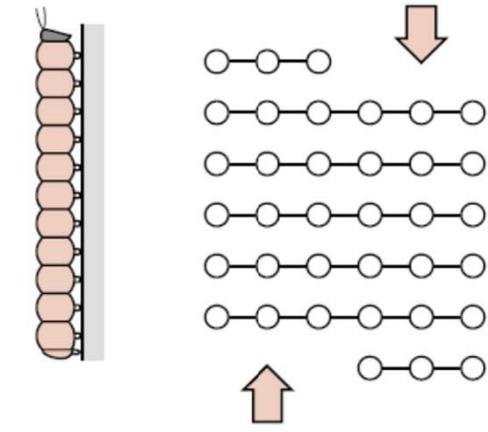
Procedimento para determinar o vetor de Burgers de uma discordância em uma rede cúbica primitiva bidimensional :



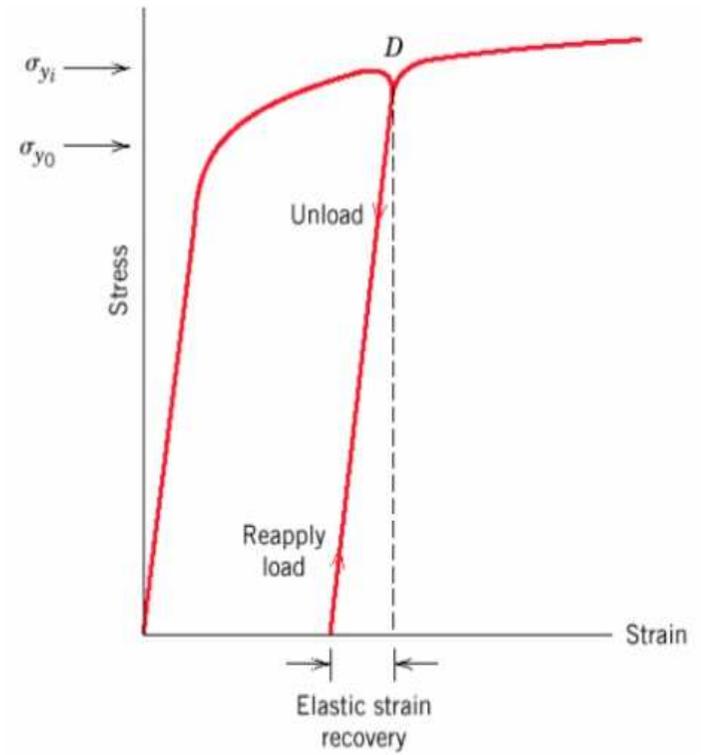
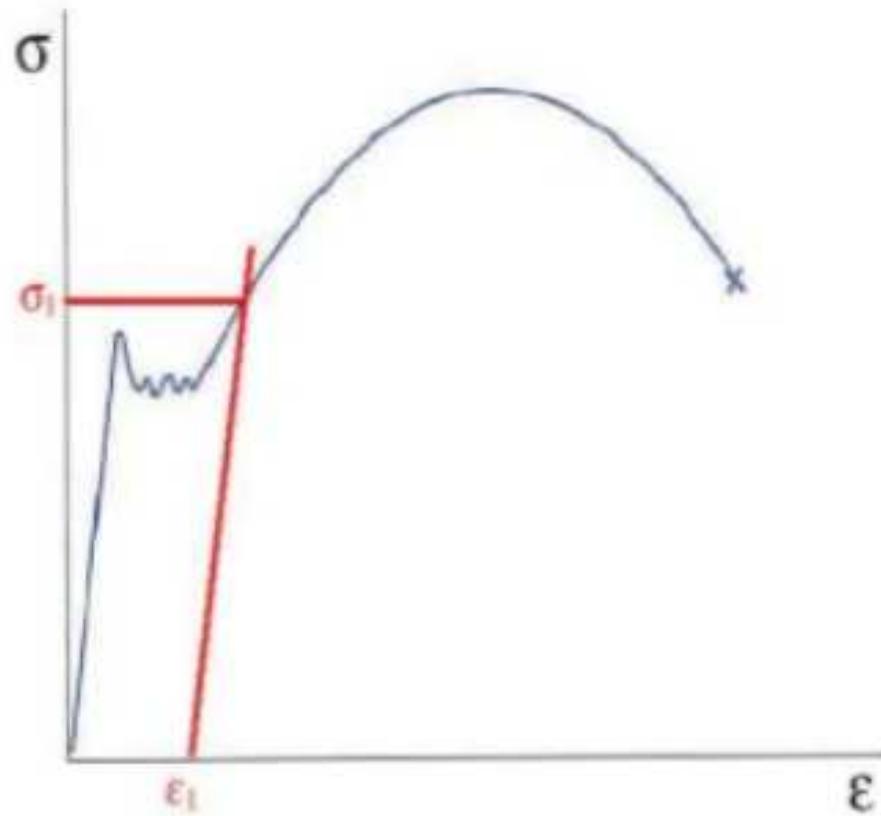


Discordâncias são defeitos em não-equilíbrio e deixam o cristal se uma oportunidade for dada



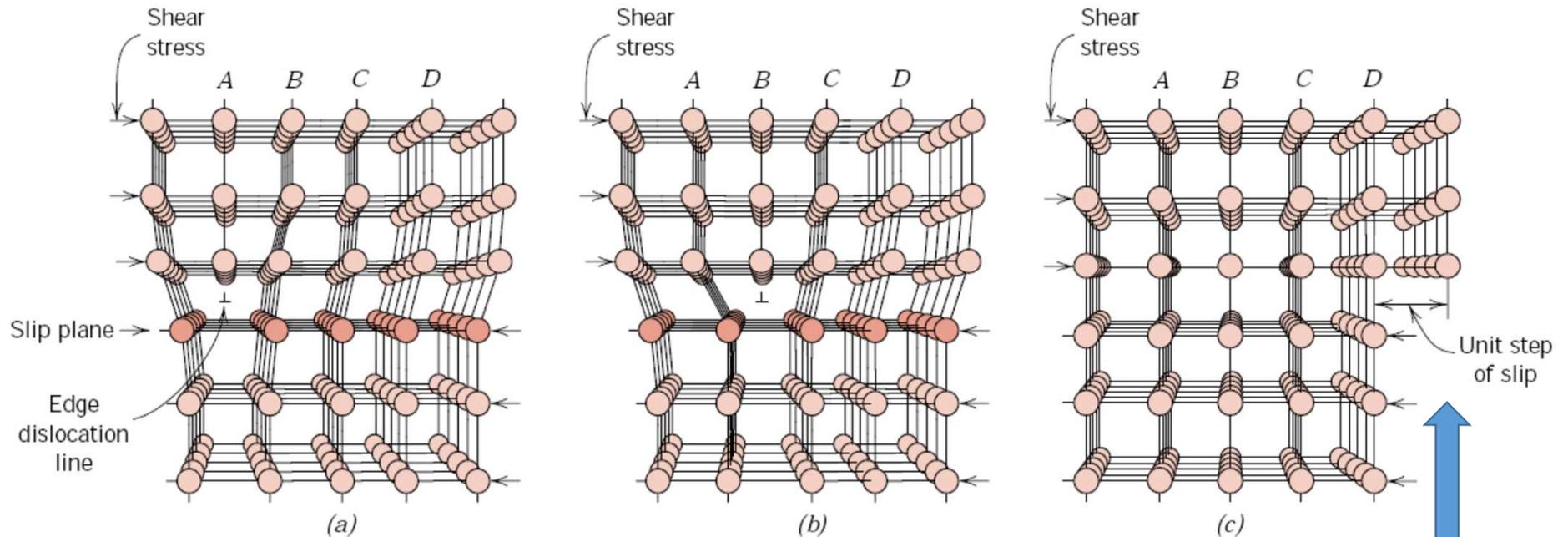


# Deformação Plástica



# Discordâncias e deformação plástica

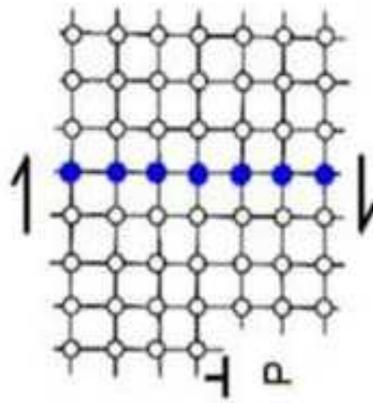
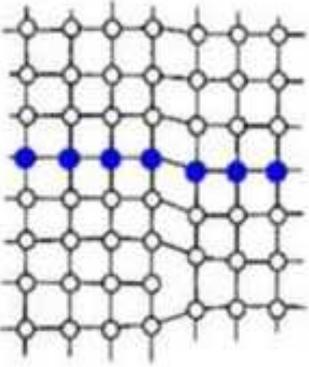
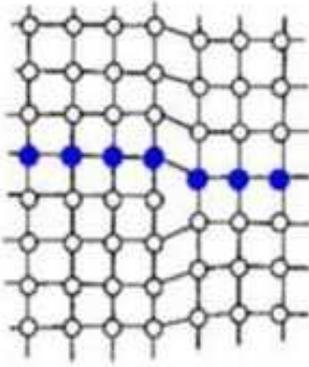
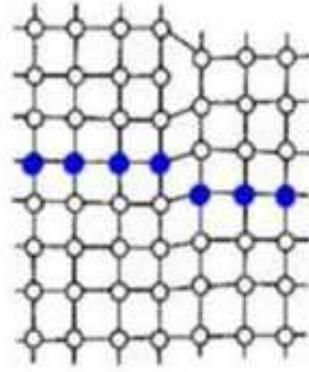
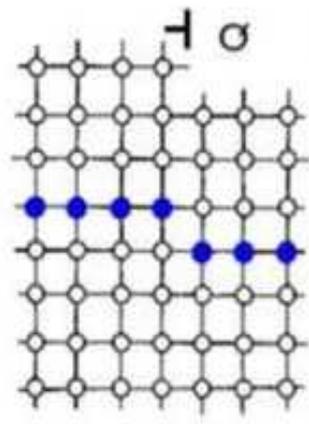
A deformação plástica corresponde ao movimento de um grande número de discordâncias



Quando uma tensão de cisalhamento é aplicada, átomos são deslocados, causando uma linha de discordância e movendo o vetor de Burgers na direção do deslizamento

