

Tema 9: Estados de agregación de la materia

- 9.1 Características generales
- 9.2 Sólidos: estructura cristalina
- 9.3 Gases: leyes de los gases ideales
- 9.4 Líquidos: propiedades generales
- 9.5 Diagramas de fase de sustancias puras

9.1 Características generales de los estados de agregación

Desde el punto de vista microscópico:

	SÓLIDO	LÍQUIDO	GAS
ORDEN	LARGO ALCANCE	CORTO ALCANCE	DESORDEN
ENERGÍA MEDIA	Energía potencial prevalece sobre la energía cinética	Energía cinética y potencial son del mismo orden	Energía cinética prevalece sobre la energía potencial

Sin embargo... existen sólidos que carecen de orden de largo alcance: sólidos amorfos

25/11/2005

Fundamentos de Química.
Tema 8

2

Metano sólido

25/11/2005

Fundamentos de Química.
Tema 8

3

Metano líquido

25/11/2005

Fundamentos de Química.
Tema 8

4

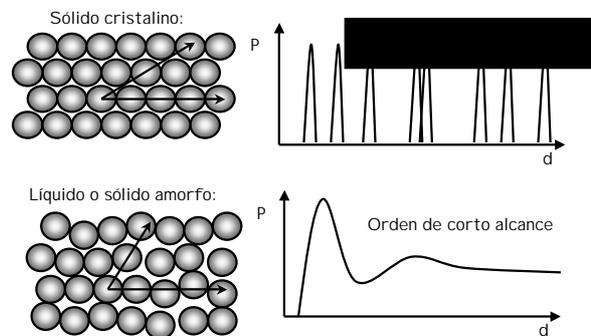
Metano gas

25/11/2005

Fundamentos de Química.
Tema 8

5

Estructura microscópica y orden microscópico



25/11/2005

Fundamentos de Química.
Tema 8

6

9.2 Sólidos: estructura cristalina

Clasificación de los sólidos:

Tipo de enlace:

- metales
- iónicos
- covalentes
- moleculares

Estructura:

Cristalinos
• Orden de largo alcance

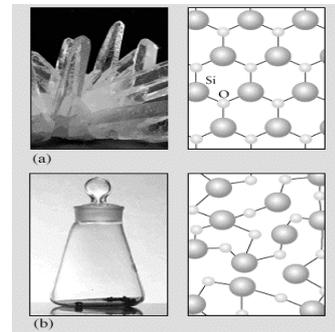
Amorfos

Diferencia entre un sólido cristalino y un amorfo

SiO₂

↙ Cuarzo

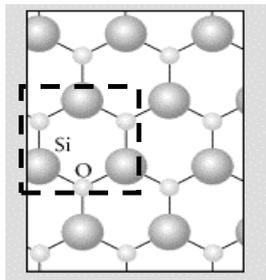
↘ Sílice



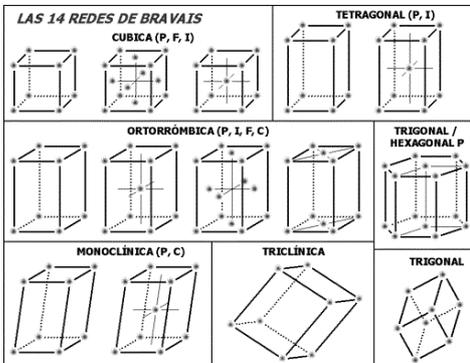
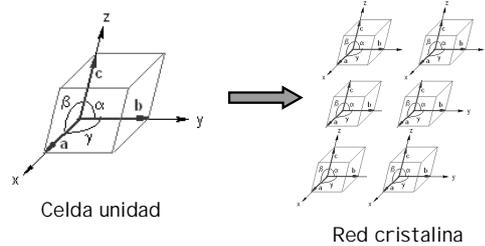
Estructura cristalina

