

TERMODINÁMICA y FÍSICA ESTADÍSTICA I

Tema 1 - LA TEMPERATURA Y OTROS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TERMODINÁMICA

Introducción: características generales y objetivos de la termodinámica. Comparación de los criterios macroscópicos y microscópicos. Principio cero de la termodinámica: equilibrio térmico. Concepto de temperatura. Dilatación térmica lineal. Diagrama de fases PT del agua. Temperatura del gas ideal. Termometría. Escalas de temperatura. Sistemas termodinámicos. Equilibrio termodinámico. Variables termodinámicas extensivas e intensivas. Funciones y ecuaciones de estado.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA:

- Zemansky, Capítulos 1 y 2.
- Aguilar, Capítulos 1 y 2.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Objetivos de la termodinámica

La termodinámica estudia fenómenos físicos macroscópicos, relacionados normalmente con el calor y la temperatura, abarcando amplios dominios de la física, la química, la ingeniería, la biología, la meteorología...

La termodinámica trata de encontrar relaciones básicas entre sus variables (= magnitudes macroscópicas que están relacionadas con el estado interno de un sistema termodinámico), que sean coherentes con sus principios fundamentales.

La termodinámica es una disciplina que está basada en un número reducido de postulados básicos o axiomas a partir de los cuales, por razonamientos lógicos, se deducen las leyes que gobiernan los fenómenos caloríficos.

La termodinámica es el estudio de las consecuencias macroscópicas de las innumerables coordenadas atómicas que, en virtud del promedio estadístico, no aparecen explícitamente en la descripción macroscópica de un sistema dado

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Criterios macroscópicos y microscópicos

**MAGNITUDES
MACROSCÓPICAS**
(Termodinámica)

**MAGNITUDES
MICROSCÓPICAS**
(Mecánica/Física estadística)

NO

Implican hipótesis especiales
sobre la estructura de la materia

SI

pequeño

Número de variables necesarias
para su descripción

grande

SI

Son intuitivas o sugeridas
por nuestros sentidos

NO

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Sistemas termodinámicos

Sistema termodinámico: sistema que puede describirse mediante unas pocas variables o coordenadas termodinámicas (internas)



LIMITES O PAREDES DEL SISTEMA:

Cambio de volumen: **MÓVIL // RÍGIDO**

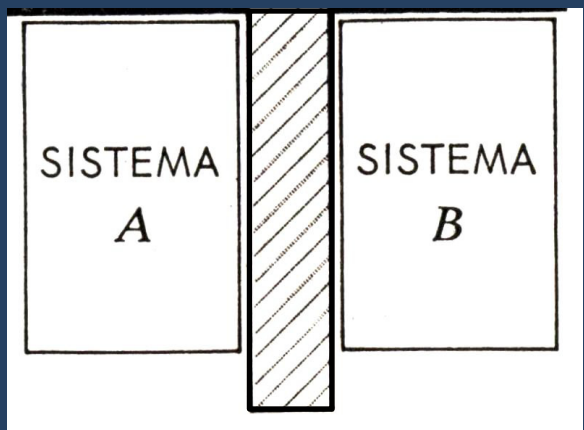
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Equilibrio térmico

paredes adiabáticas

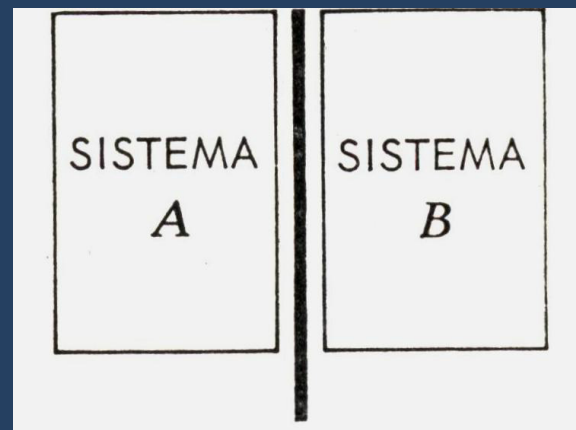


X, Y

X', Y'