O movimento contínuo da linha de discordância eventualmente cria um degrau

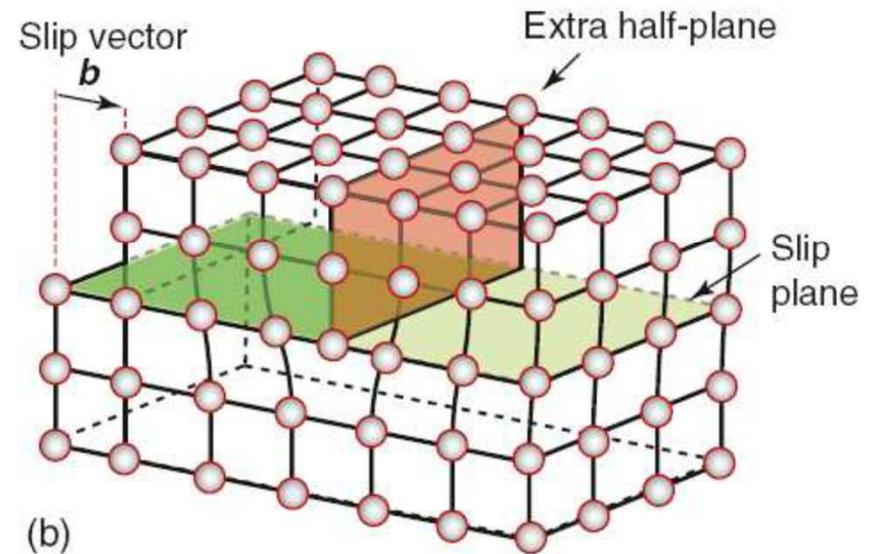
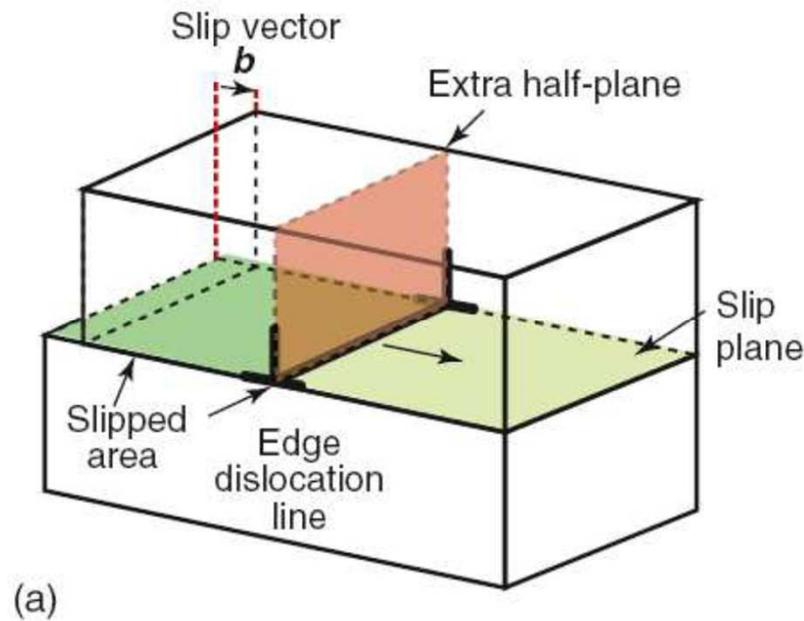
O cristal é permanentemente deformado.



# DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

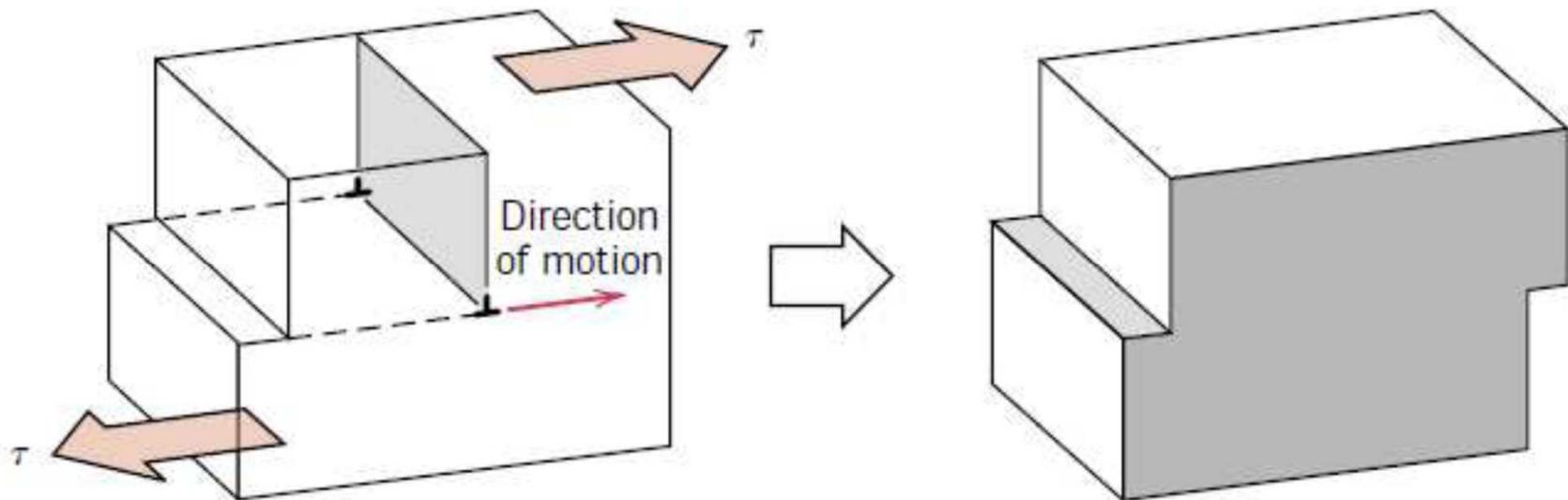
De uma perspectiva atômica, a deformação plástica corresponde à quebra de ligações com os átomos vizinhos originais e, em seguida, as ligações são refeitas com novos vizinhos em grande número de átomos que se movem em relação a um outro

# Discordância e Fluxos Plásticos



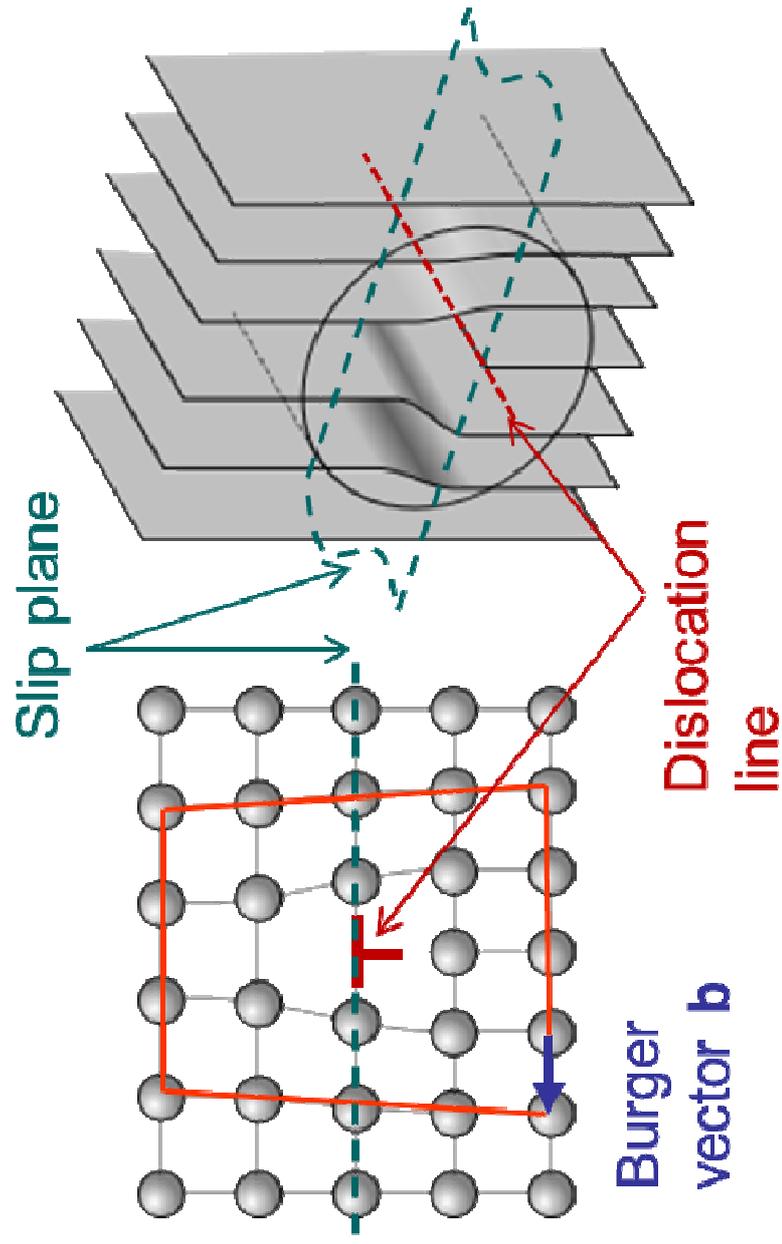
- ◆ A linha de discordância é criada pelo corte, deslizamento e ligações refeitas através do plano de deslizamento.
- ◆ A linha de discordância separa a parte do plano que tem deslizamento daquela parte que não desliza.

# Linhas de discordâncias



A formação de um degrau na superfície de um cristal pelo movimento de uma *linha de discordância*:

A linha de discordância move na direção da tensão de cisalhamento.