➤ Un **crystal** es una disposición tridimensional altamente ordenada de átomos o moléculas en los que existe un orden de largo alcance

Un **crystal** es una red periódica que se obtiene por repetición en las tres direcciones del espacio de un determinada estructura



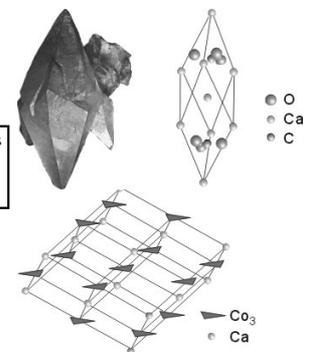
Descripción geométrica de la estructura cristalina



Fuerzas intermoleculares y estructura cristalina

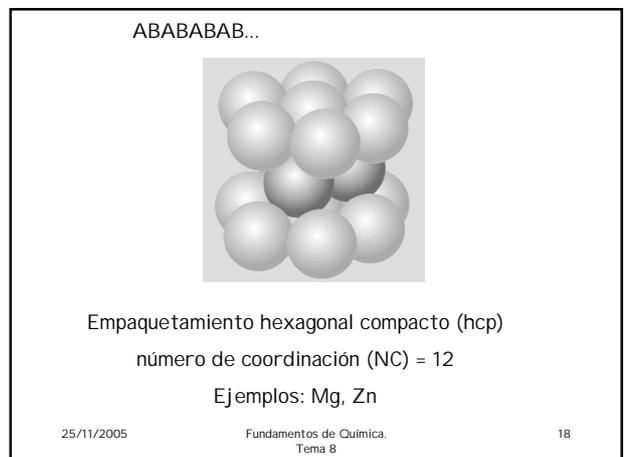
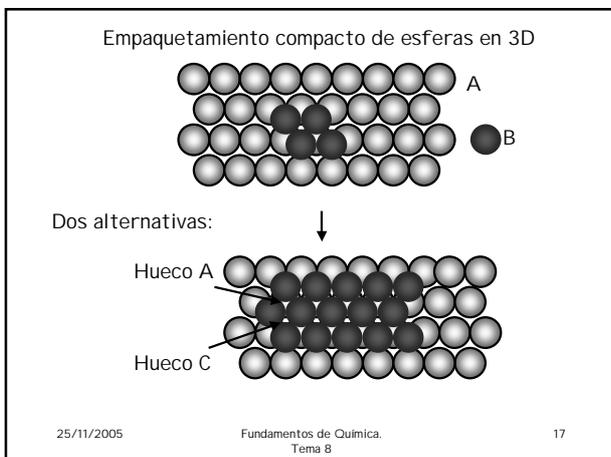
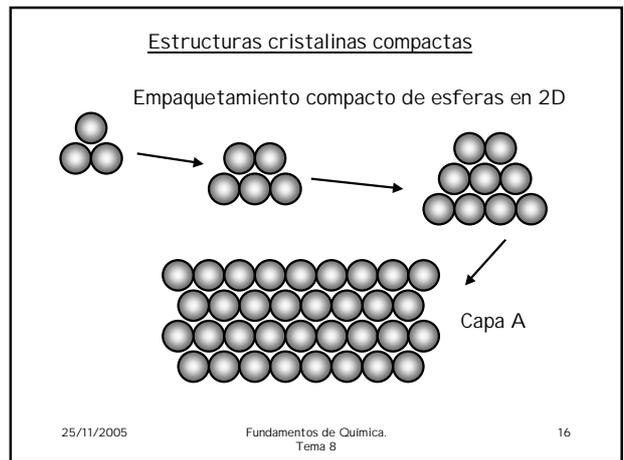
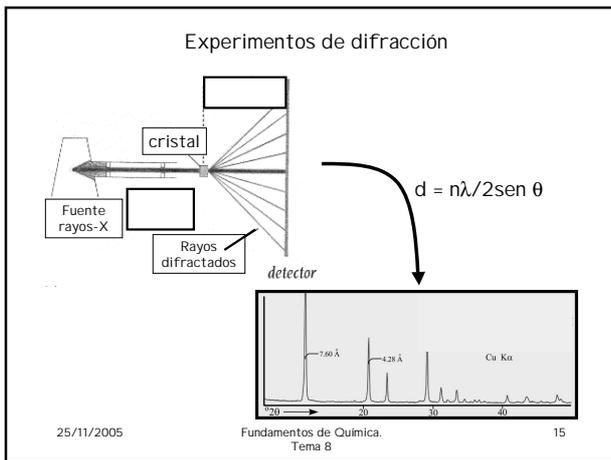
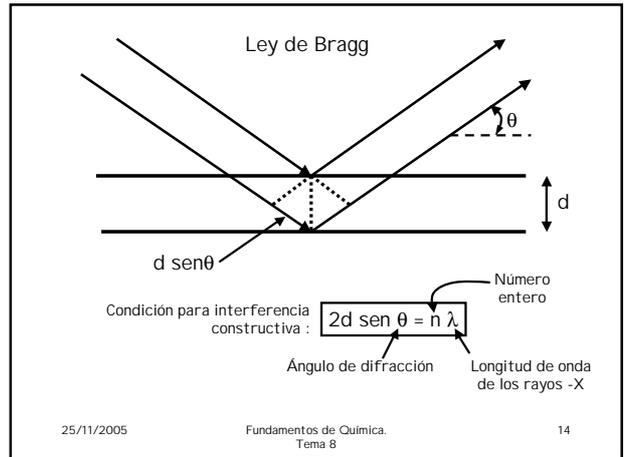
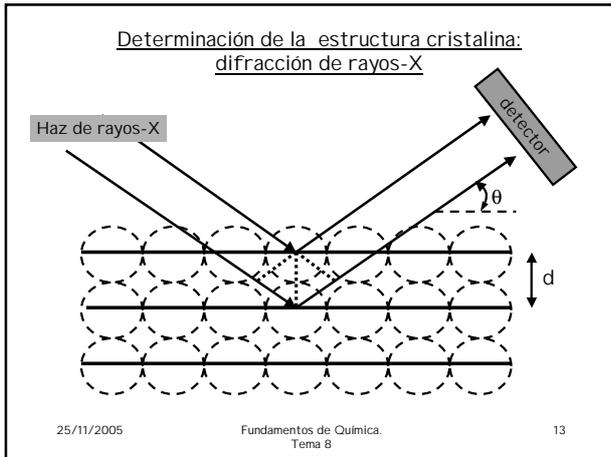
La estructura cristalina depende de:

- Forma y tamaño de las moléculas
- Tipo de enlace
- Tipo de fuerza intermolecular

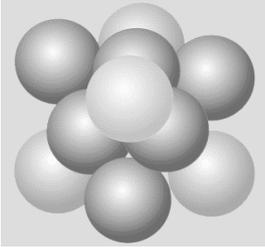


Ejemplo: estructura cristalina de la calcita

CaCO₃



ABCABCABCABC...

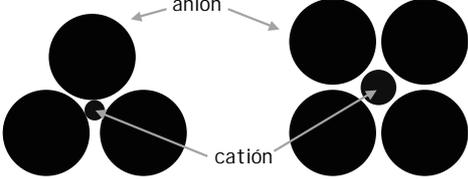


Empaquetamiento cúbico compacto o cúbico centrado en las caras (fcc)
NC = 12, Ejemplos: Al, Cu, Ag, Au

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 19

Cristales iónicos

La estructura cristalina depende en gran medida de la relación de radios:



anión
catión

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 20

Estructura y radio iónico

Número de coordinación = número de átomos o iones que rodean a cortas distancias a uno dado

Número de coordinación	Relación de radios (r_+/r_-)
8	> 0.7
6	0.4-0.7
4	0.2-0.4
3	0.1-0.2

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 21

Estructura del NaCl

Relación de radios: $r_+/r_- = 0.60$

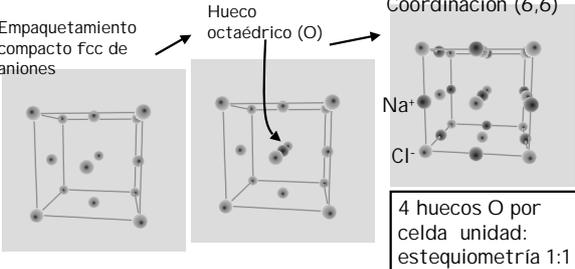
Empaquetamiento compacto fcc de aniones

Hueco octaédrico (O)

Coordinación (6,6)

Na⁺
Cl⁻

4 huecos O por celda unidad: estequiometría 1:1



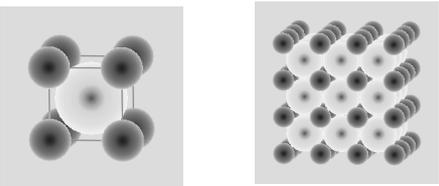
25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 22

Estructura del CsCl

Relación de radios: $r_+/r_- \sim 1$

Coordinación (8,8)

Estequiometría 1:1



25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 23

Cristales moleculares

•Cada punto de la red cristalina está ocupado por una molécula

•La estructura cristalina viene determinada por la forma de la molécula y las fuerzas intermoleculares (dispersión, dipolo-dipolo, etc...)

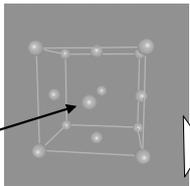
Más ejemplos:
I₂
P₄
S₈

Gases nobles en estado sólido

Átomo de gas noble

Estructura fcc

Problema 8.1: ¿qué tipo de cristales tendrán por lo general menores puntos de fusión, moleculares o iónicos?

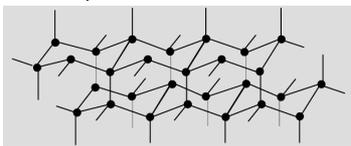


25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 24

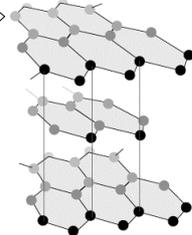
Cristales covalentes

- Cada punto de la red cristalina está ocupado por un átomo
- Los átomos se unen entre sí mediante enlace covalente.
- La estructura cristalina viene determinada por las propiedades de la capa de valencia del átomo: número de electrones desapareados, tipo de hibridación, etc...

Diamante



Grafito



Problema 8.2: ¿qué tipo de hibridación tiene el carbono en cada caso?

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 25

9.3 Gases: leyes de los gases

Propiedades de los gases:

	Unidad SI	Unidad práctica
Presión	Pascal = 1 N / m ²	atmósfera = 101320 Pa
Volumen	m ³	litro = 10 ⁻³ m ³
Temperatura	kelvin	kelvin / °C

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 26

Gases ideales y leyes empíricas

- Un gas "ideal" o gas "perfecto" es un modelo simplificado de un gas real que cumple unas leyes sencillas en relación a su presión, temperatura, etc...

Los gases reales se comportan como ideales a altas temperaturas y bajas densidades. En general el modelo de gas ideal es una buena aproximación para la mayoría de los gases.

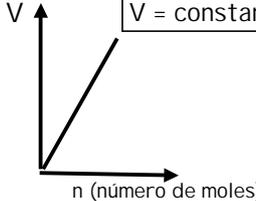
Leyes empíricas del gas ideal:

1. Ley de Boyle: la presión es inversamente proporcional al volumen
2. Ley de Gay-Lussac: la presión es proporcional a la temperatura
3. Ley de Charles: el volumen es proporcional a la temperatura

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 27

Principio de Avogadro

A temperatura y presión constantes el volumen de un gas (ideal) es directamente proporcional al número de moles:



$V = \text{constante} \cdot n$

$n = \frac{\text{número de moléculas}}{\text{número de Avogadro}}$

En igualdad de condiciones, más moléculas ocupan más volumen.