Son posibles, en principio, todas las variables termodinámicas $X, Y; X, Y'$

paredes diatérmicas



X, Y

X', Y'

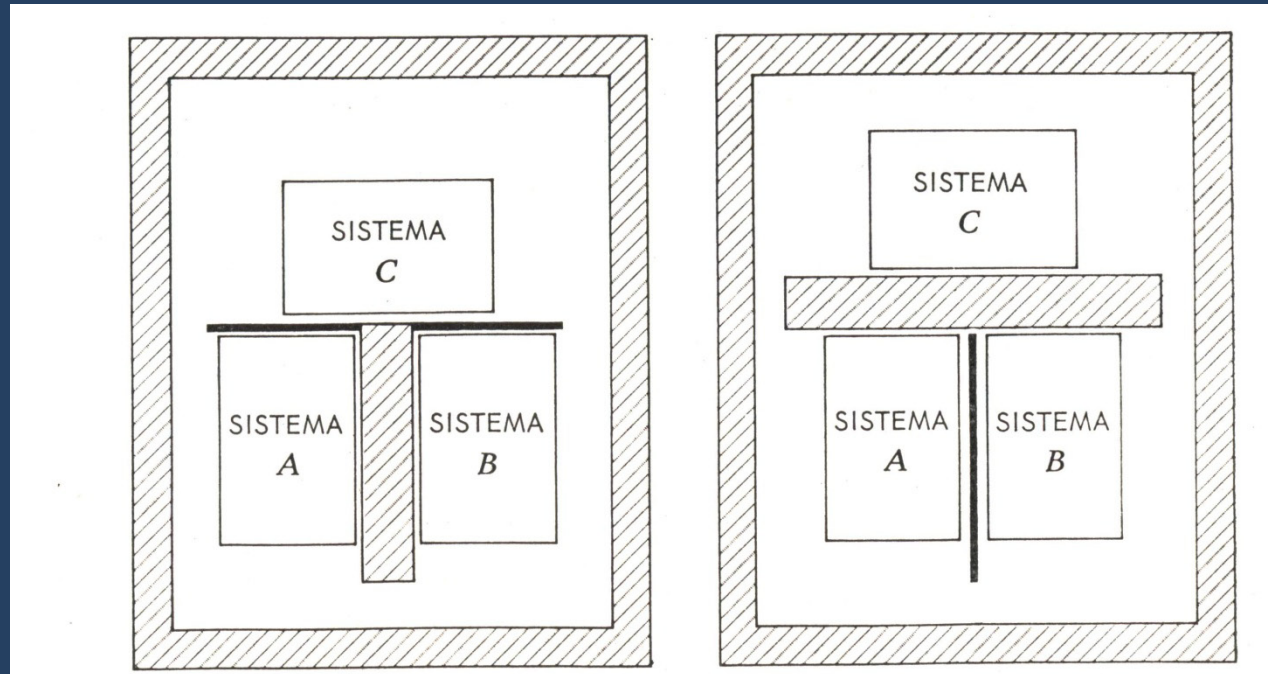
Solo son posibles valores restringidos de las variables termodinámicas $X, Y; X, Y'$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Equilibrio térmico: El Principio Cero de la termodinámica