Positive edge dislocation

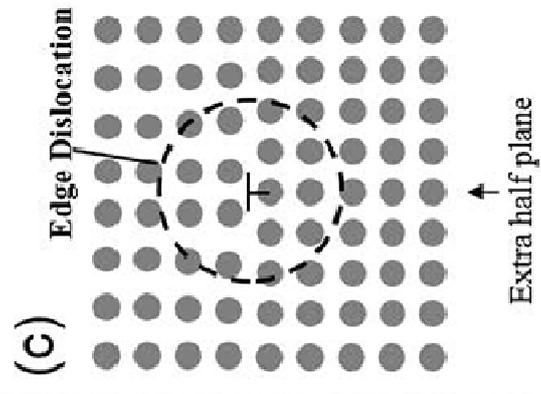
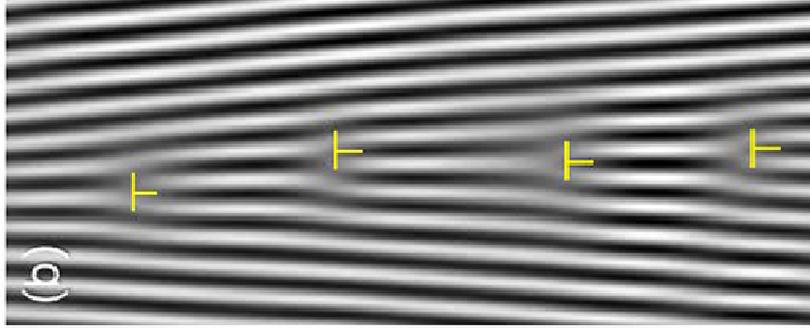
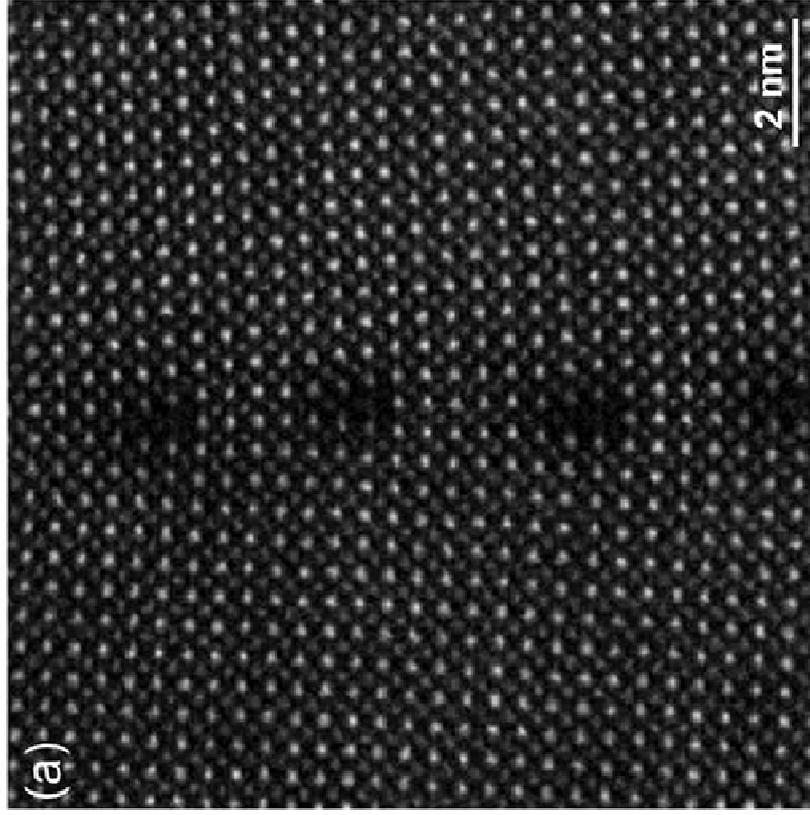


