

# Termodinámica

Fátima Masot Conde

Ing. Industrial 2007/08

# Termodinámica



¿Cómo enfría un frigorífico? ¿Cómo funciona un motor de un coche? ¿Por qué se derrite el hielo en un vaso de agua?

# Termodinámica



La Termodinámica estudia los fenómenos relacionados con las transferencias de energía entre un sistema y su entorno. Esto ya lo hemos hecho en Mecánica. ¿Cuál es la novedad que introduce la Termo?

Fátima Masot Conde

Dpto. Física Aplicada III

Universidad de Sevilla

# Termodinámica

Termodinámica clásica:

Obvia los conceptos de espacio y tiempo

En general:

sistemas  
homogéneos

estados de equilibrio  
o reposo

Un nombre más adecuado:

“Termoestática”

Para sistemas no equilibrados:

“Termodinámica de los  
procesos irreversibles”

Fátima Masot Conde

Dpto. Física Aplicada III

Universidad de Sevilla

# Termodinámica. Esquema General

Temperatura y Principio cero – Define el equilibrio térmico y la temperatura

Primer Principio. - Joule (1843)– Equivalencia entre calor y trabajo – Conservación de la energía

Segundo Principio. Carnot (1824)– Dirección según la cual tienen lugar los procesos termodinámicos

Clausius (1865): Introduce el concepto de “entropía”. Establece el primer y segundo principio de forma simple:

1.La energía del universo es constante

2.La entropía del Universo tiende a un máximo

Tercer Principio Nerst- Fija un límite de la temperatura termodinámica y de la entropía.

# Termodinámica. Esquema General

## Índice de Temas:

Tema 7. Introducción y conceptos básicos.

8. Temperatura y Principio Cero.

9. Primer Principio.

10. Gases ideales.

11. Segundo Principio.

# Tema 7: Termodinámica.

## Conceptos básicos

Fátima Masot Conde

Ing. Industrial 2007/08

## Tema 7: Termodinámica. Conceptos Básicos

### Índice:

1. Introducción.
2. Sistemas termodinámicos
3. Equilibrio termodinámico
4. Transformaciones termodinámicas.

## Introducción

### ¿Qué estudia la termodinámica?

Relaciones entre calor y trabajo, trata cualquier fenómeno físico desde el punto de vista de los intercambios energéticos  $Q$ ,  $W$

Abarca todos los campos de la Física

**Química:** Predicción del sentido de reacciones, equilibrios...

**Meteorología:** Humedad, predicción...

**Electromagnetismo:** efecto Peltier, efecto Joule, pilas, termopares, enfriamiento por campos magnéticos...

**Mecánica-Ingeniería:** Propagación de ondas sonoras, refrigeración, turbinas, motores, cohetes...

## Introducción

Apogeo de la termodinámica: Siglo XIX.  
Revolución/desarrollo industrial

Con la mejora de rendimientos/eficiencias en máquinas térmicas

Termodinámica clásica:

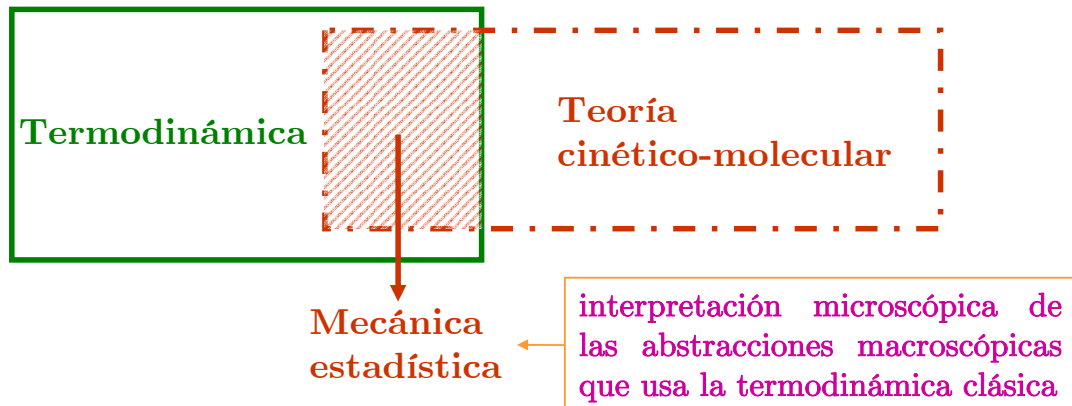
Obvia los conceptos de espacio y tiempo

sistemas  
homogéneos

estados de equilibrio  
o reposo

## Introducción

- Descansa sobre principios que se admiten sin demostración única.
- Validación de los principios: experiencia
- Estudia los sistemas desde el punto de vista macroscópico (obvia la estructura de la materia)



## Introducción

Es una disciplina fenomenológica: estudia los fenómenos que ocurren en los sistemas desde un punto de vista **macroscópico**, en función de propiedades físicas **observables y medibles**. No realiza hipótesis sobre la configuración íntima de la materia y sus principios son independientes de una imagen molecular.

Trata con sistemas reales, aunque a veces algunas situaciones hayan de aproximarse a condiciones idealizadas para resolver problemas

**Poder “legislativo” de la Física: Ningún fenómeno físico puede ir en contra de los tres principios termodinámicos**

## Introducción

### Variables o coordenadas termodinámicas

¿Qué son?

Magnitudes macroscópicas observables que, de forma conjunta, definen completamente el estado termodinámico del sistema.

¿Cuáles son?

Por ejemplo, para un gas ideal:

Presión,  $P$   
Volumen,  $V$   
Temperatura,  $T$

Para un hilo tenso, tensión, longitud del hilo, etc.

## Introducción

**Macroscópicas:**  
¿Por qué macroscópicas?

No tiene sentido aplicarlas a un número reducido de partículas (son el efecto observable de propiedades moleculares).

Por ejemplo, la temperatura=efecto observable de la  $E_K$  de las partículas.

Sus variaciones (diferenciales) siguen siendo macroscópicas.

El volumen=efecto observable de los volúmenes ocupados por las partículas.

Un  $dV$  es un cambio de volumen muy pequeño comparado con el volumen del sistema, pero suficientemente grande como para contener un gran número de partículas.

La presión=efecto observable de la presión ejercida por cada partícula.

Un  $dP$  es un cambio de presión muy pequeño comparado con la  $P$  del sistema, pero suficientemente grande para desprestigiar las fluctuaciones de presión debidas a los choques de partículas individuales con la pared del recipiente.

## Introducción

¿Por qué 'de forma conjunta'?

Porque por sí solas no definen el estado, las tres son necesarias para definir el estado del sistema (son independientes).

definen unívocamente  
 $\{P, V, T\} \longleftrightarrow$  Estado

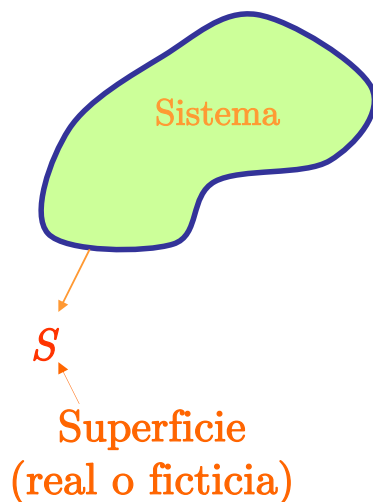
Otras variables que dependen de ellas: 'funciones de estado'  
 $\phi(P, V, T) =$  'función de estado'

Ejemplos:

Entropía	S
Energía interna	U
Entalpía	H

## Sistema termodinámico

Entorno



Entidad diferenciada del entorno, mediante una superficie  $S$

Un sistema termodinámico puede ser cualquier cosa: la mezcla de un refrigerador, una pila eléctrica, un alambre tenso, un cilindro de automóvil, una pompa de jabón, un agujero negro, una estrella, el Universo...