A en equilibrio con C
B en equilibrio con C } \Rightarrow A en equilibrio con B

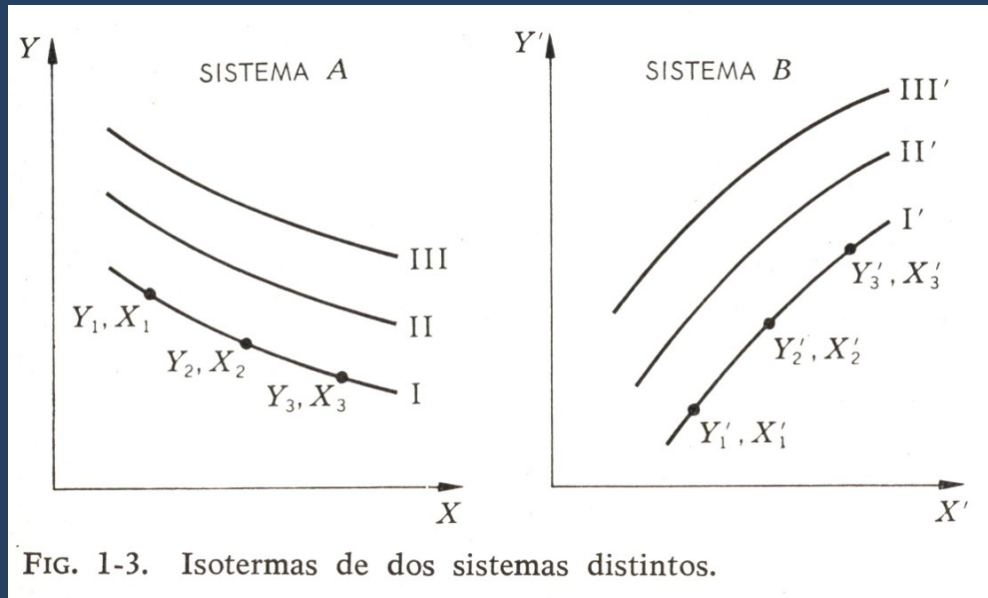
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Concepto de temperatura: isoterma

La **temperatura** de un sistema es una propiedad que determina si un sistema se encuentra o no en equilibrio térmico con otros sistemas.



$$\left. \begin{array}{l} f_{AC}(X, Y; X'', Y'')=0 \\ f_{BC}(X', Y'; X'', Y'')=0 \end{array} \right\} \Rightarrow f_{AB}(X, Y; X', Y')=0$$

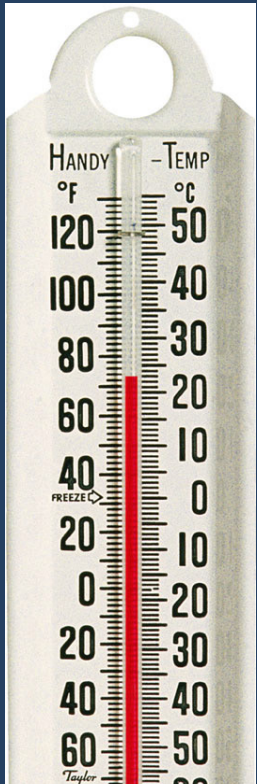
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Medida de la temperatura: escalas térmicas

Propiedad termométrica: propiedad física que varía con la temperatura



ESCALA CELSIUS:

- puntos fijos {
 - PFN (agua pura) → 0°C
 - PEN (agua pura) → 100°C

$$t_C = \frac{L_t - L_0}{L_{100} - L_0} \times 100^\circ C$$

ESCALA FAHRENHEIT:

- puntos fijos {
 - PFN (agua pura) → 32°F
 - PEN (agua pura) → 212°F

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^\circ C)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Dilatación térmica

$$\alpha = \frac{\Delta L / L}{\Delta T}$$

coeficiente de dilatación lineal

$$\alpha(T) = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$$

coeficiente de dilatación de volumen

$$\beta(T) = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$$

Tabla 15-1 Valores aproximados de los coeficientes de expansión térmica para varias sustancias