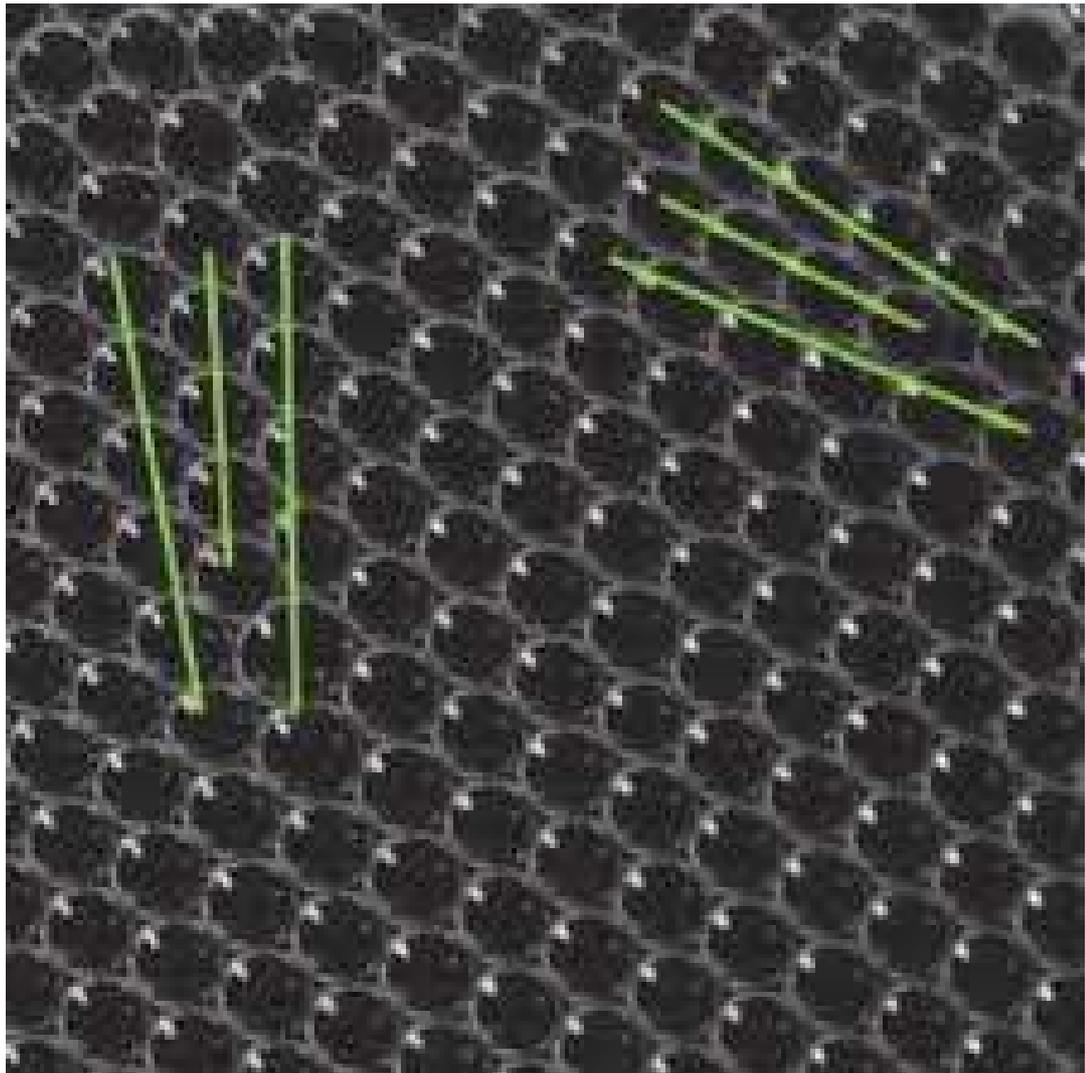
Negative edge dislocation

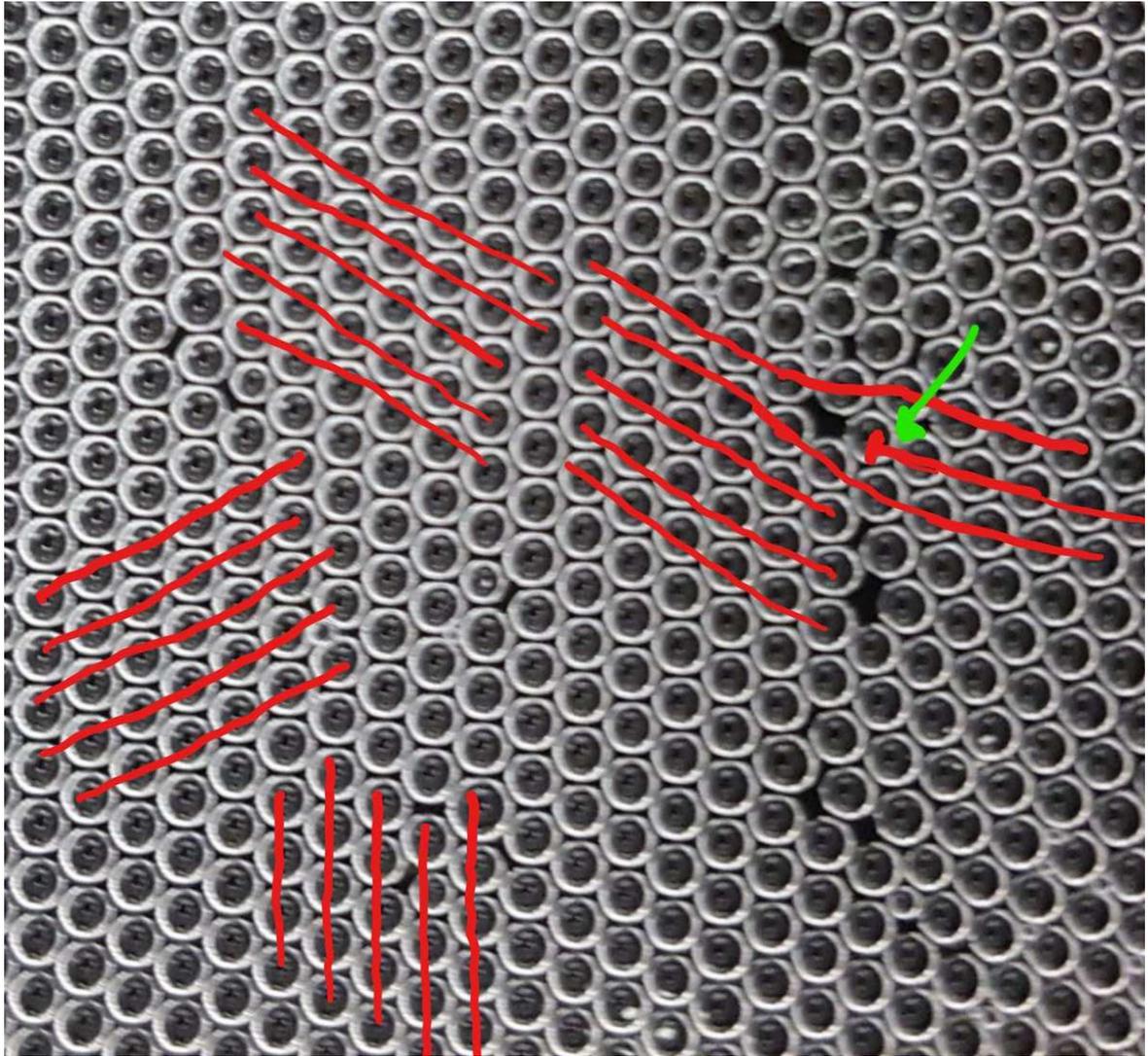


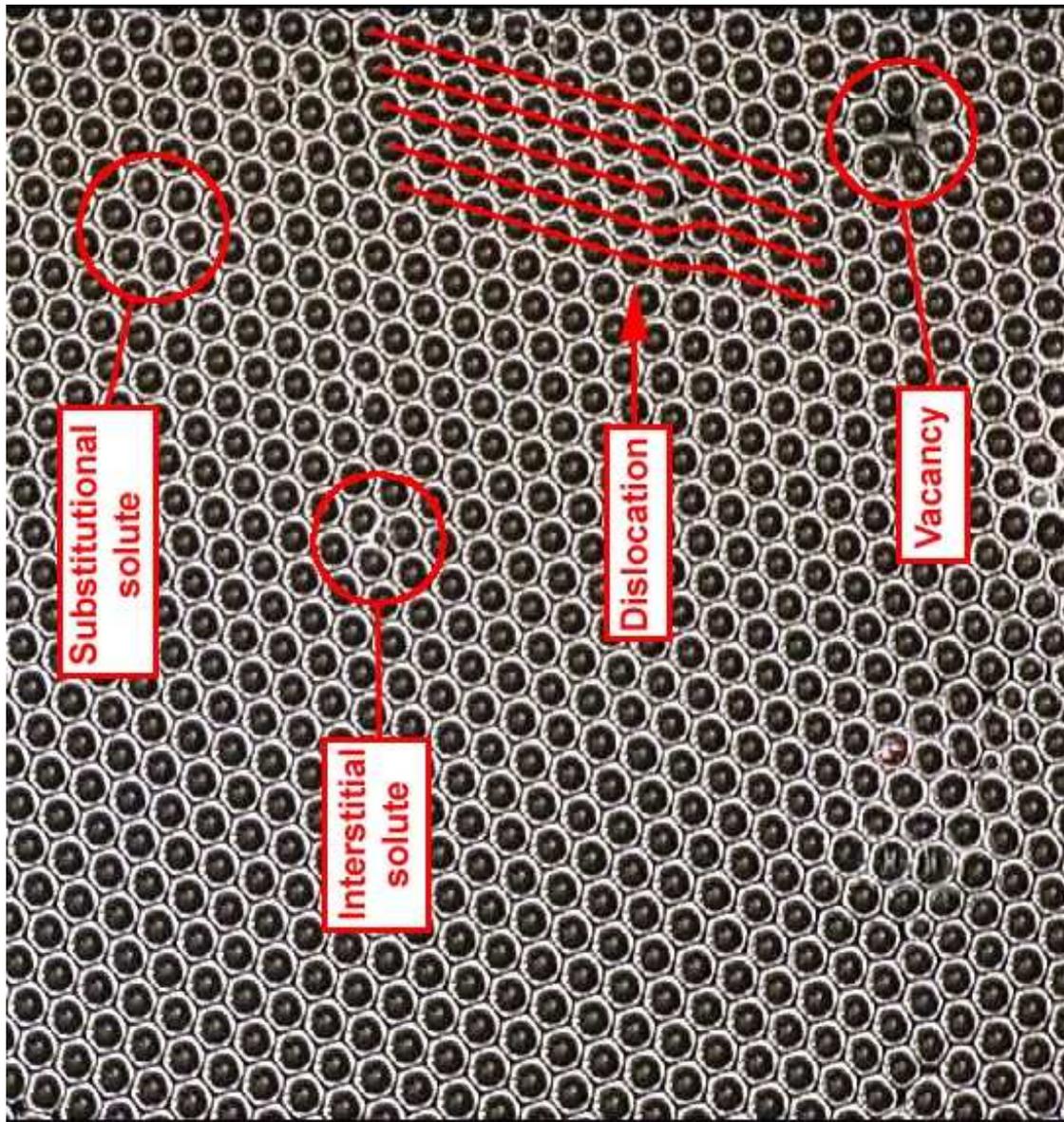
Can come together and cancel one another

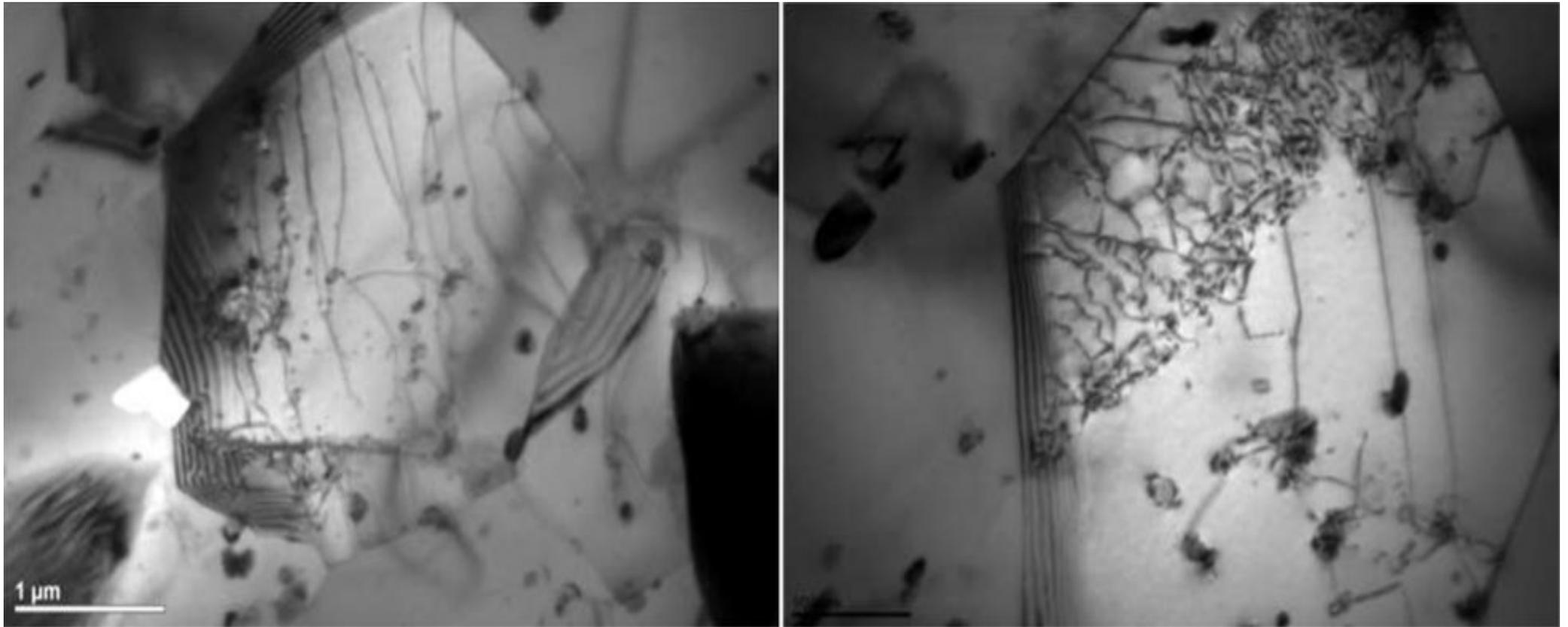




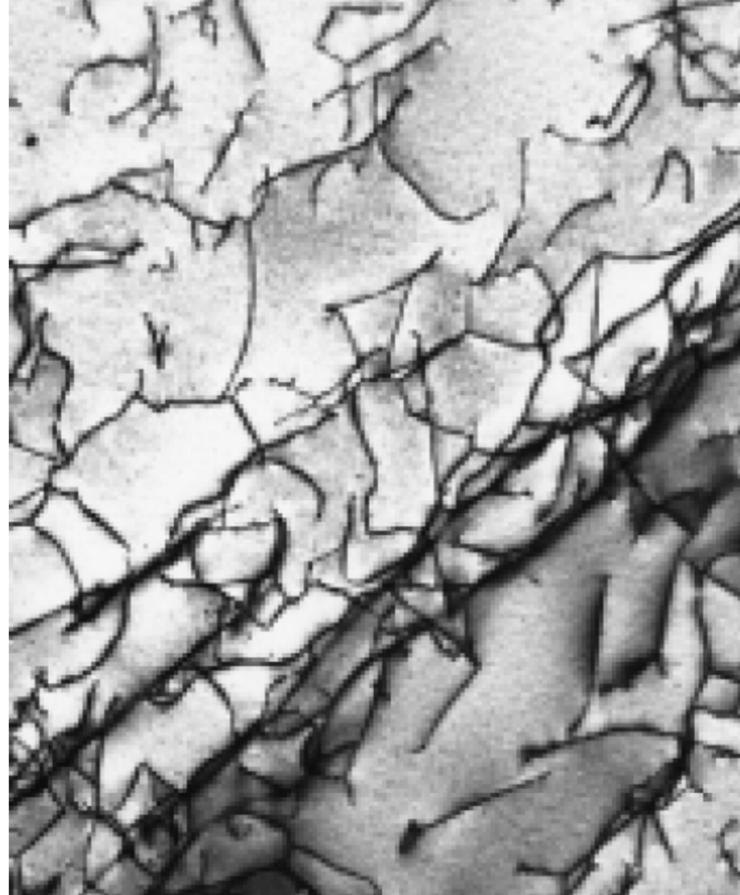








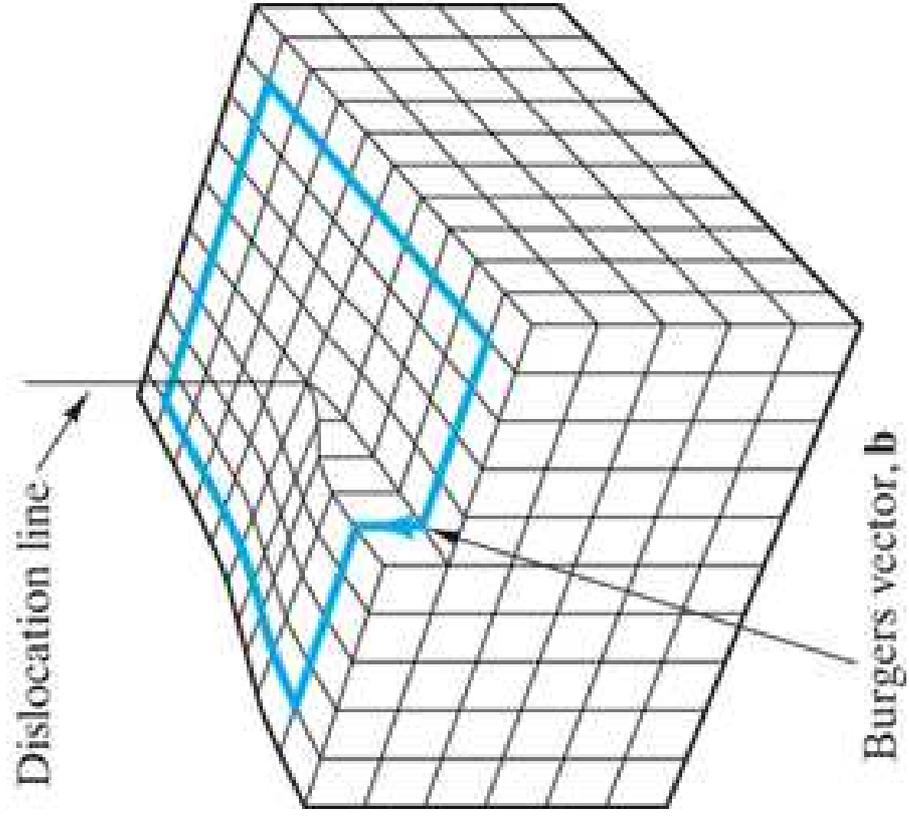
Discordâncias aparecem como linhas quando observadas em microscópio eletrônico de varredura