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 28

Ecuación de estado del gas ideal

Se obtiene de combinar las leyes empíricas y el principio de Avogadro:

$P \cdot V = n R T$

n = número de moles 1 mol = N_A moléculas

N_A = 6.022 · 10²³ número de Avogadro

R = 8.31451 J/(K mol) constante de los gases

R = N_A k_B k_B = 1.38 · 10⁻²³ J/K constante de Boltzmann

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 29

9.4 Líquidos: propiedades generales

Propiedades de los líquidos

1. Densidad (kg / m³)
2. Viscosidad (N s/ m²)
3. Tensión superficial (N/m)
4. Presión de vapor (Pa = N/m²)

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 30

1. La densidad normalmente desciende con la temperatura:

2. La viscosidad esta relacionada con la resistencia de un líquido a fluir

La viscosidad normalmente desciende con la temperatura (incremento de energía cinética media de las partículas)

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 31

3. La tensión superficial está relacionada con la resistencia de un líquido a crear superficies

La tensión superficial depende de las fuerzas atractivas entre las moléculas (mayor energía potencial atractiva, mayor dificultad para crear superficies)

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 32

4. La presión de vapor es la presión ejercida por el vapor en equilibrio con su líquido.

La presión de vapor siempre aumenta con la temperatura.

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 33

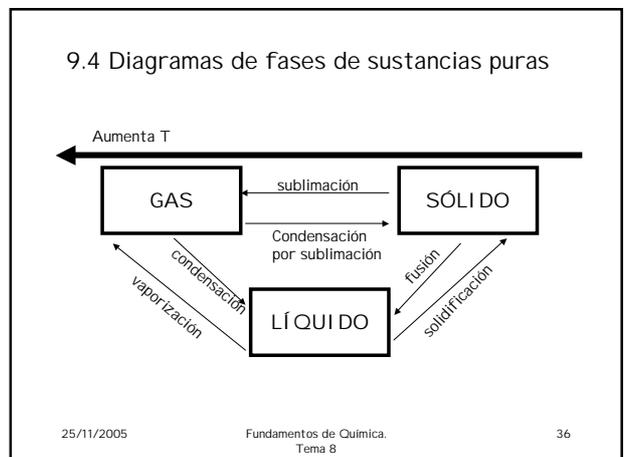
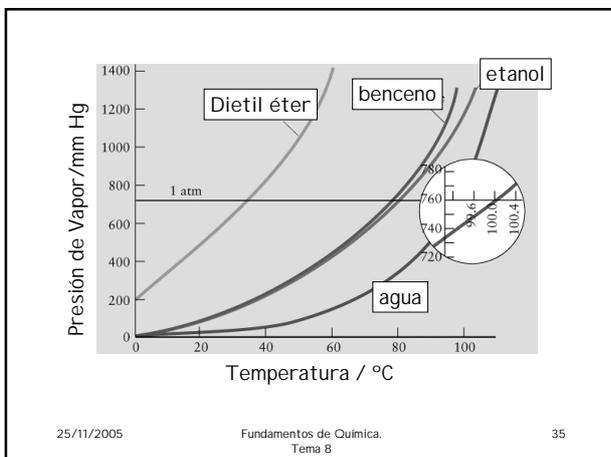
Presión de vapor y ebullición

Cuando la presión de vapor supera a la presión ambiente el líquido entra en ebullición

↓

Punto de ebullición normal:
temperatura a la cual la presión de vapor es una atmósfera