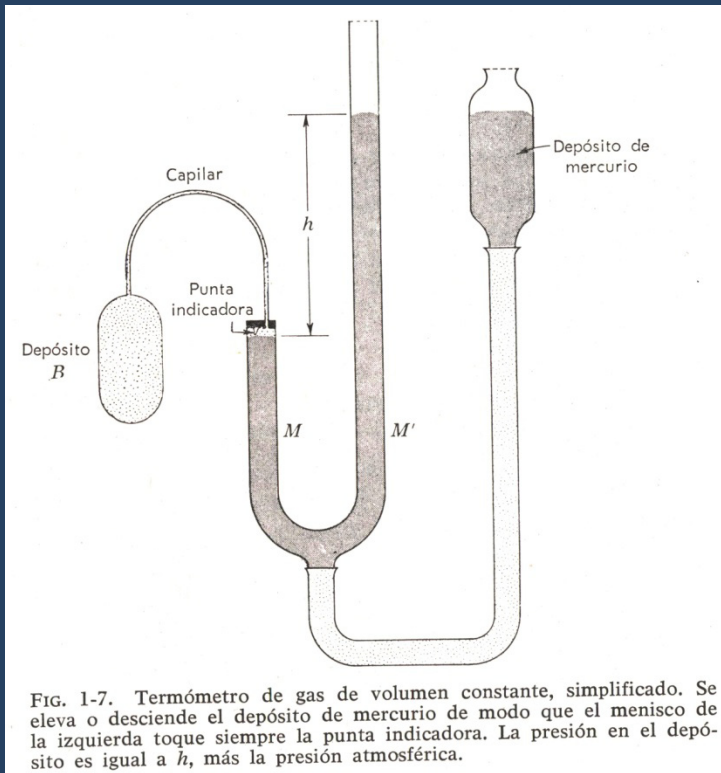
| Material | α, K^{-1} |
|-------------|------------------------|
| Acero | 11×10^{-6} |
| Aluminio | 24×10^{-6} |
| Carbono | |
| Diamante | $1,2 \times 10^{-6}$ |
| Grafito | $7,9 \times 10^{-6}$ |
| Cobre | 17×10^{-6} |
| Cristal | |
| Ordinario | 9×10^{-6} |
| Pyrex | $3,2 \times 10^{-6}$ |
| Hielo | 51×10^{-6} |
| Invar | 1×10^{-6} |
| Latón | 19×10^{-6} |
| Material | β, K^{-1} |
| Acetona | $1,5 \times 10^{-3}$ |
| Agua (20°C) | $0,207 \times 10^{-3}$ |
| Aire | $3,67 \times 10^{-3}$ |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Termómetros de gas y escala absoluta de temperaturas



(escala Celsius de temperaturas)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Termómetros de gas y escala absoluta de temperaturas

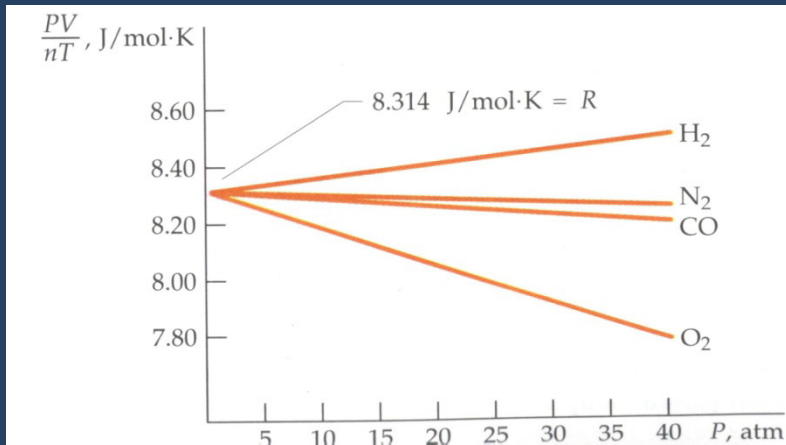
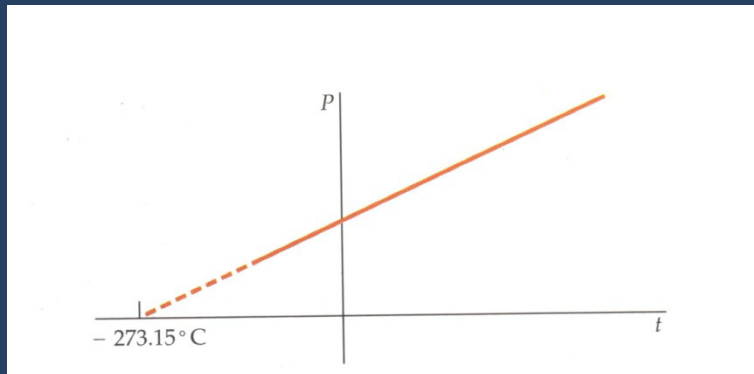