Micrografia de uma liga de titânio obtida por microscopia eletrônica de transmissão na qual as linhas escuras são linhas de discordâncias

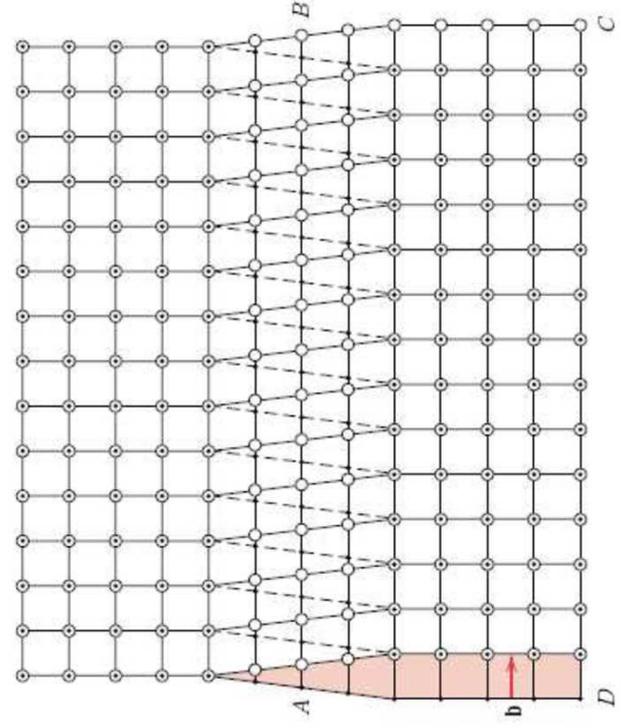
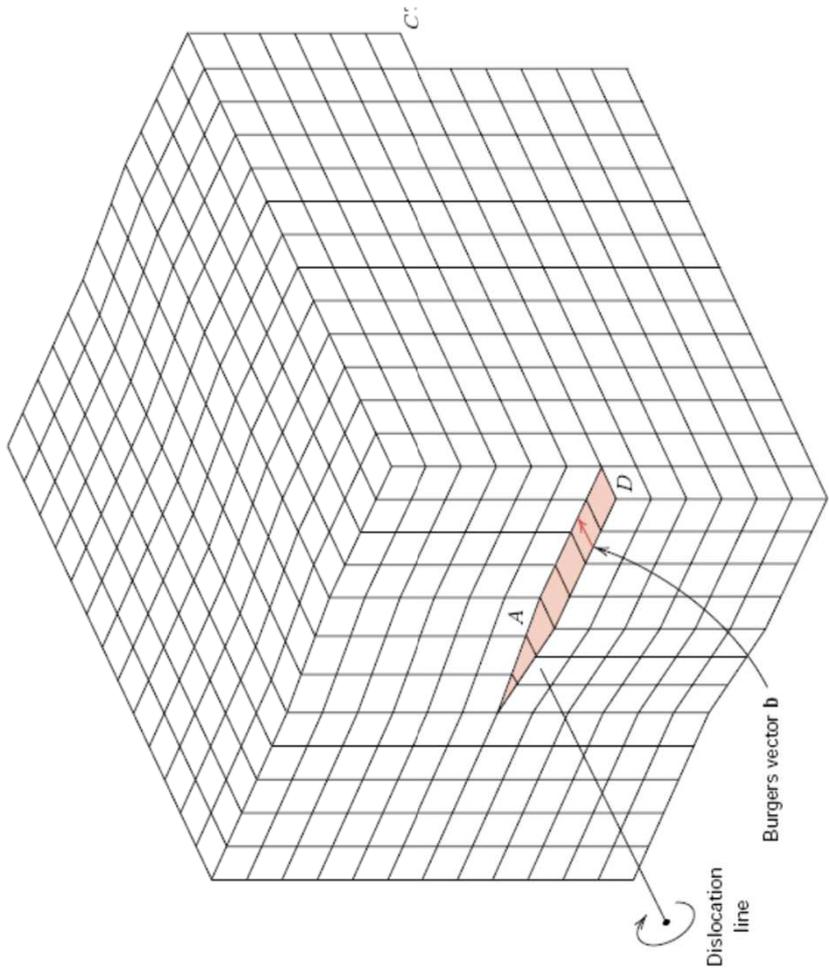


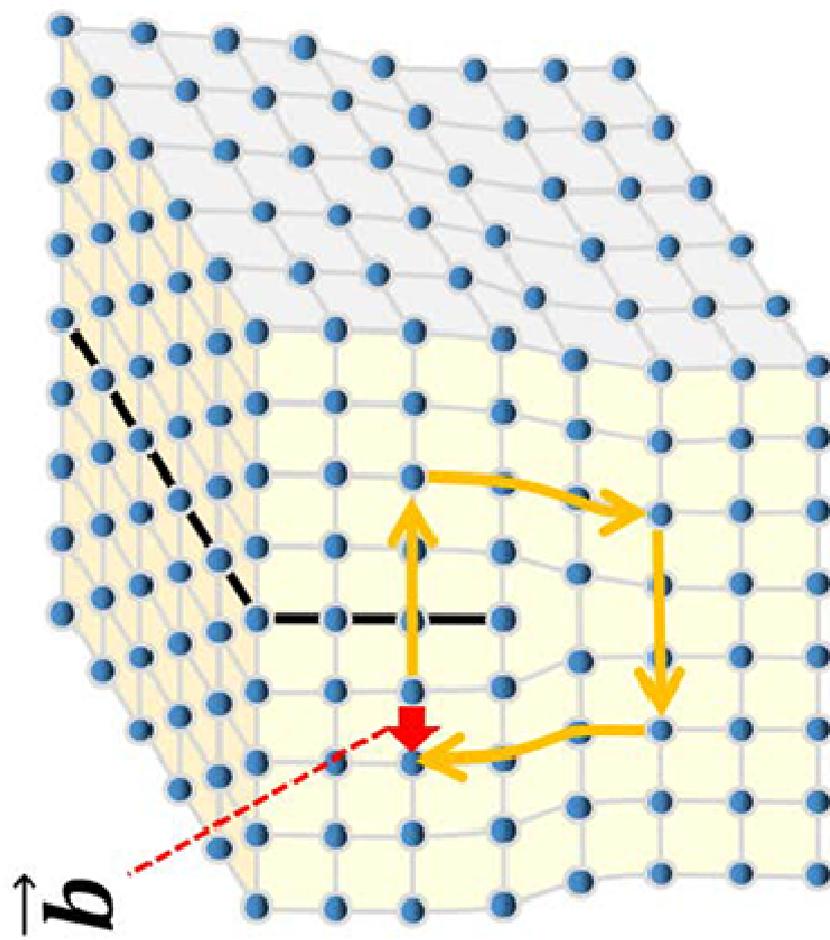
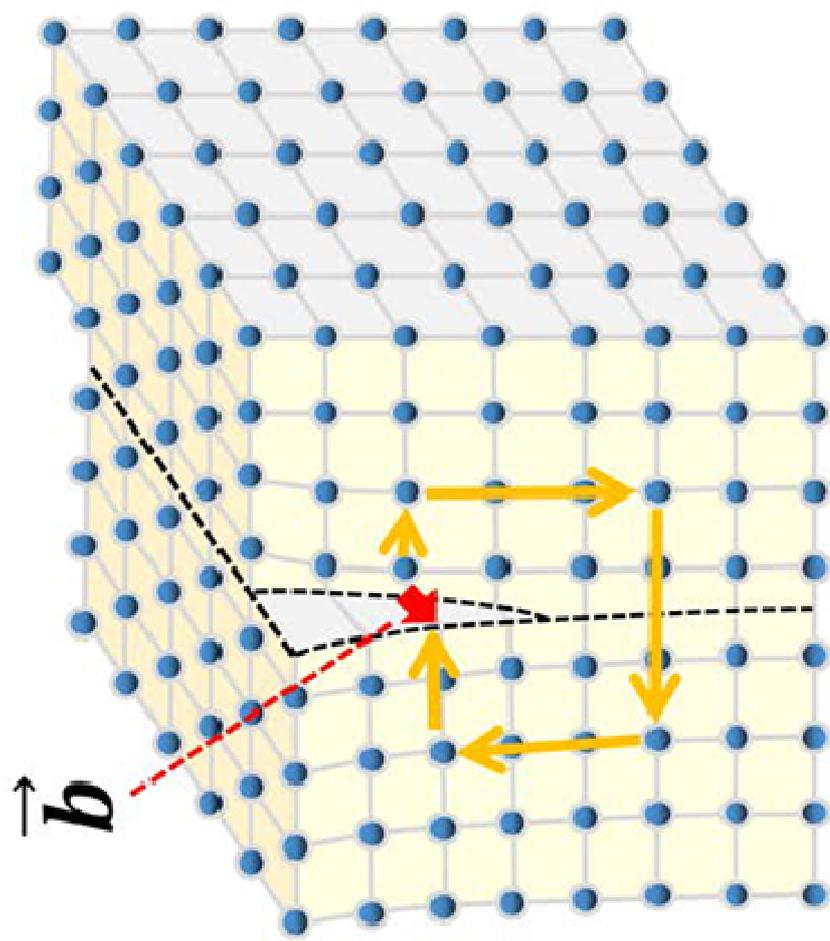
# Discordância helicoidal

