

Estados da Matéria

Ricardo Mendes Ribeiro



Universidade do Minho

Estados da matéria

Gasoso

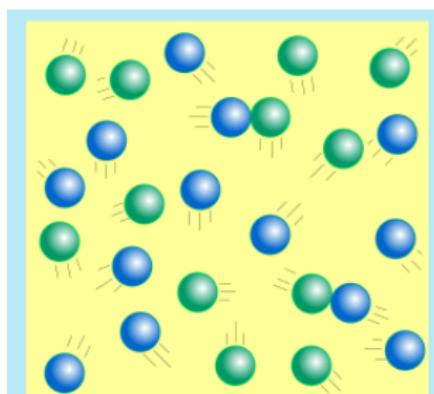
Líquido

Sólido

Plasma

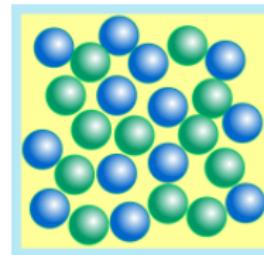
Gasoso

- ▶ Moléculas com grande energia cinética
- ▶ Moléculas rodam com facilidade
- ▶ Distância intermolecular muito grande
 - ▶ moléculas ocupam $\sim 0.1\%$ do volume
 - ▶ altamente compressível
- ▶ Isótropo



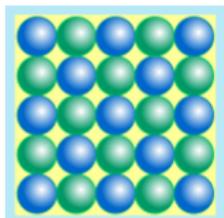
Líquido

- ▶ Moléculas com pouca energia cinética
- ▶ Mesmo a rotação está sujeita a choques
- ▶ Volume ocupado $\sim 70\%$
- ▶ Incompressível
- ▶ Dois níveis de escala
 - ▶ ordem a curta escala
 - ▶ desordem a longa escala
- ▶ Isótropo

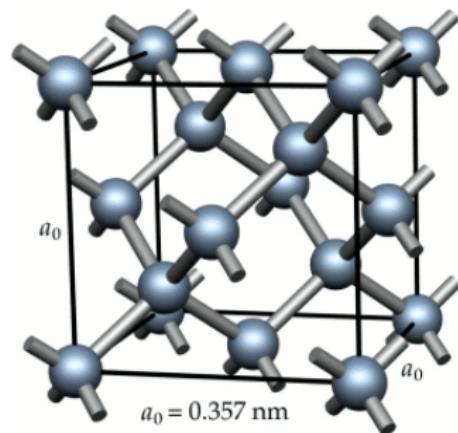


Sólido

- ▶ Átomos só vibram em torno das suas posições de equilíbrio
- ▶ Regularidade (simetria de translação) se são cristalinos
- ▶ Anisotropia
- ▶ Forças moleculares prevalecem sobre os movimentos
- ▶ Incompressível e imiscível



Estrutura cristalina



Simetrias de translação

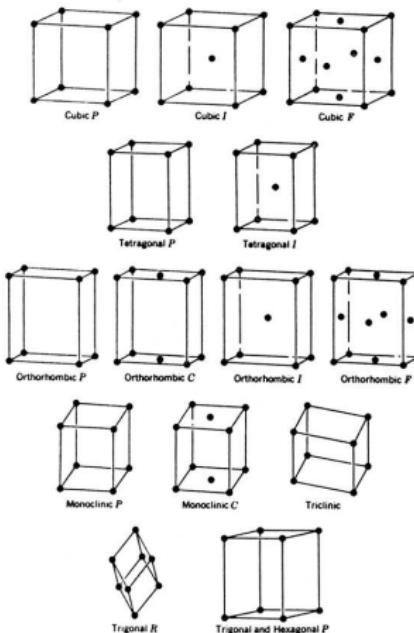
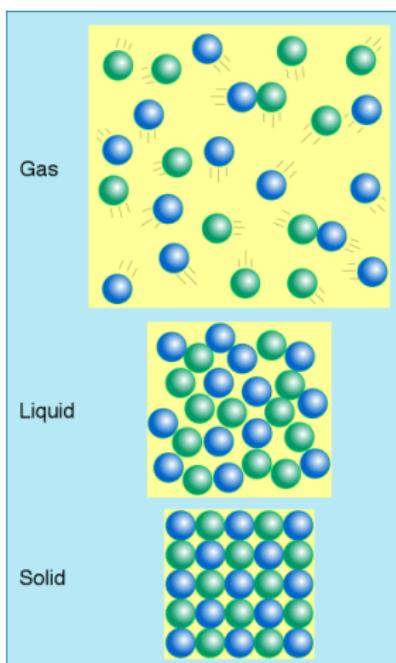


Figure 11 The 14 Bravais or space lattices. The cells shown are the conventional cells, which are not always the primitive cells.