Figura 15-10 Representación de PV/nT en función de P para gases reales. Cuando la densidad del gas se reduce, reduciéndose por tanto la presión, el cociente PV/nT tiende al mismo valor, $8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, para todos los gases. Este valor es la constante universal de los gases R . La ecuación de los gases ideales $PV=nRT$ es una buena aproximación para todos los gases reales a bajas presiones, es decir hasta presiones de algunas atmósferas.



$$T[\text{K}] = t_C + 273.15$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Escalas principales de temperaturas

$$t (^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$$

(escalas Celsius y Kelvin)

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32^{\circ}\text{C})$$

$$t (^{\circ}\text{F}) = T(\text{R}) - 459.67$$

(escalas Fahrenheit y Rankine)

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Punto triple del agua

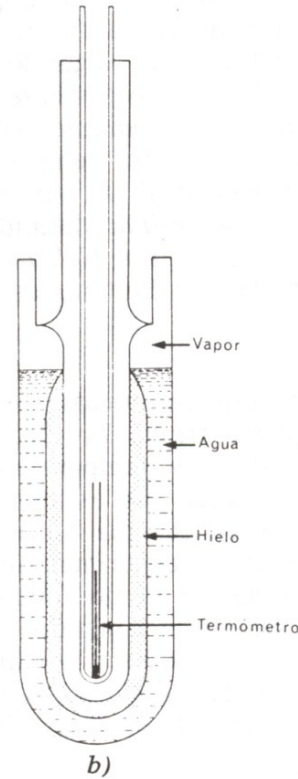
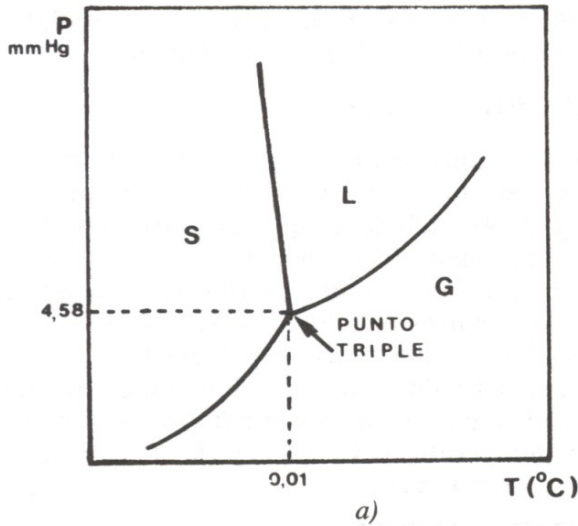


FIG. 2.9. a) Diagrama del punto triple del agua. b) Célula del punto triple. En el pozo central se introduce el termómetro que ha de calibrarse.

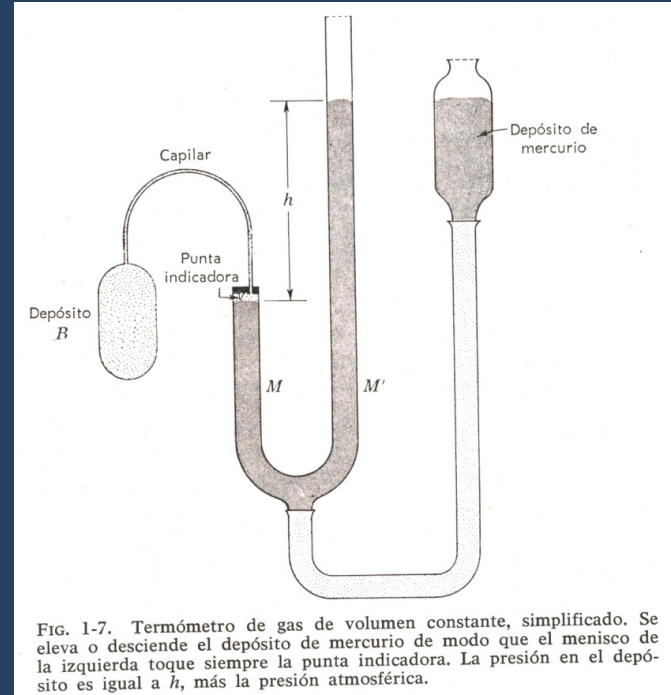


FIG. 1-7. Termómetro de gas de volumen constante, simplificado. Se eleva o desciende el depósito de mercurio de modo que el menisco de la izquierda toque siempre la punta indicadora. La presión en el depósito es igual a h , más la presión atmosférica.

