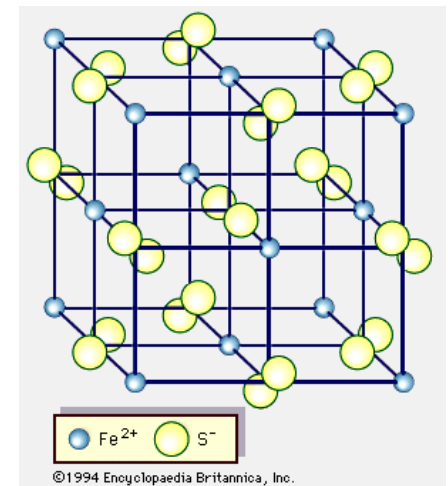


Materiais Cristalinos

- Introdução à Ciência dos Materiais.
- Materiais cristalinos e amorfos.
- Ligação química nos cristais.
- Redes cristalinas e bases.
- Exemplos de estruturas cristalinas.



Física da Matéria
Condensada

Mecânica
Quântica

Mecânica
Estatística

Física

Química

Matemática

Estatística

Ciência dos Materiais

Eletrônica

Ótica

Acústica

Construções

Engenharia

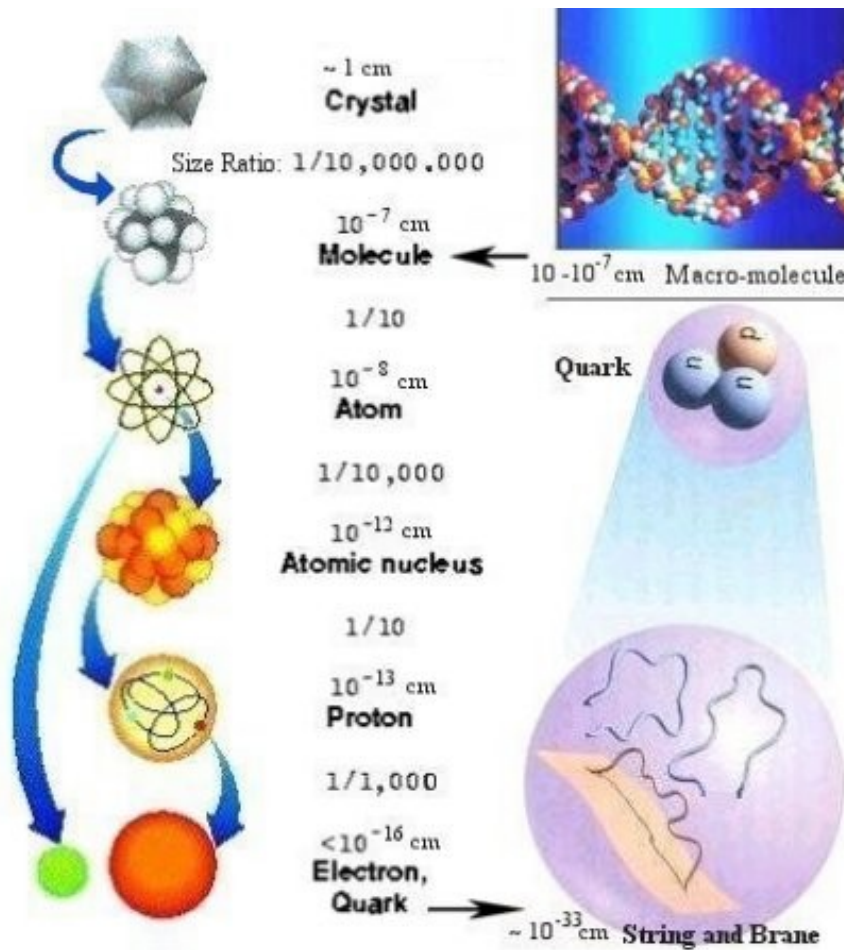
Odontologia

Medicina

Biotecnologia

Nanotecnologia

As áreas de pesquisa em física



Física da matéria condensada

Física atômica e molecular;
Ótica quântica

Física nuclear;
Física de altas energias;
Partículas elementares;
Teoria quântica de campos;

Física da Matéria Condensada

- ❑ Campos quânticos e sólidos, hélio, líquido, sólido.
- ❑ Dinâmica da rede e estatística de cristais.
- ❑ Emissão eletrônica e iônica por líquidos e sólidos; fenômenos de impacto.
- ❑ Equação de estado, equilíbrio de fases e transições de fase.
- ❑ Estados eletrônicos.
- ❑ Estrutura de líquidos e sólidos; cristalografia.
- ❑ Estruturas eletrônicas e propriedades elétricas de superfícies; interfaces e partículas.
- ❑ Materiais dielétricos e propriedades dielétricas.
- ❑ Materiais magnéticos e propriedades magnéticas.