### Sistema termodinámico

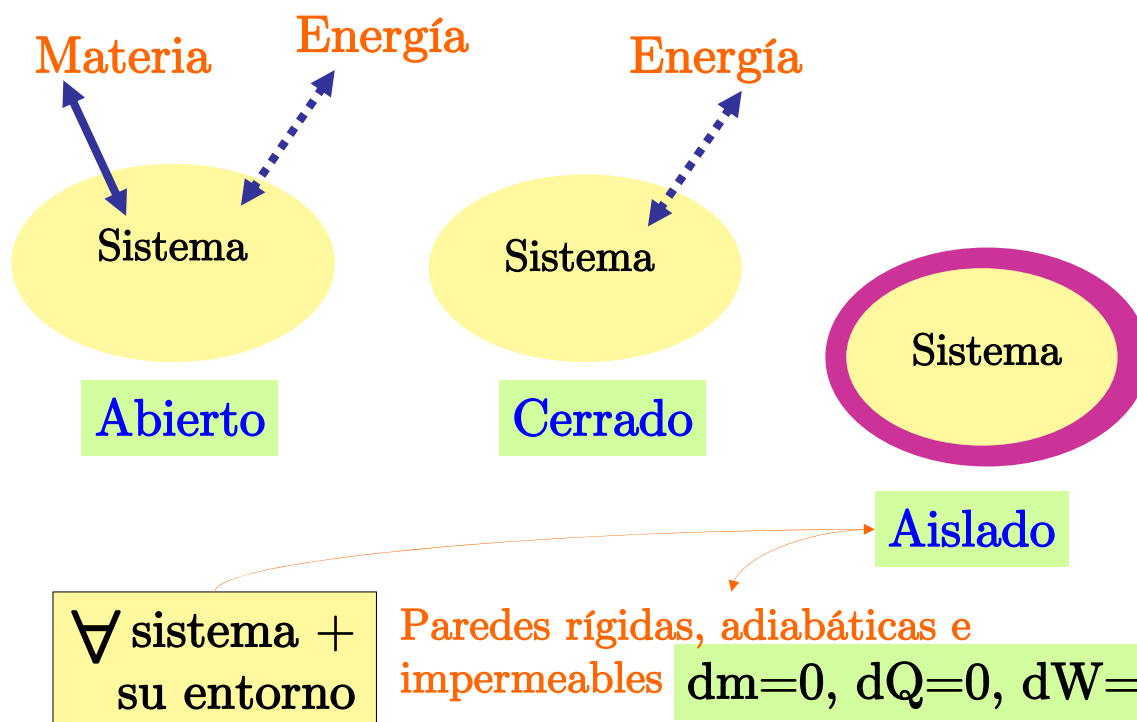


### Sistema termodinámico

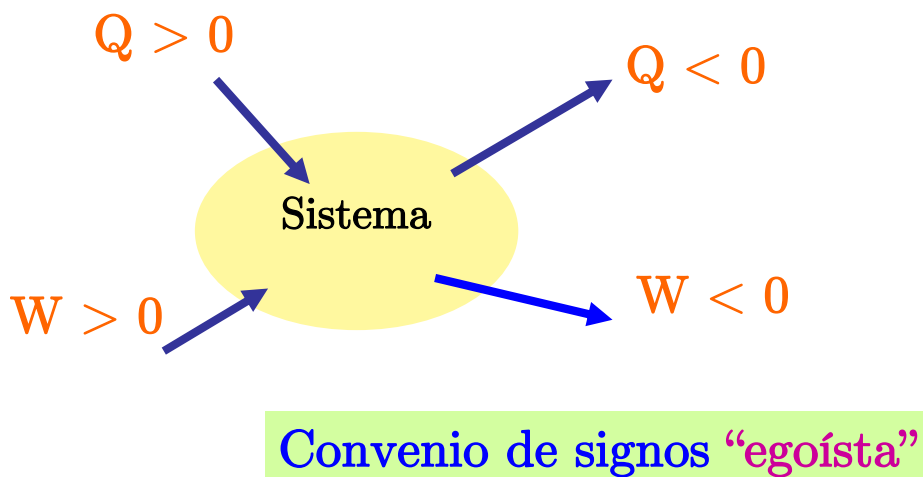
#### Clasificación de los límites o paredes del sistema