$$T = \lim \left(\frac{P}{P_0} \right) 273.16K$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Escala internacional de temperaturas

ITS-68

ITS-90

Temperaturas de los puntos fijos

| Puntos fijos | | Temp., °C | Temp., °K |
|---------------|--|-----------|-----------|
| Patrón | Punto triple del agua | 0,01 | 273,16 |
| Fundamentales | PEN del hidrógeno (punto del hidrógeno) | -252,88 | 20,26 |
| | PEN del oxígeno (punto del oxígeno) | -182,97 | 90,17 |
| | Equilibrio del hielo y del agua saturada de aire (punto del hielo) | 0,00 | 273,15 |
| | PEN del agua (punto del vapor) | 100,00 | 373,15 |
| | PFN del cinc (punto del cinc) | 419,51 | 692,66 |
| | PFN del antimonio (punto del antimonio) | 630,50 | 903,65 |
| | PFN de la plata (punto de la plata) | 961,90 | 1235,05 |
| | PFN del oro (punto del oro) | 1064,5 | 1337,65 |
| Secundarios | PEN del helio | -268,93 | 4,22 |
| | PEN del neón | -246,09 | 27,09 |
| | PEN del nitrógeno | -195,81 | 77,35 |
| | PFN del mercurio | -38,86 | 234,29 |
| | Punto de transición del sulfato sódico | 32,38 | 305,53 |
| | PEN del naftaleno | 217,96 | 491,11 |
| | PFN del estaño | 231,913 | 505,00 |
| | PEN de la benzofenona | 305,90 | 579,05 |
| | PFN del cadmio | 320,90 | 594,05 |

Puntos de la escala internacional de temperaturas (ITS-90)

| Puntos fijos | T_{90} (K) | t_{90} (°C) | Termómetro utilizado |
|---|--------------|----------------------|--------------------------|
| Punto de presión del vapor del helio | 3 a 5 | -270,15 a -268,16 | Gas helio |
| Punto triple del hidrógeno | 13,80 | -259,35 | |
| Punto triple del neón | 24,56 | -248,59 | |
| Punto triple del oxígeno | 54,36 | -218,79 | |
| Punto triple del argón | 83,80 | -189,34 | Resistencia de platino |
| Punto triple del mercurio | 234,32 | -38,83 | |
| Punto triple del agua* | 273,16 | 0,01 | |
| Punto de fusión del galio | 302,91 | 29,76 | |
| Punto de solidificación del cinc | 692,67 | 419,53 | |
| Punto de solidificación del aluminio | 933,47 | 660,32 | Termómetros de radiación |
| Punto de solidificación de la plata | 1 234,93 | 961,78 | |
| Punto de solidificación del oro | 1 337,33 | 1 064,18 | |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Otros termómetros

- **Termómetros de resistencia eléctrica**
(metales o termistores semiconductores)
- **Termómetros de radiación**
(ley de Stefan-Boltzmann $W = \sigma T^4$)
- **Termómetros de presión de vapor**
(presión de vapor de saturación por debajo del punto crítico:
1.0–5.2 K para el ^4He
0.30–3.32 K para el ^3He)
- **Termómetros magnéticos**
(ley de Curie: $\chi = C / T$)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Termómetros: el termopar

Efecto Seebeck: se produce una fem termoeléctrica cuando 2 conductores metálicos distintos están unidos por sus extremos y sus soldaduras se mantienen a temperaturas diferentes