Física da Matéria Condensada

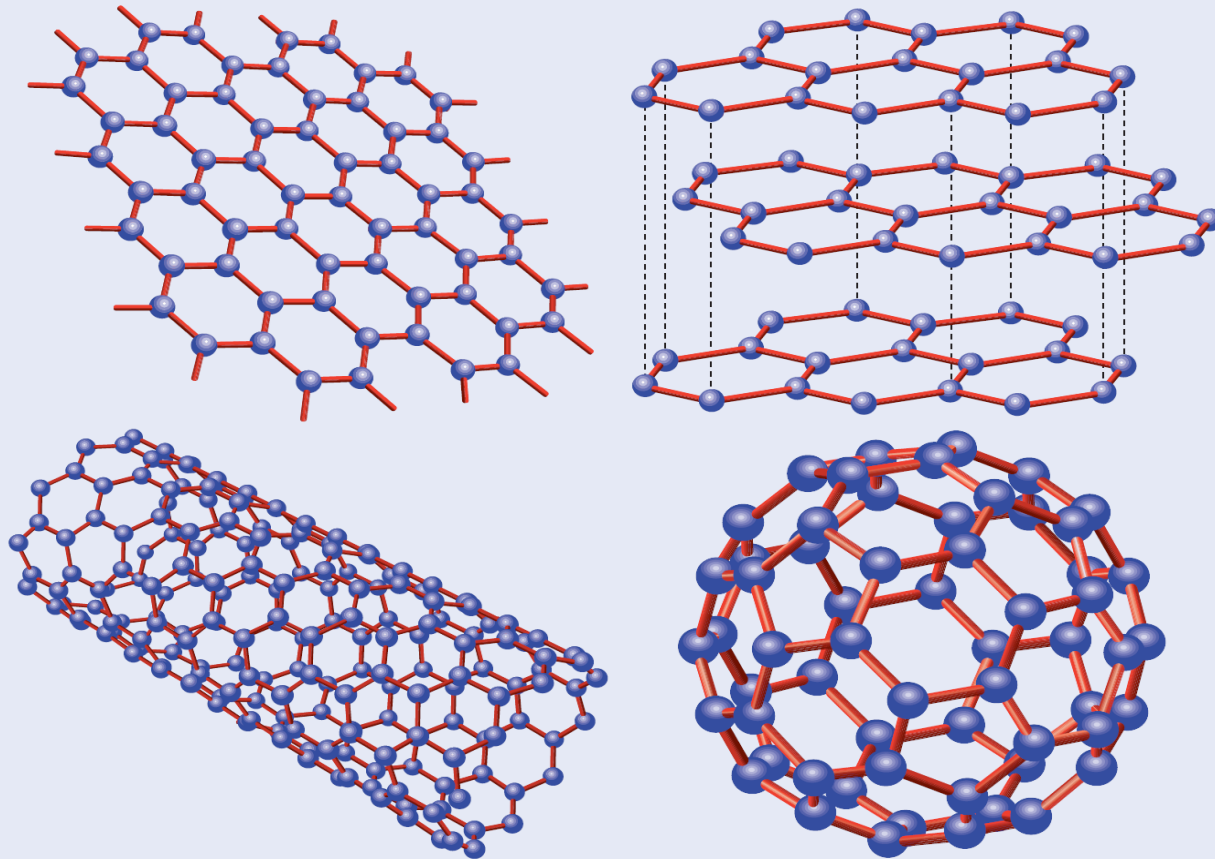
- ❑ **Propriedades óticas** e espectroscópicas da matéria condensada; outras interações da matéria com radiação e partículas.
- ❑ **Propriedades de transporte** da matéria condensada.
- ❑ **Propriedades mecânicas** e acústicas da matéria condensada.
- ❑ **Propriedades térmicas** da matéria condensada.
- ❑ Ressonância magnética e relaxação na matéria condensada; efeito Mössbauer; correlação angular perturbada.
- ❑ Supercondutividade.
- ❑ Superfícies e interfaces; películas e filamentos.
- ❑ Transporte eletrônico e propriedades elétricas de superfícies; interfaces e películas.

Alguns Prêmios Nobel – Física da Matéria Condensada

- ❑ Schokley, Bardeen, Brattain (1956) – Descoberta do transistor.
- ❑ Bardeen, Cooper, Schrieffer (1972) – Teoria da supercondutividade.
- ❑ Von Klitzing (1986) – Efeito Hall quântico.
- ❑ Bednorz, Müller (1987) – Supercondutividade em altas temperaturas.
- ❑ De Gennes (1991) – Estudos de sistemas complexos: polímeros e cristais líquidos.
- ❑ Alferov, Kroemer, Kilby (2000) – Heteroestruturas de semicondutores e circuitos integrados.
- ❑ Fert, Brünberg (2007) – Magnetoresistência gigante.
- ❑ Geim, Novoselov (2010) – Grafeno.

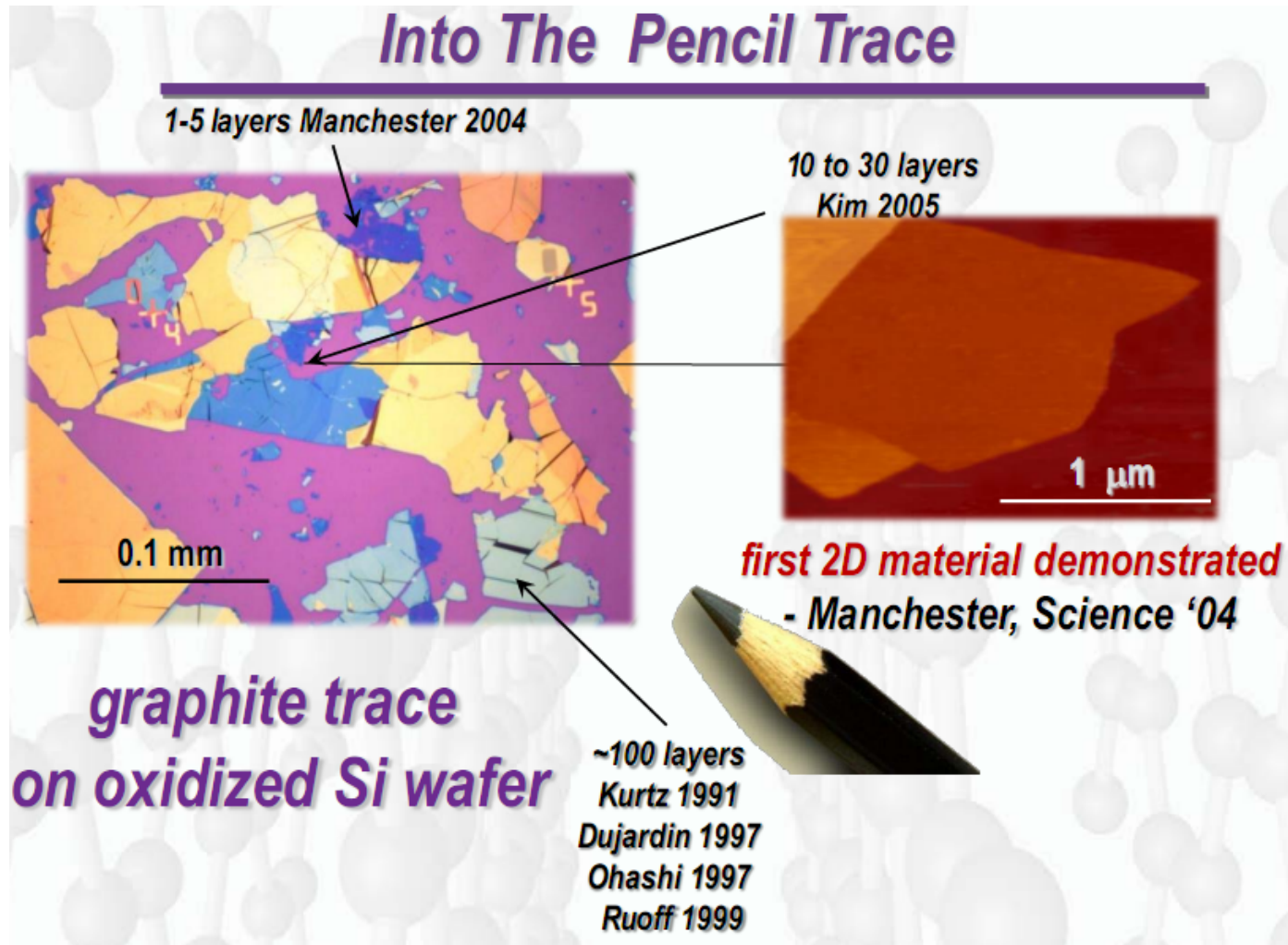
Grafeno – Prêmio Nobel de Física de 2010