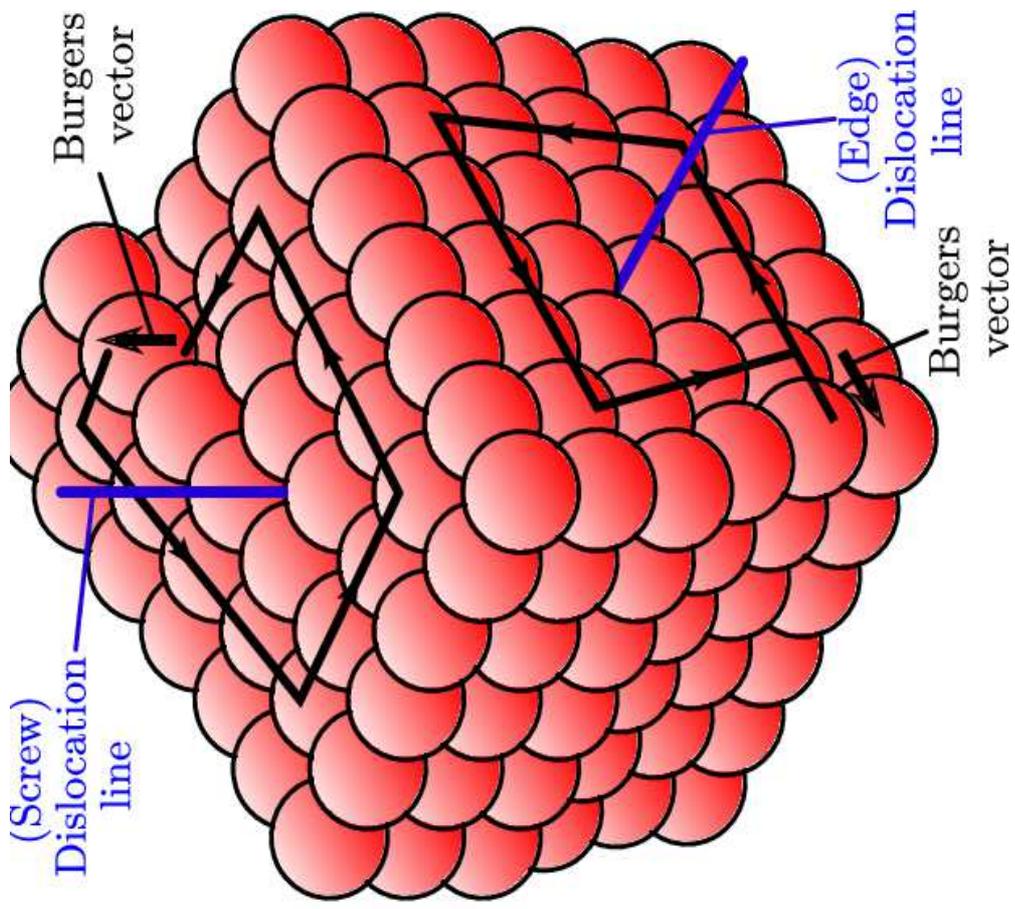


Dislocation line

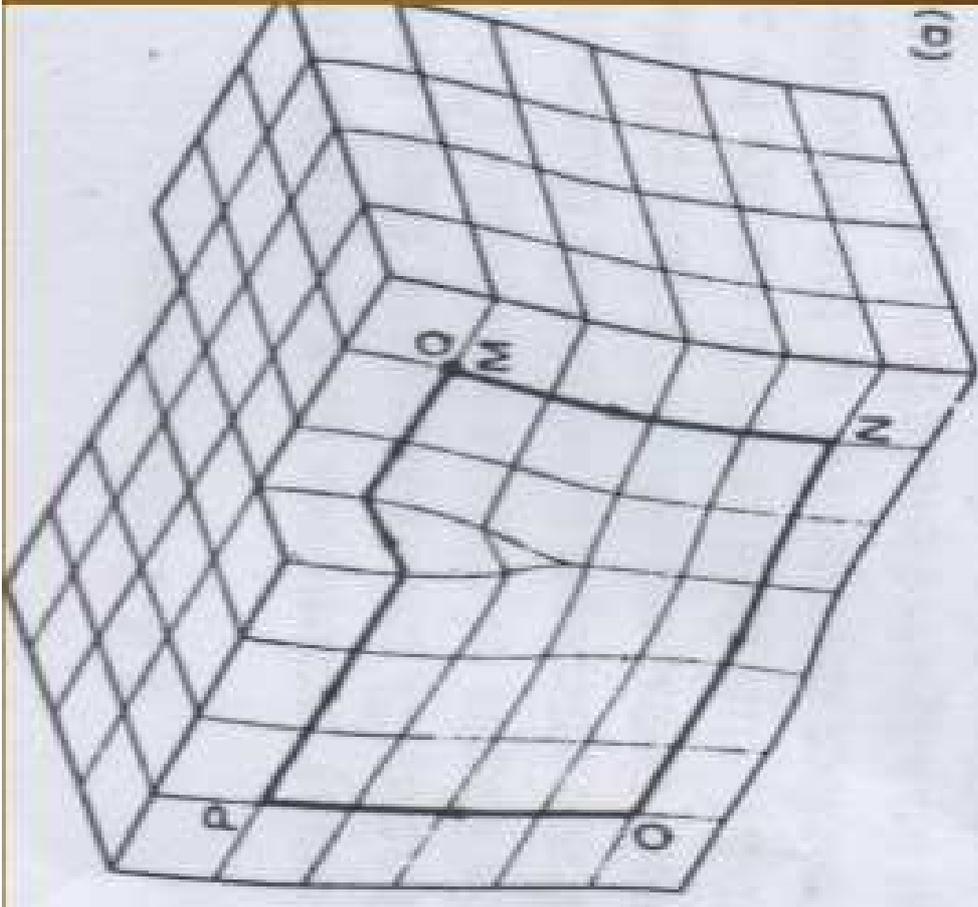
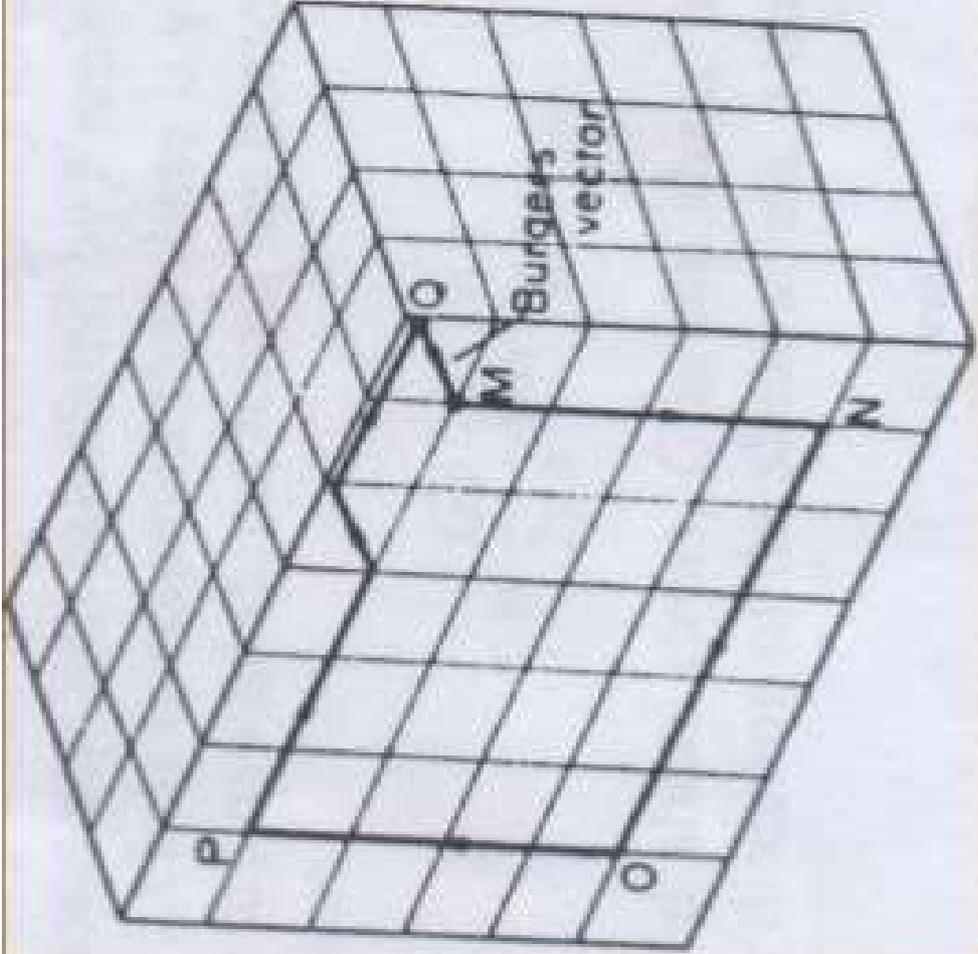
Burgers vector,  $\mathbf{b}$