Respecto a un	Sí	No
Cambio de volumen	móvil	rígida
Flujo de calor	diaterma	adiabática
Flujo de materia	permeable	impermeable
		<b>Sistema aislado</b>

### Sistema termodinámico



### Sistema termodinámico



# Equilibrio termodinámico

➔ Estado en el que las variables termodinámicas que lo definen no experimentan cambios espontáneos

➔ Clases de equilibrio ↔ Clases de intercambio con el exterior

➔ Según el intercambio:

<del>↔</del>	Intercambio de materia	↔	Equilibrio químico
<del>↔</del>	Intercambio de trabajo	↔	Equilibrio mecánico
<del>↔</del>	Intercambio de calor	↔	Equilibrio térmico

# Equilibrio termodinámico

O también:

Comp. química  
 $C.Q. = cte$  Equilibrio químico  
 $P = cte$  Equilibrio mecánico  
 $T = cte$  Equilibrio térmico

$P, V, T = ctes$  ↔ Equilibrio termodinámico

o bien

$$f(P, V, T) = 0$$

Si el sistema es heterogéneo:  
Equilibrio de fases

Ecuación de estado:  
Relación que liga las coordenadas termodinámicas en el equilibrio.

## Equilibrio termodinámico

### Ejemplos de ecuación de estado:

Gas ideal:

$$PV = nRT$$

cte de los gases ideales

Gas de Van der Waals:

$$\left( P + n^2 \frac{a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

nº de moles

ctes

$P, V, T =$  variables de estado

En el equilibrio, sólo es necesario especificar dos variables de estado. La tercera queda definida automáticamente por la ecuación de estado.

## Transformaciones o procesos termodinámicos

El sistema pasa de unas variables termodinámicas  $\{V_i, P_i, T_i\}$  a otras  $\{V_f, P_f, T_f\}$

$$\{V_i, P_i, T_i\} \xrightarrow{\text{proceso termodinámico}} \{V_f, P_f, T_f\}$$

$$T_i = T_f \quad \{V_i, P_i, T_i\} \longrightarrow \{V_f, T_i, P_f\} \quad \text{Proceso isoterma}$$

$$V_i = V_f \quad \{V_i, P_i, T_i\} \longrightarrow \{V_i, T_f, P_f\} \quad \text{Proceso isocoro}$$

$$P_i = P_f \quad \{V_i, P_i, T_i\} \longrightarrow \{V_f, T_f, P_i\} \quad \text{Proceso isobaro}$$

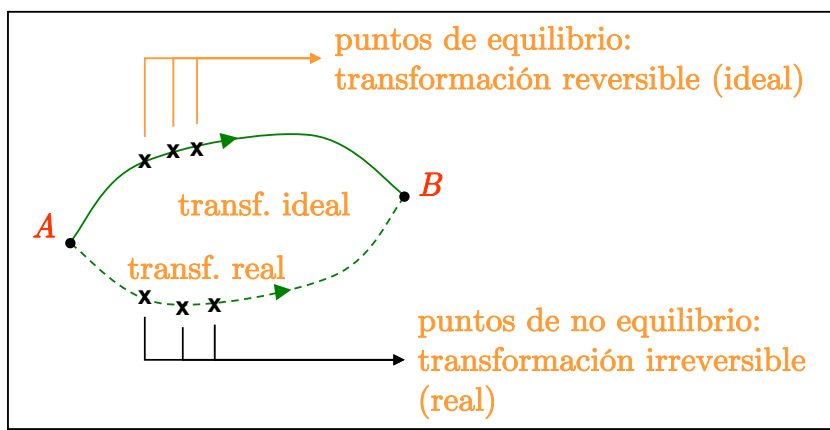
$$Q=0 \quad \{V_i, P_i, T_i\} \xrightarrow{Q=0} \{V_f, T_f, P_f\} \quad \text{Proceso adiabático}$$