2 Graphene: mother of them all



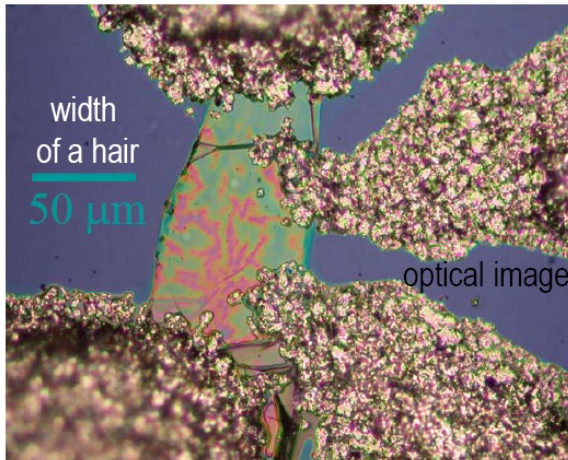
Graphene (top left) consists of a 2D hexagonal lattice of carbon atoms. Each atom is covalently bonded to three others; but since carbon has four valence electrons, one is left free – allowing graphene to conduct electricity. Other well-known forms of carbon all derive from graphene: graphite is a stack of graphene layers (top right); carbon nanotubes are rolled-up cylinders of graphene (bottom left); and a buckminsterfullerene (C₆₀) molecule consists of graphene balled into a sphere by introducing some pentagons as well as hexagons into the lattice (bottom right).

Grafeno – Prêmio Nobel de Física de 2010



Grafeno – Prêmio Nobel de Física de 2010

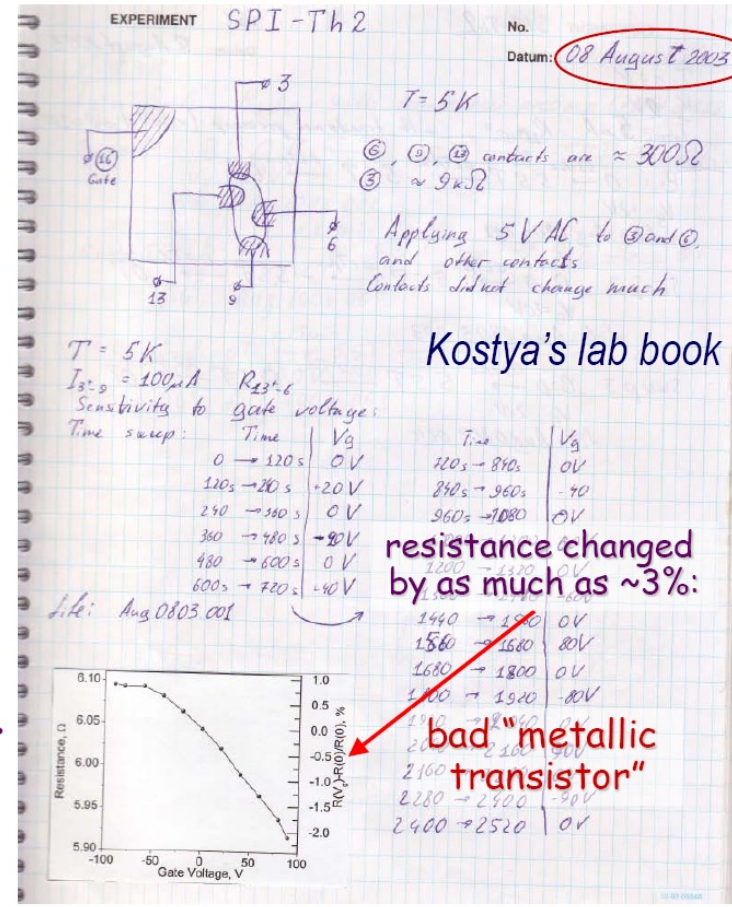
BEYOND OBSERVATION



hand-made devices (Novoselov)

first on glass slides,
then on oxidized Si wafer

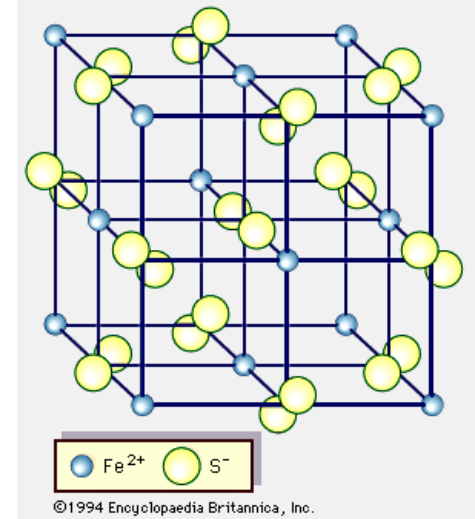
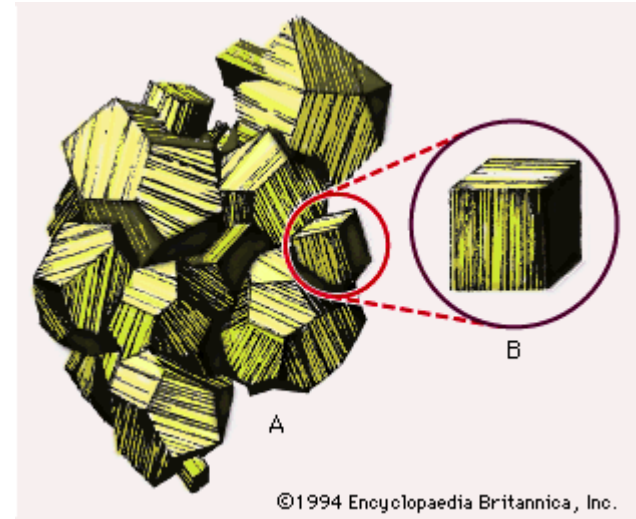
EUREKA MOMENT