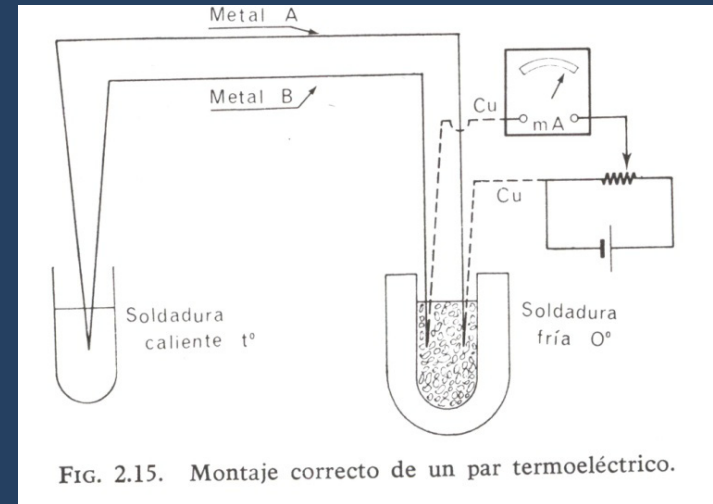
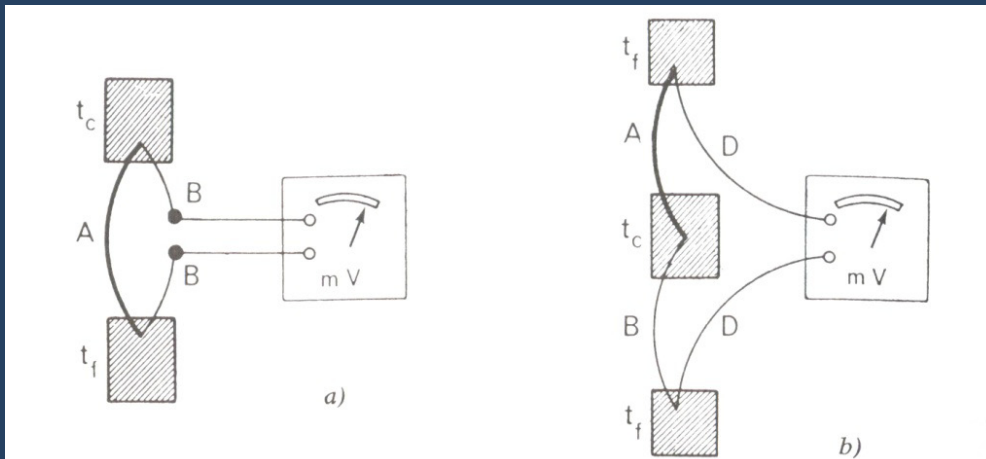


FIG. 2.12. Par termoeléctrico. a) Dos metales, A y B, con una soldadura fría y otra caliente; intercalando un voltímetro V puede medirse la fuerza electromotriz del par; b) la introducción de otro metal, D, no altera la fem del par siempre que las soldaduras AD y BD estén a igual temperatura. Véase Fig. 2.13.

FIG. 2.15. Montaje correcto de un par termoeléctrico.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Distintos sistemas termodinámicos y sus variables intensivas y extensivas

específicas

aditivas

| Sistema termodinámico | Variable intensiva | Variable extensiva |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Sistema hidrostático | Presión P | Volumen V |
| Hilo estirado | Tensión τ | Longitud L |
| Lámina superficial | Tensión superficial σ | Área A |
| Pila eléctrica | Fem \mathcal{E} | Carga Z |
| Sólido dieléctrico | Campo eléctrico E | Polarización total \mathcal{P} |
| Sólido paramagnético | Campo magnético H | Imanación M |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ecuaciones de estado

Las ecuaciones de estado son relaciones (normalmente empíricas y deducidas de los experimentos) que ligan las distintas variables termodinámicas de un sistema en equilibrio termodinámico, haciendo a una variable dependiente de las otras.

Gas ideal $PV = nRT$

Gas "real" de van der Waals $(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$

Hilo estirado: Ley de Hooke $\tau = k(L - L_0)$

Sólido paramagnético: Ecuación de Curie

$$M = C \frac{H}{T}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70