## Distinción entre variables de estado y variables de transformación

Variables de estado	Variables de proceso
<p>Presión <math>P</math></p> <p>Volumen <math>V</math></p> <p>Temperatura <math>T</math></p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p><math>A</math></p> <p><math>(P_A, V_A, T_A)</math></p> <p><math>B</math></p> <p><math>(P_B, V_B, T_B)</math></p> </div> <p>Definen el estado de equilibrio</p>	<p>Calor <math>Q</math></p> <p>Trabajo <math>W</math></p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div> <p>Definen la transformación. Los estados intermedios no tienen por qué ser de equilibrio</p>

## Tipos de transformación: procesos reversibles e irreversibles

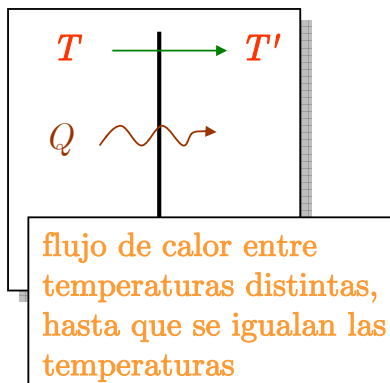
A veces, algunas situaciones se han de aproximar a condiciones idealizadas para resolver problemas. Así, una transformación real (---) entre dos estados A y B, se puede modelar a través de una transformación ideal (—) que pase por sucesivos estados de equilibrio



## Tipos de transformación

**Por ejemplo:** estamos acostumbrados a que un sistema cambie su temperatura, a costa de un intercambio de calor con el entorno (proceso real, irreversible). Pero podemos modelar este cambio de forma ideal con dos procesos ideales reversibles:

### Irreversible (real):



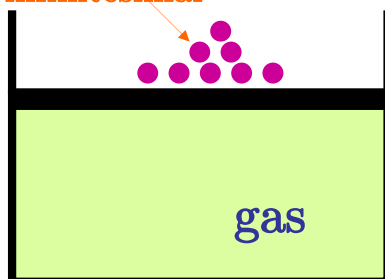
### Reversible (ideal):

- 1) El sistema intercambia calor con el entorno sin variar su temperatura (proceso isoterma)
- 2) El sistema varía su temperatura, sin intercambiar calor con el exterior (proceso adiabático).

## Tipos de transformación

Otro ejemplo: un proceso cuasi estático reversible:

granos de arena de masa infinitesimal



émbolo móvil

Si se depositan sobre el émbolo móvil los granos de uno en uno, la presión del gas dentro del recipiente aumenta de forma diferencial

Características  
Proceso reversible

- Se puede invertir el proceso en cualquier momento, simplemente quitando cada grano de uno en uno.
- Es cuasiestático (infinitamente lento y pasa por sucesivos estados de equilibrio) (velocidad del proceso = 0)
- La potencia desarrollada es nula!
- Irrealizable

## Tipos de transformación



**Algunos procesos irreversibles:** cualquiera que introduzca pérdidas por rozamiento, viscosidad, turbulencias o histéresis.

Compresión rápida de un gas, mezcla de agua fría y caliente, deformación inelástica de un alambre, flujo de corriente a través de una resistencia, disoluciones de sal en agua, etc

## Bibliografía

- *Tipler & Mosca* "Física para la ciencia y tecnología" Ed. Reverté
- *Serway & Jewett*, "Física", Ed. Thomson (vol. II)
- *Halliday, Resnick & Walter*, "Física", Ed. Addison- Wesley.
- *Sears, Zemansky, Young & Freedman*, "Física Universitaria", Ed. Pearson Education (vol. II)
- *J. Aguilar*, "Curso de Termodinámica" Ed. Alambra
- *Çengel & Boles*, "Termodinámica", Ed. Prentice-Hall

## Fotografías y Figuras, cortesía de

*Tipler & Mosca* "Física para la ciencia y tecnología" Ed. Reverté  
*Sears, Zemansky, Young & Freedman*, "Física Universitaria", Ed. Pearson Education