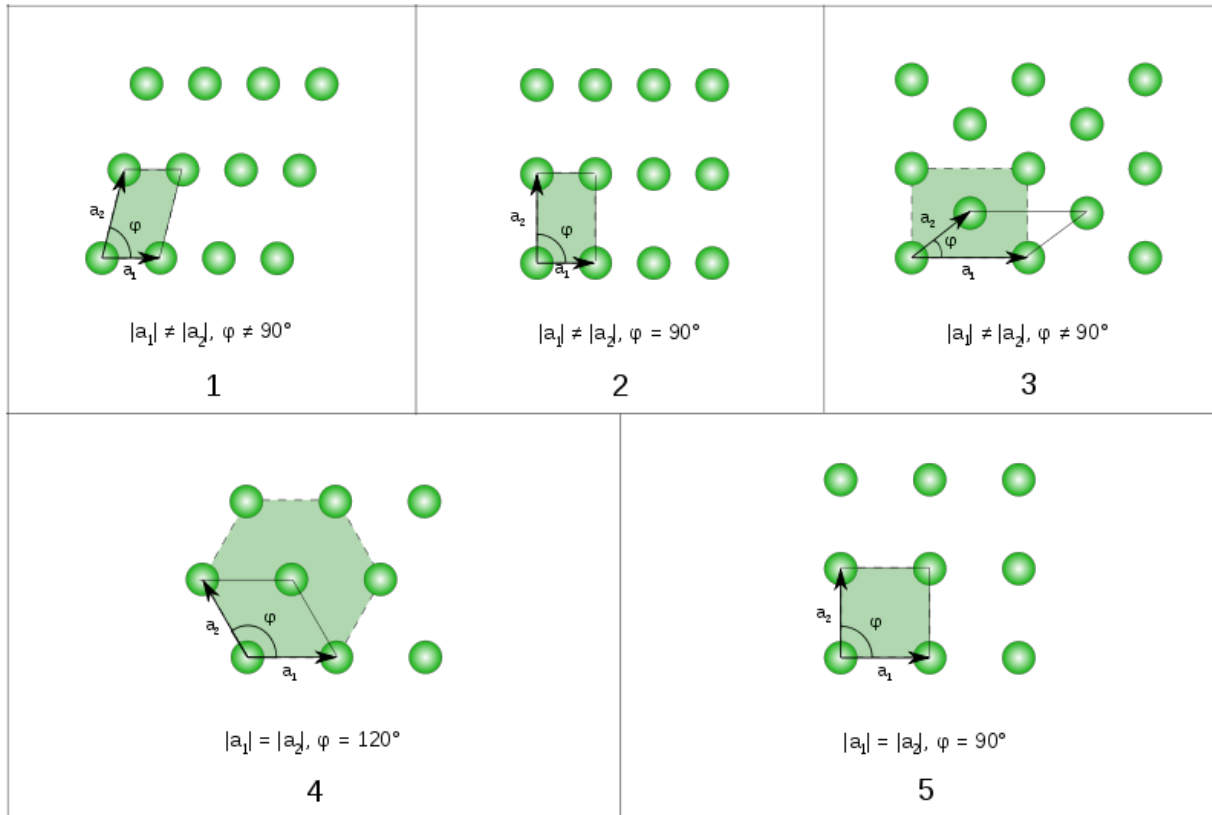
Materials cristalinos



http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:USDA_Mineral_Quartz_Crystal_93c3951.jpg



Materiais cristalinos



Simetria de translação:

$$\vec{T} = n_1 \vec{a}_1 + n_2 \vec{a}_2$$



$$\rho(\vec{r} + \vec{T}) = \rho(\vec{T})$$

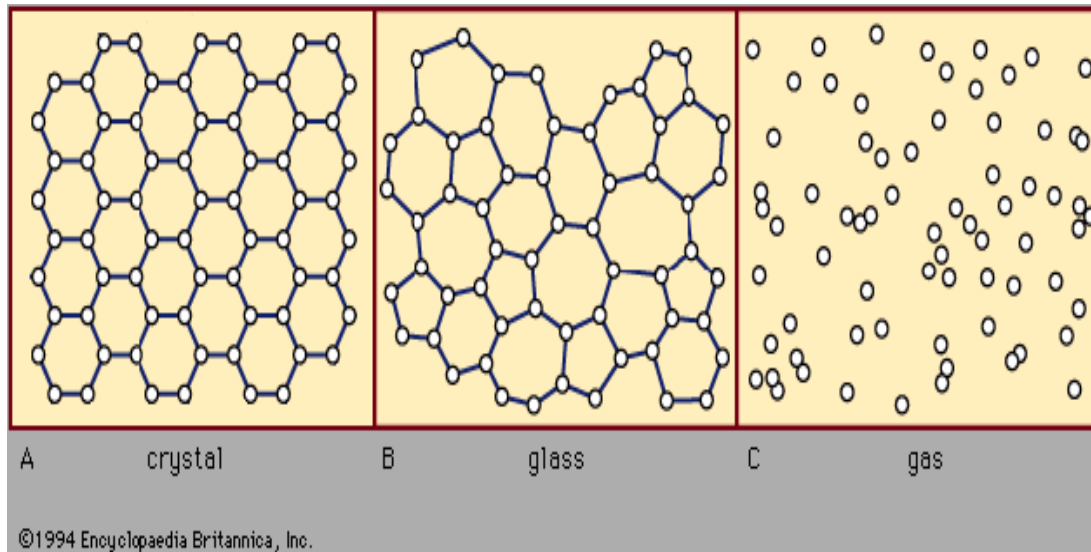
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:2d-bravais.svg>