25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 34



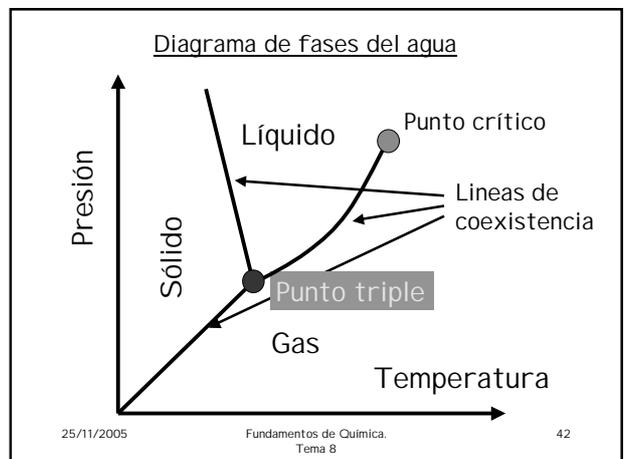
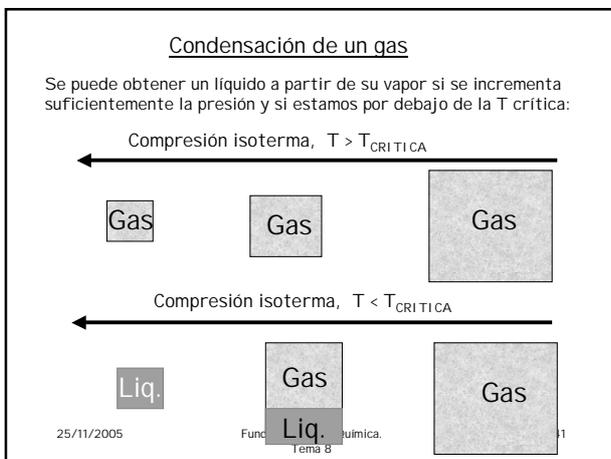
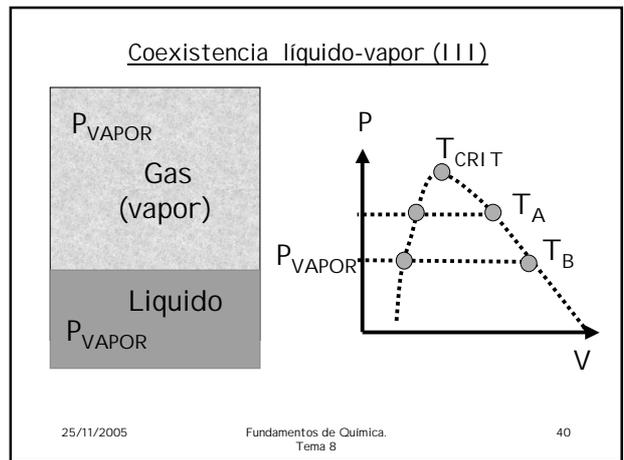
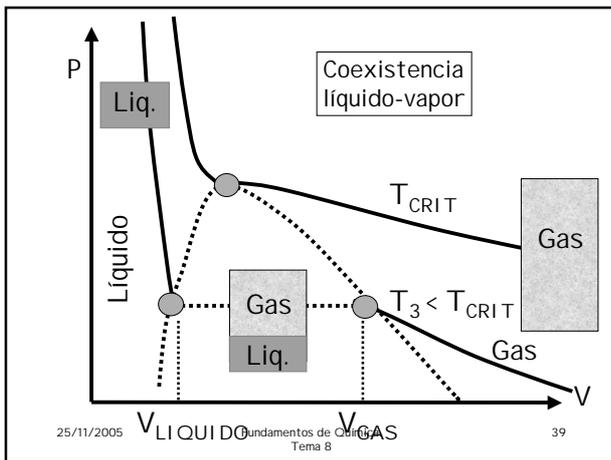
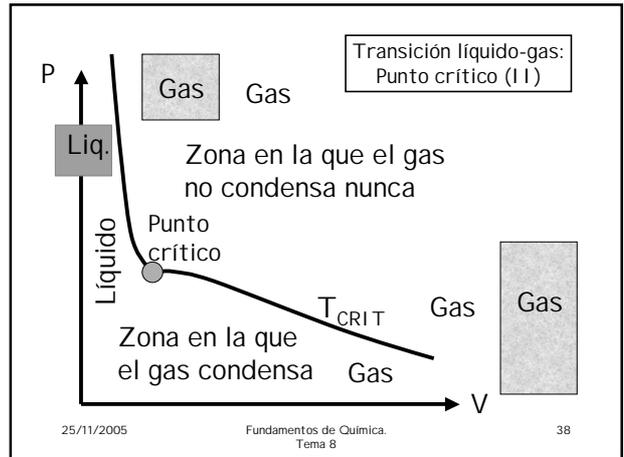
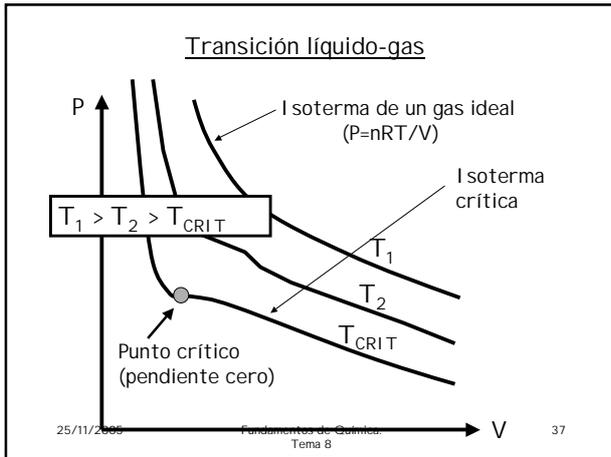
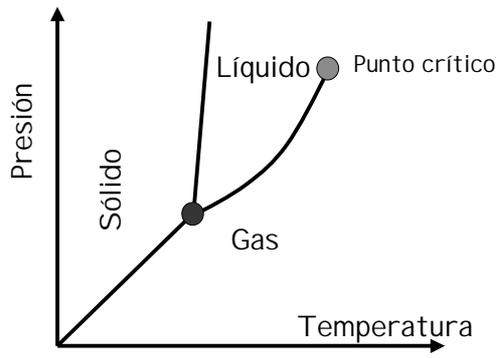