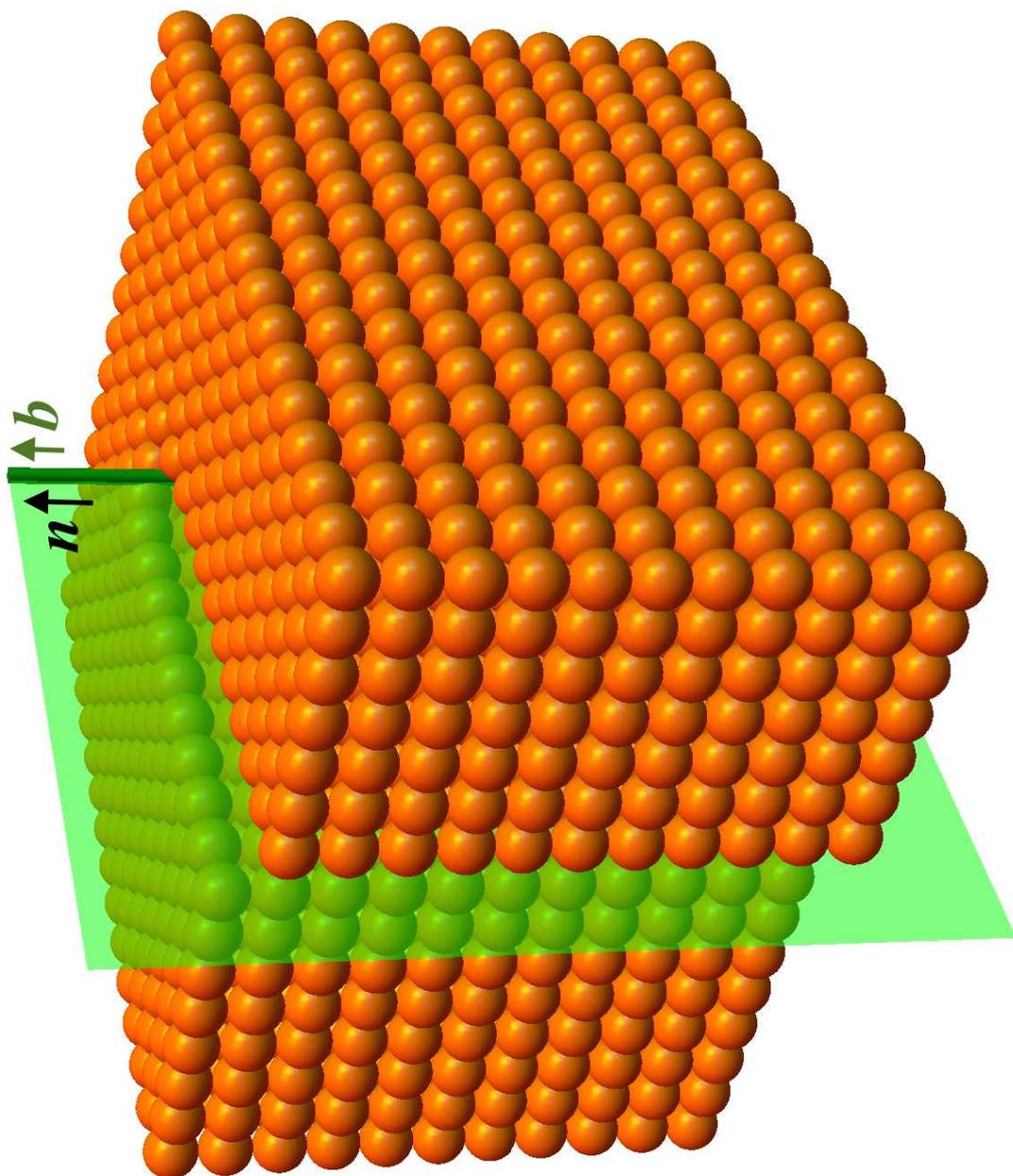


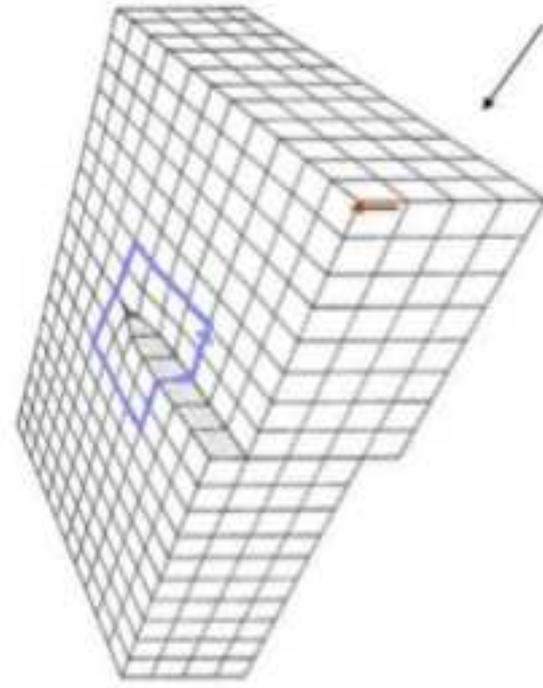












*Looks like a parking ramp*

**Edge dislocation:**

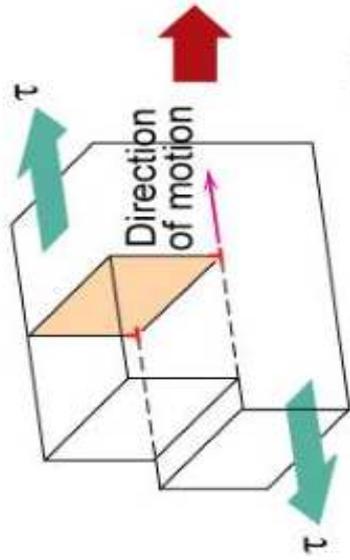
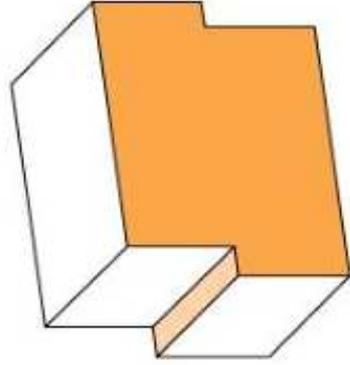
**Burgers vector perpendicular to dislocation line.**

**Screw dislocation:**

**Burgers vector parallel to dislocation line.**



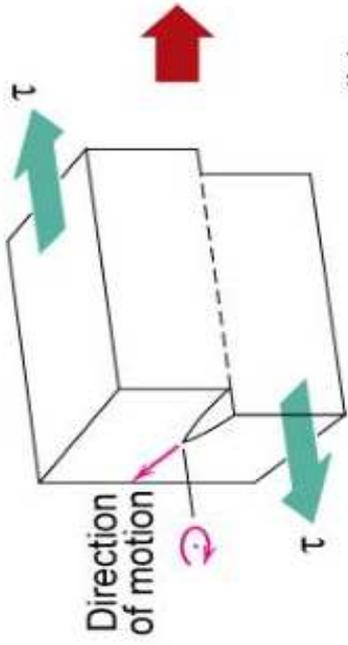
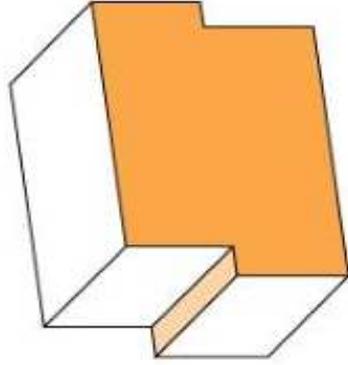
## Edge dislocation



(a)

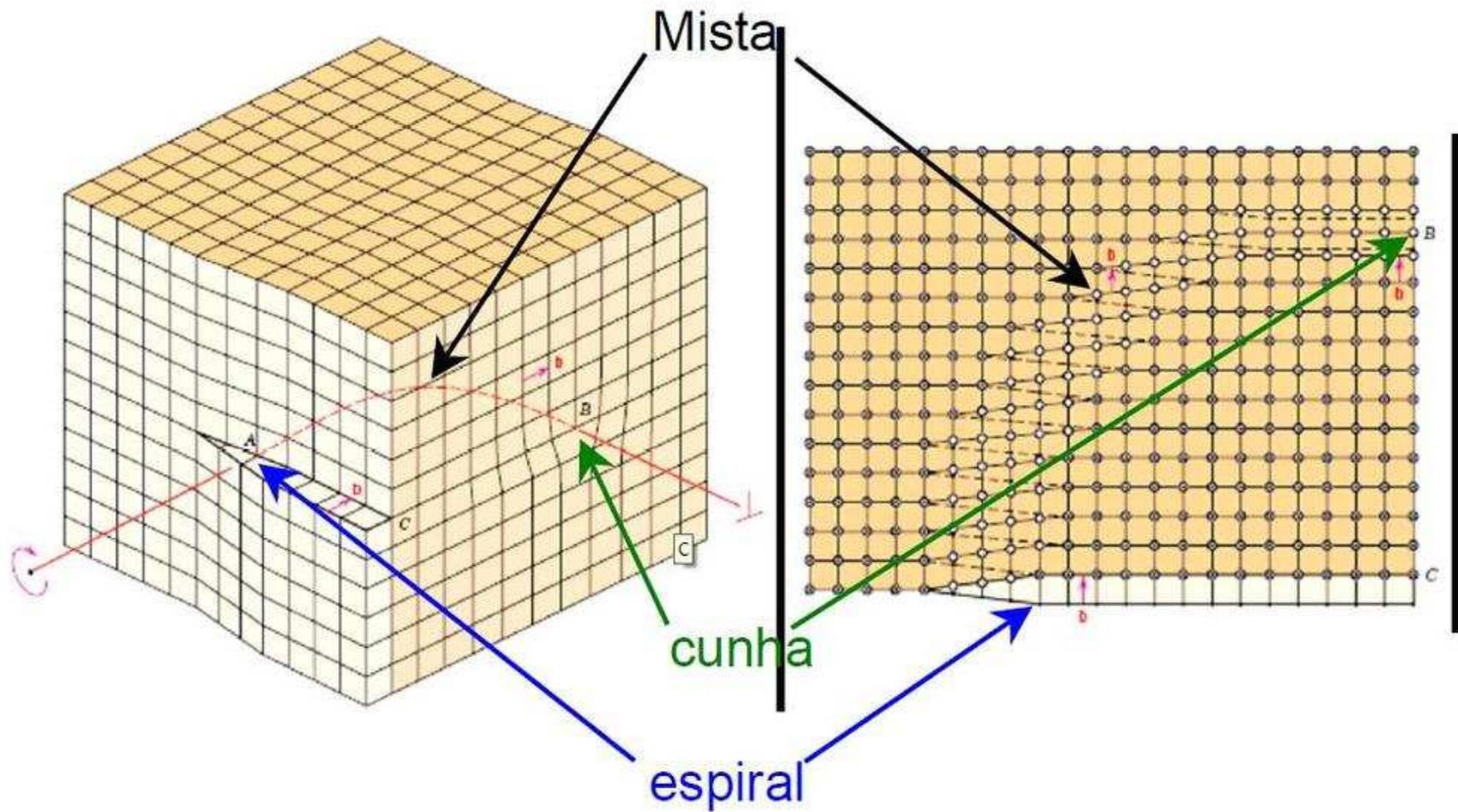
Adapted from Fig. 7.2,  
Callister 7e.