Volumes



Plasma

- ▶ Qualquer gás tem algumas partículas ionizadas

Plasma

- ▶ Qualquer gás tem algumas partículas ionizadas
- ▶ Mas só a partir de certa concentração afectam as propriedades

Plasma

- ▶ Qualquer gás tem algumas partículas ionizadas
- ▶ Mas só a partir de certa concentração afectam as propriedades
- ▶ Quando a concentração de cargas é capaz de uma resposta forte a um campo eléctrico, de modo a manter a neutralidade macroscópica temos um

PLASMA

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos
 - ▶ lâmpadas fluorescentes



Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo



- ▶ estrelas



Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo



- ▶ estrelas



- ▶ ecrã de plasma

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo



- ▶ estrelas



- ▶ ecrã de plasma

- ▶ a maior parte da matéria no espaço: 99% da matéria do Universo está nesta fase

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo



- ▶ estrelas



- ▶ ecrã de plasma



- ▶ a maior parte da matéria no espaço: 99% da matéria do Universo está nesta fase

- ▶ motores de combustão

Plasma

- ▶ Parte dos átomos estão ionizados
- ▶ É neutro
- ▶ Exemplos

- ▶ lâmpadas fluorescentes



- ▶ fogo



- ▶ estrelas



- ▶ ecrã de plasma

- ▶ a maior parte da matéria no espaço: 99% da matéria do Universo está nesta fase



- ▶ motores de combustão

Grau de ionização

Grau de ionização:

$$\eta = \frac{n_i}{n_i + n_a}$$

em que n_i é o número de átomos ionizados e n_a é o número de átomos neutros.

Equação de Saha

Quanto maior a temperatura, maior a percentagem de átomos ionizados.

$$\frac{n_i}{n_a} \approx 10^{11} n_a^{-1/2} T^{3/4} e^{-\frac{E_i}{2T}}$$

Em que T é a temperatura em eV, as densidades são em cm^{-3} , E_i é a energia de ionização dos átomos.

Plasma

Interacção com o campo electromagnético

- ▶ Os electrões movem-se com o campo electromagnético, se a frequência do campo fôr inferior à frequência do plasma

Plasma

Interacção com o campo electromagnético

- ▶ Os electrões movem-se com o campo electromagnético, se a frequência do campo fôr inferior à frequência do plasma
- ▶ A frequência do plasma depende da densidade do plasma e da temperatura (é a frequência dos choques entre iões e electrões)

Plasma

Interacção com o campo electromagnético

- ▶ Os electrões movem-se com o campo electromagnético, se a frequência do campo fôr inferior à frequência do plasma
- ▶ A frequência do plasma depende da densidade do plasma e da temperatura (é a frequência dos choques entre iões e electrões)
- ▶ Se a radiação electromagnética tiver uma frequência inferior à frequência de plasma, ela é absorvida.

Frequência do plasma:

$$\omega_p = \sqrt{4\pi n_e e^2 / m_e}$$

em que n_e é a densidade de electrões, e é a carga do electrão e m_e é a massa do electrão.

Carga num campo magnético

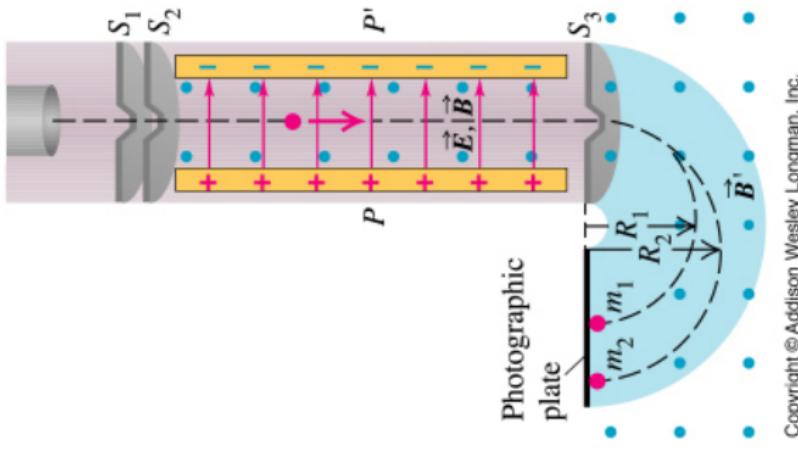
Uma carga eléctrica sujeita a um campo magnético sofre uma força perpendicular ao campo e à direcção do movimento.
Significa que **curva** a trajectória.

Carga num campo magnético

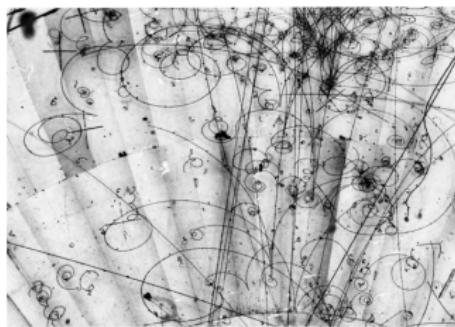
Uma carga eléctrica sujeita a um campo magnético sofre uma força perpendicular ao campo e à direcção do movimento.

Significa que **curva** a trajectória.

Exemplo: espectrómetro de massa



Carga num campo magnético



Carga num campo magnético