n_1, n_2 : inteiros

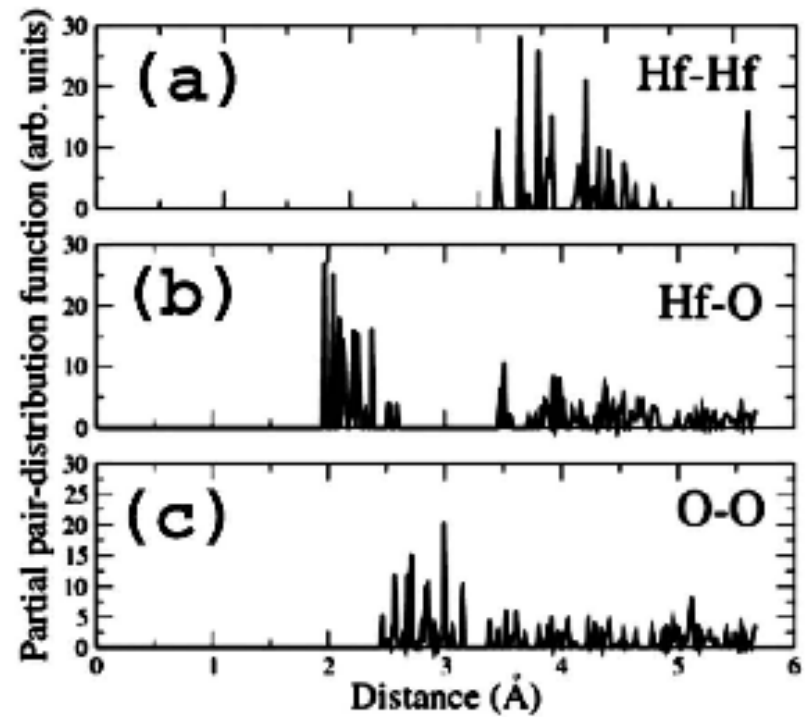
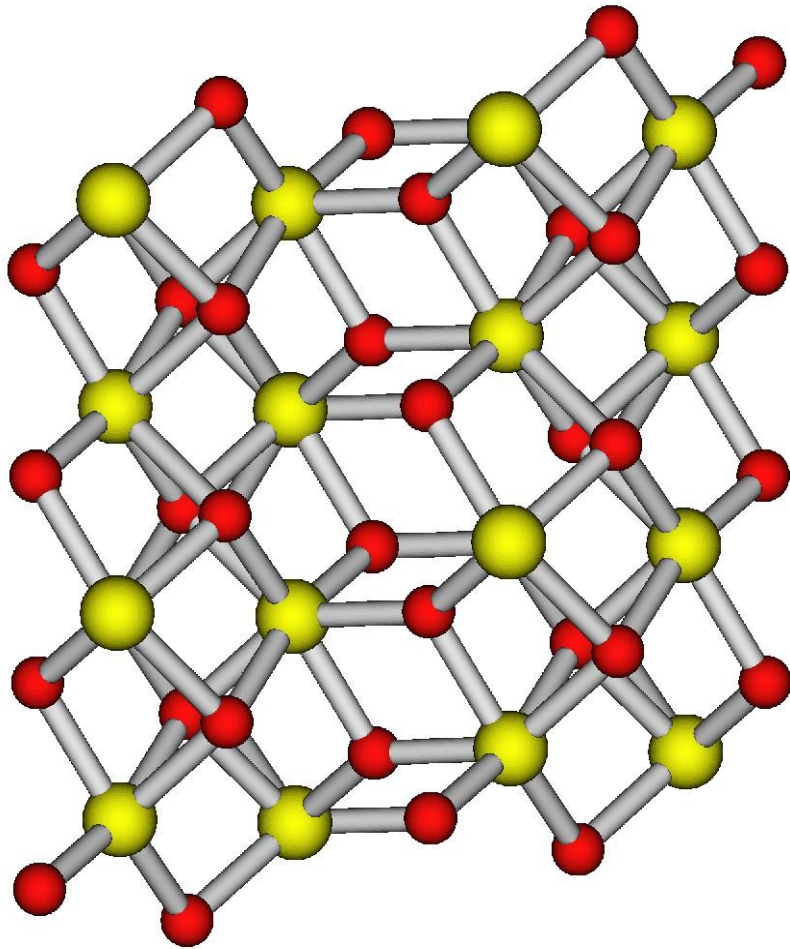
ρ : qualquer propriedade física
(densidade de massa, de carga, etc.)

Materiais cristalinos e vítreos

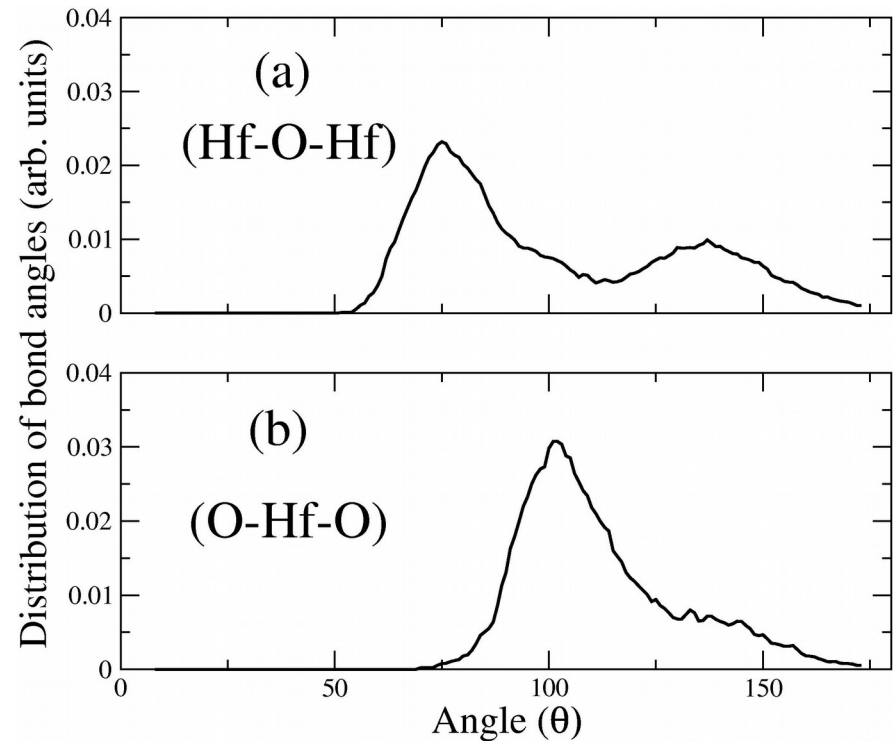
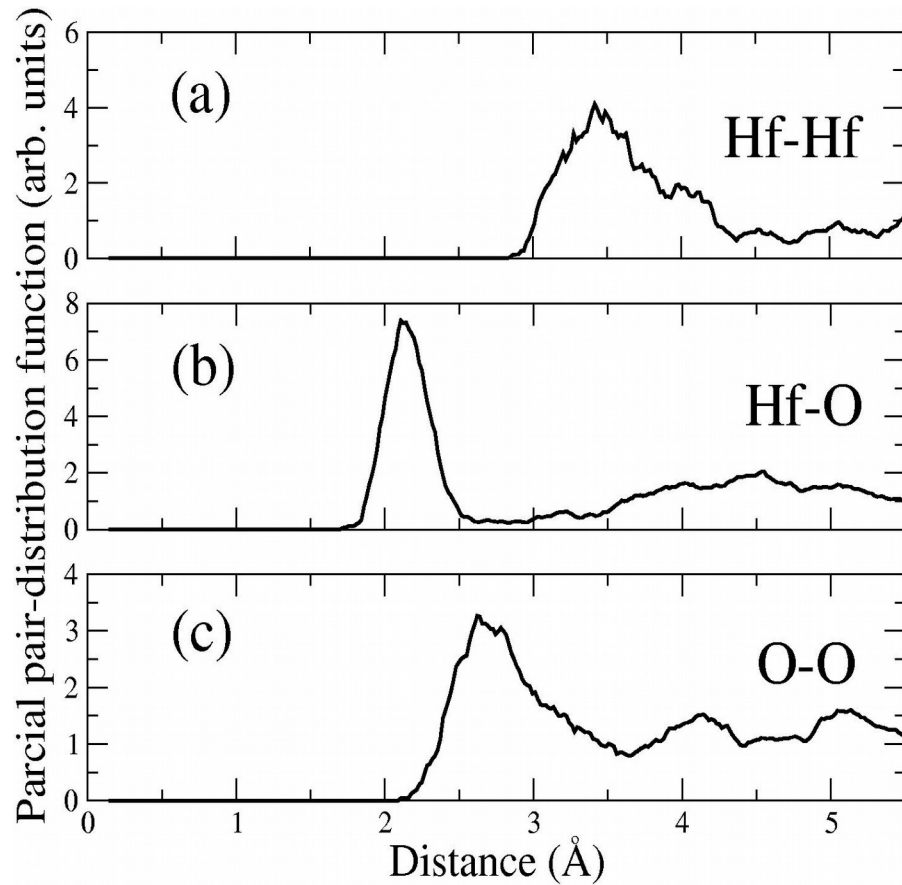
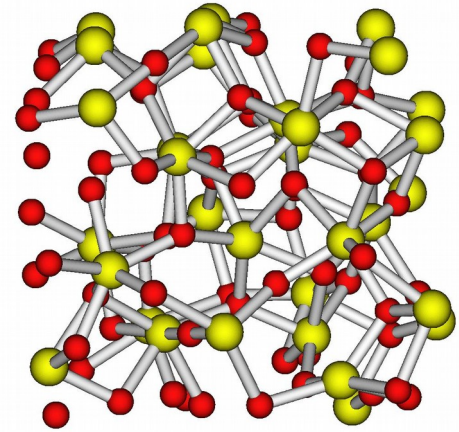
Arranjos atômicos ou moleculares:



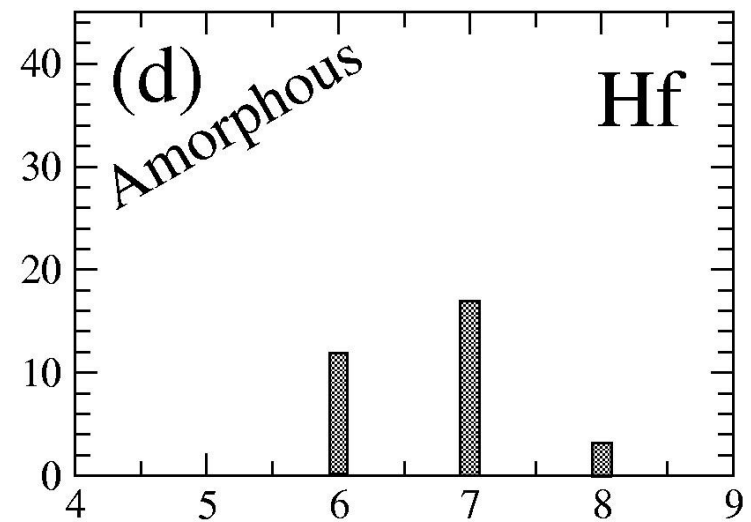
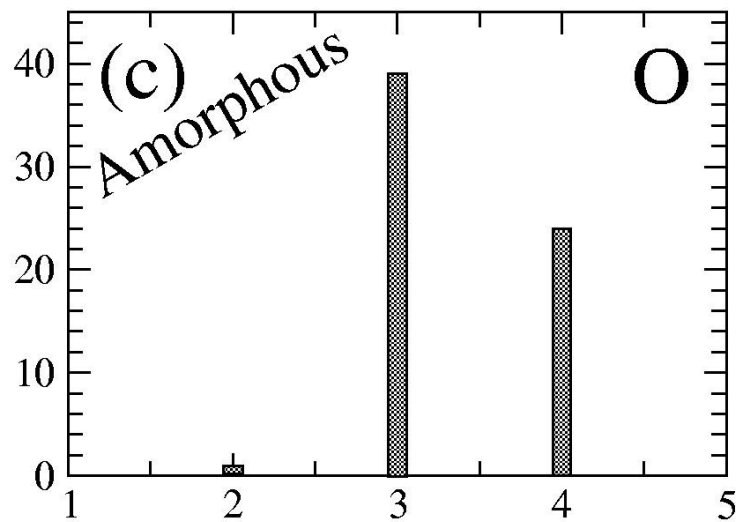
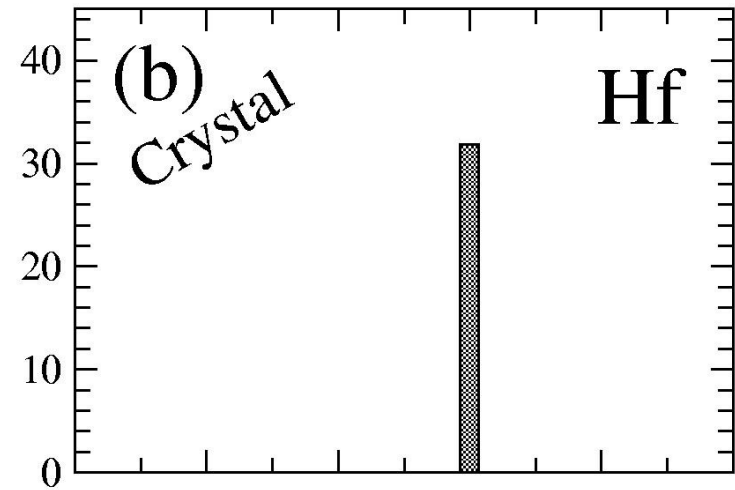
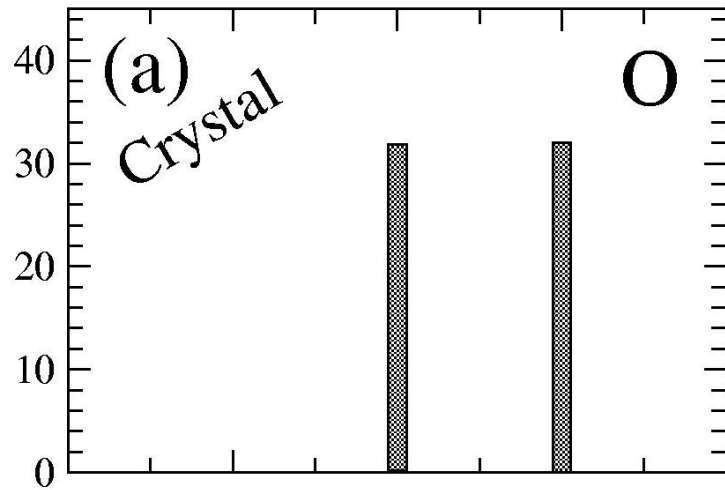
Crystal-HfO₂