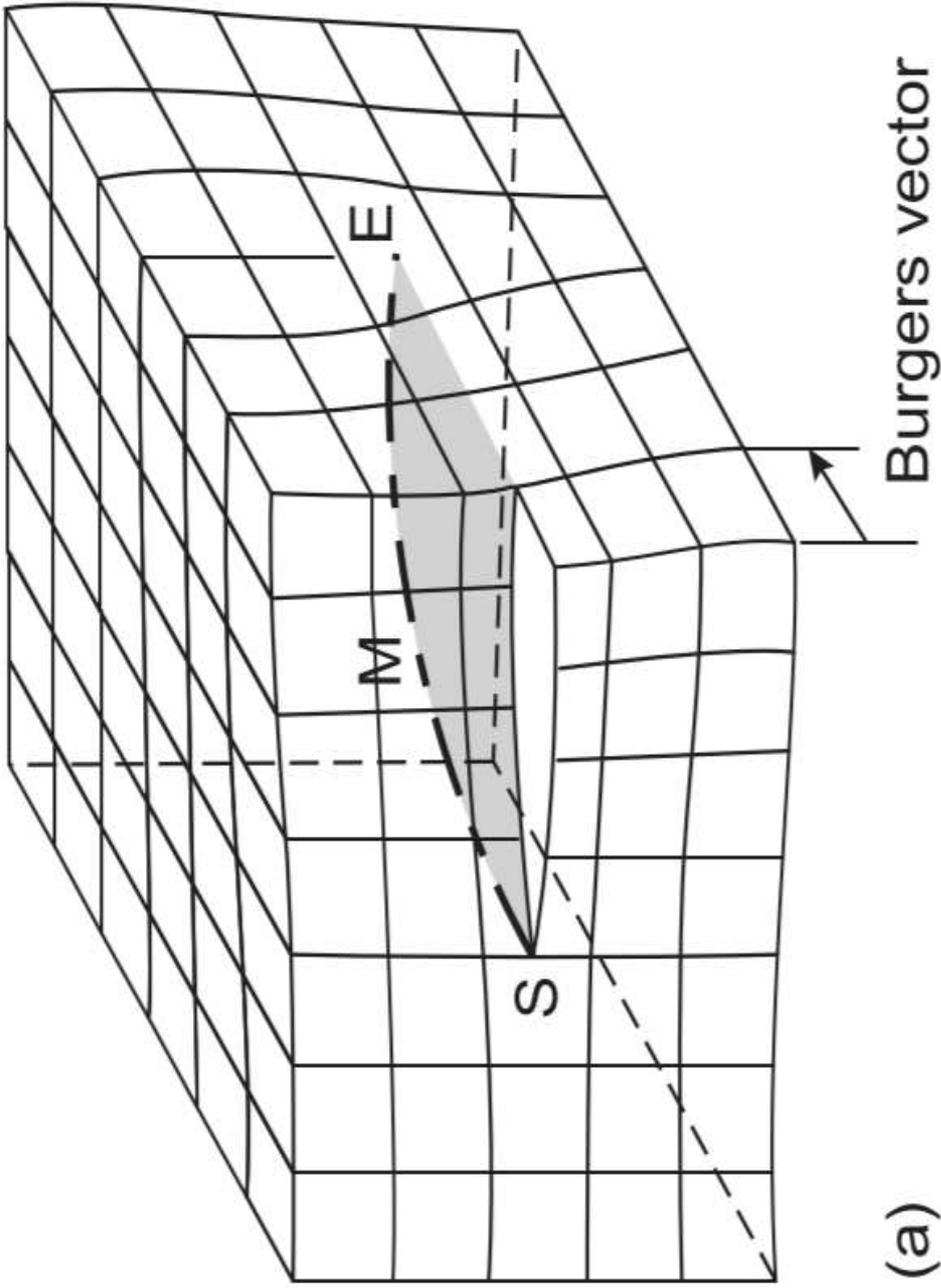
## Screw dislocation



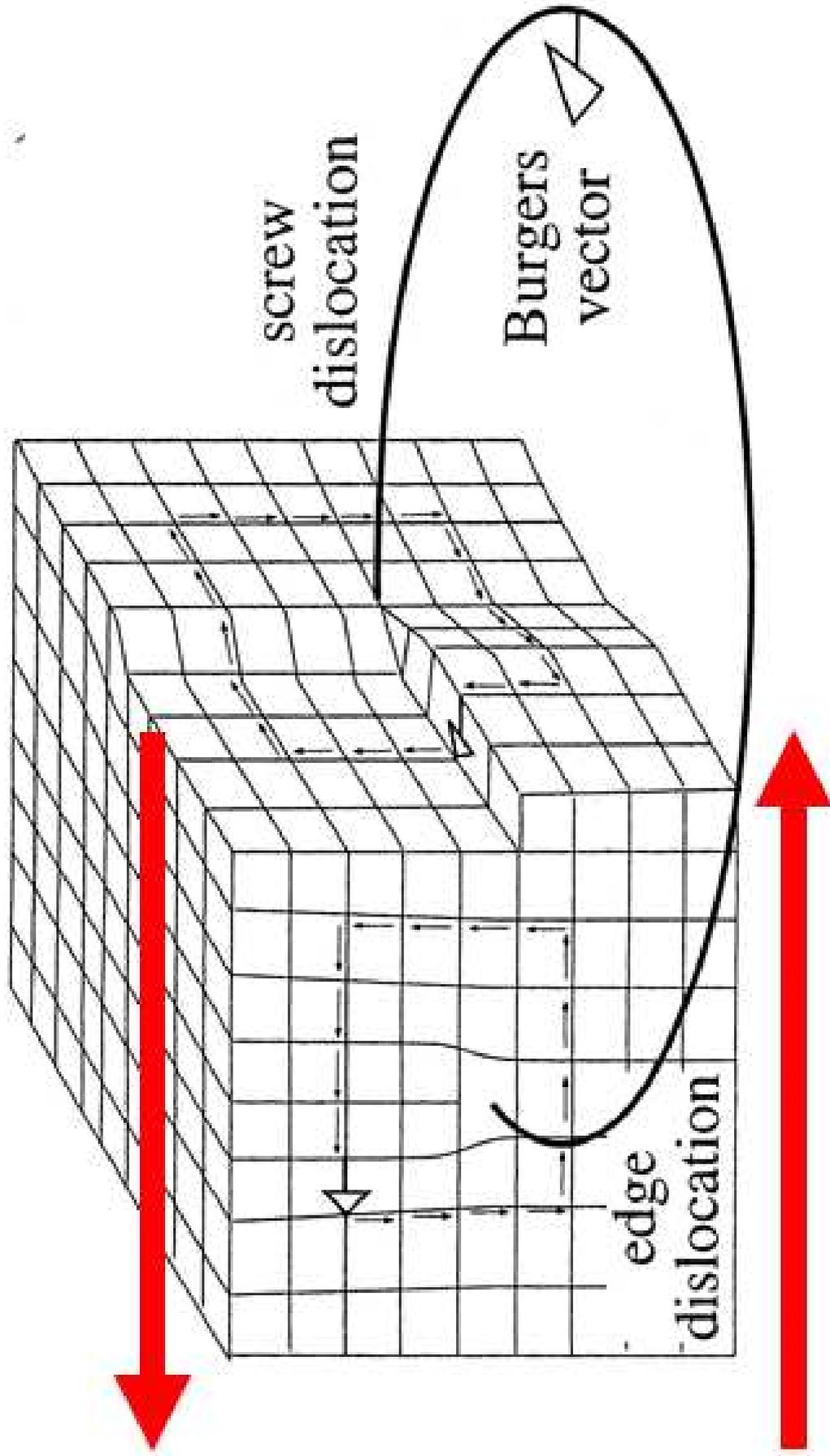
(b)

# Discordâncias: linha, hélice e mista



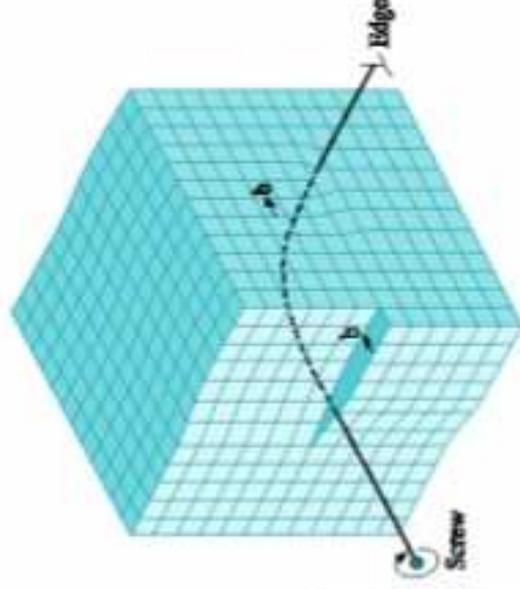
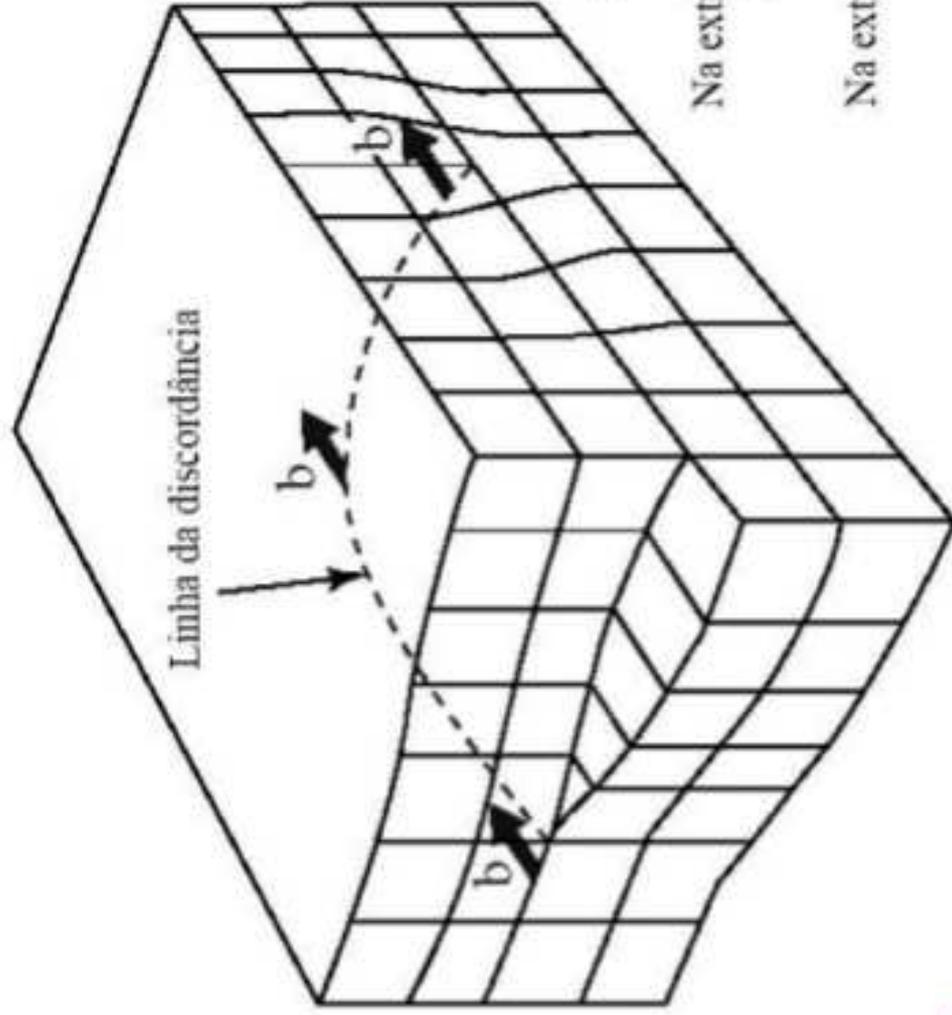


(a)



# Discordância mista

II



O vetor de Burgers mantém uma direção fixa no espaço. Na extremidade inferior esquerda, onde a discordância é pura hélice,  $b$  é paralelo a discordância. Na extremidade superior direita, onde a discordância é pura linha,  $b$  é perpendicular a discordância.