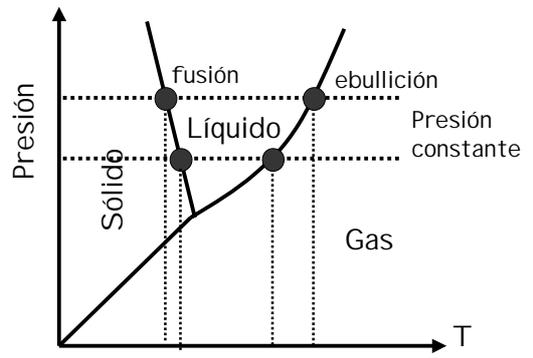


Diagrama de fases de la mayoría de los líquidos



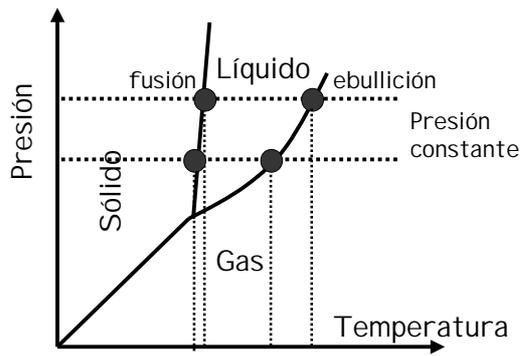
25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 43

Agua: La T de fusión disminuye con P



25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 44

Otros líquidos: La T de fusión aumenta con P



25/11/2005 Fundamentos de Química. Tema 8 45