Amorphous - HfO_2

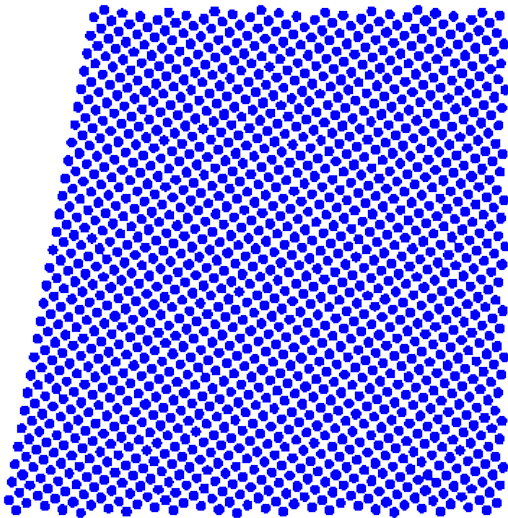


Number of Atoms

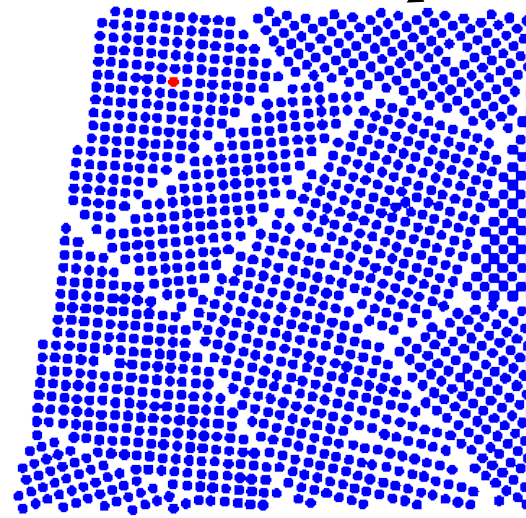


Coordination Numbers

Materiais mono e policristalinos



Monocristal

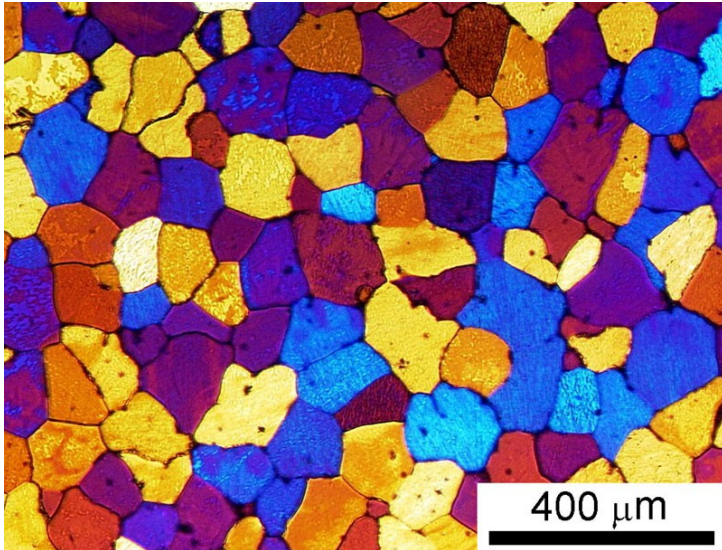


*Grãos ou
cristalitos*

Policristal

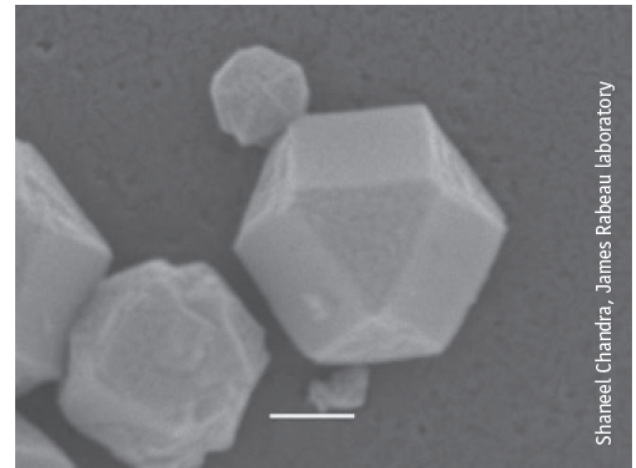
Materiais mono e policristalinos

Imagens de microscopia ótica ou eletrônica:



Liga de alumínio

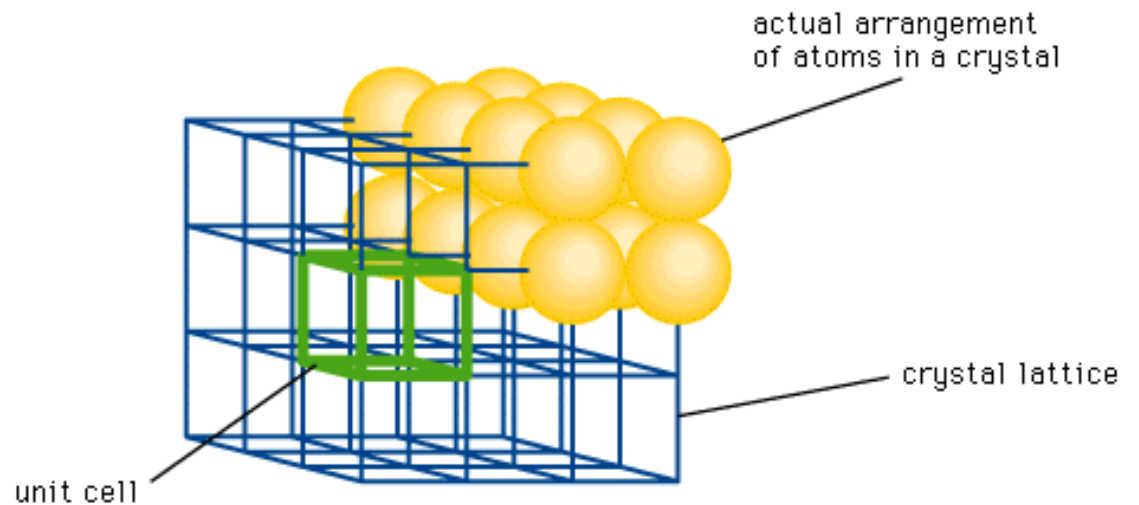
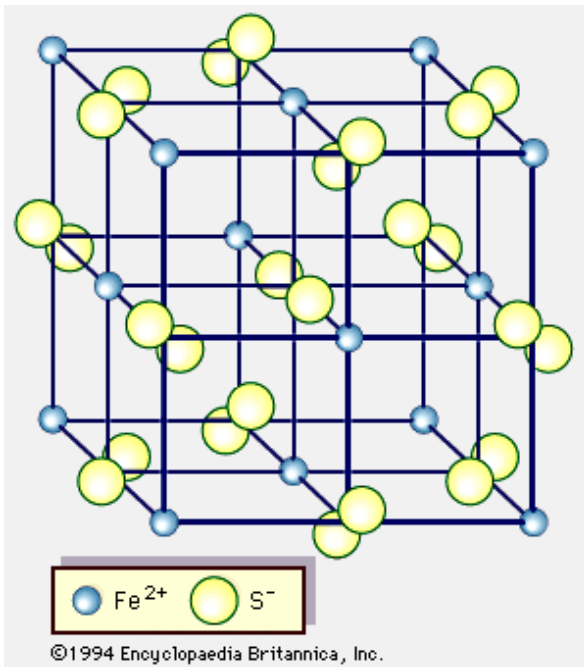
http://www.doitpoms.ac.uk/miclib/micrograph_record.php?id=712



A scanning electron micrograph showing large diamond crystallites grown from a nanocrystal. Scale bar, 0.5 μm.

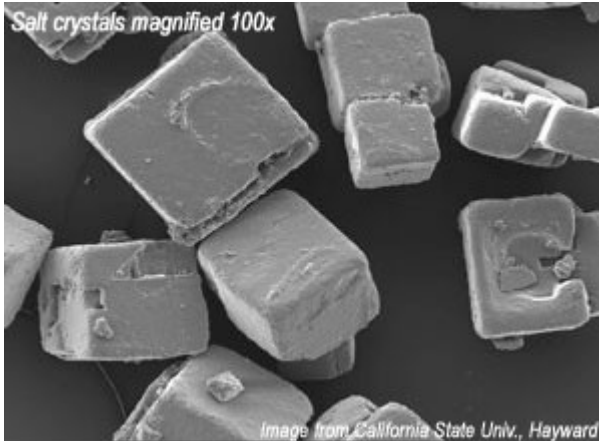
<http://www.nature.com/nmeth/journal/v7/n12/full/nmeth1210-957.html>

Rede cristalina

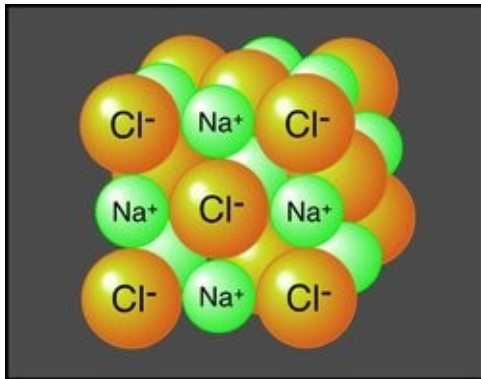


©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Materials cristalinos

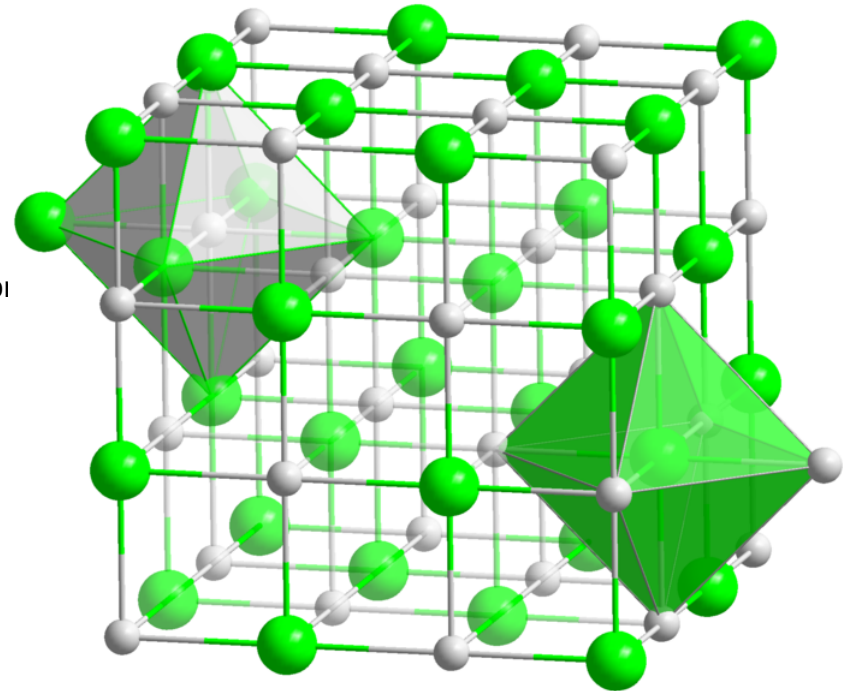


<http://www.middleschoolchemistry.com/multimedia/chapter4/lesson>



<http://www.eoearth.org/article/Matter>

Exemplo: cristal de NaCl



http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_chloride

Bibliografia:

- “*Materiais e Dispositivos Eletrônicos*”, Sergio M. Rezende, 2ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2004 .
- “*Ciência e Engenharia de Materiais – uma Introdução*”, W. D. Callister Jr., 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008
- “*Física do Estado Sólido*”, N. W. Ashcroft, N. D. Mermin. São Paulo: Cengage (2011).
- “*Introdução à Física do Estado Sólido*”, C. Kittel. 8ª edição, Rio de Janeiro: LTC (2005).