

# TERMODINÁMICA y FÍSICA ESTADÍSTICA I

## Tema 9 - LA INACCESIBILIDAD DEL CERO ABSOLUTO DE TEMPERATURA Y EL TERCER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Bajas temperaturas. Inaccesibilidad del cero absoluto. Postulado de Nernst y enunciado de Planck del tercer principio de la termodinámica. Propiedades termodinámicas cerca del cero absoluto.

### BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA:

- Callen, Capítulo 10

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

# Escalas de temperaturas y fenómenos físicos (I)

T (K)

1000

900

800

700

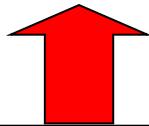
600

500

400

300

200



si 1 cm = 50 K

**Estrellas de neutrones (10<sup>9</sup> K,**  
**Corona solar (10<sup>6</sup> K, a 200 m)**  
**Superficie solar (5 x 10<sup>3</sup> K, a 1 m)**  
**Filamento de una bombilla (2000 K)**  
**Punto de fusión del oro (1330 K)**

Punto de fusión del plomo

Procesos biológicos (vida en la Tierra)

Una escala lineal no representa bien la relación entre temperatura y fenómenos físicos:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Ley de Feynman:

densidad de fenómenos físicos interesantes  $\propto \log T$

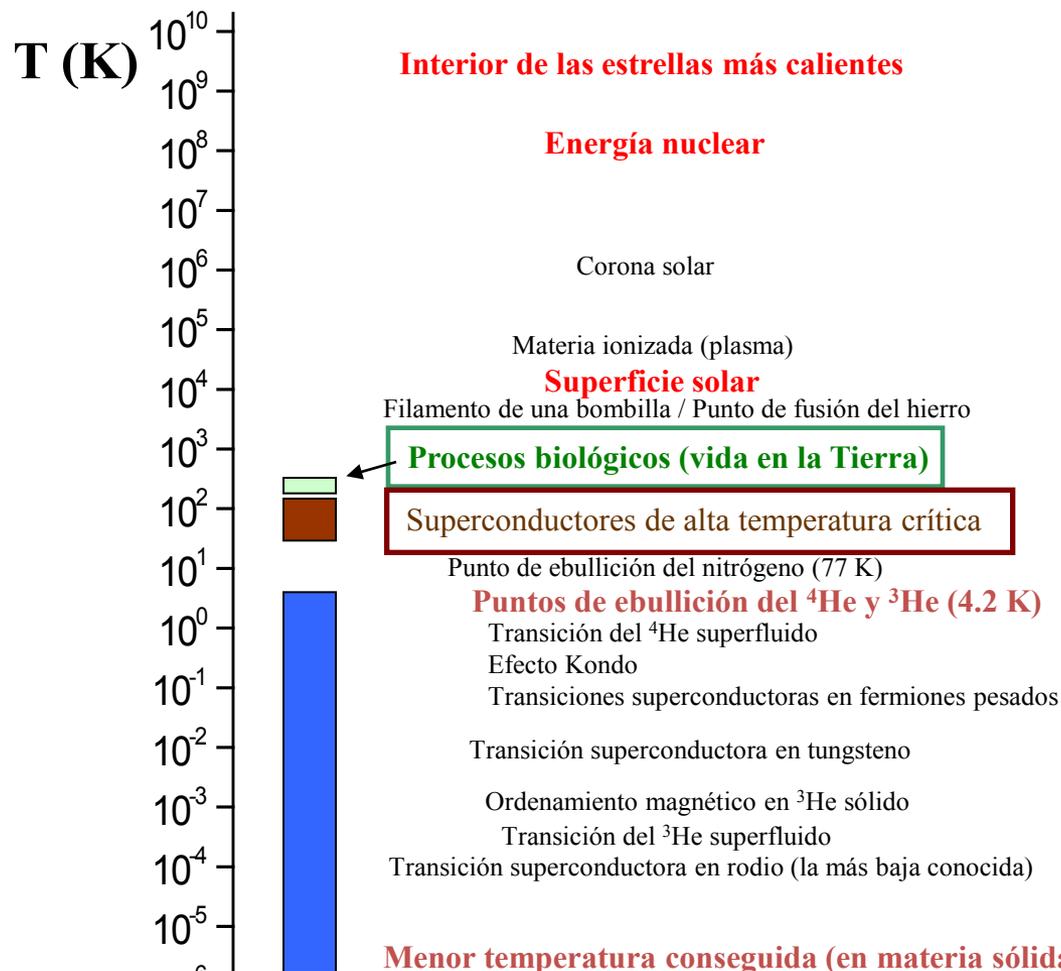
Cartagena99

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

# Escalas de temperaturas y fenómenos físicos (II)



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

Bajas Temperaturas

# Postulado de Nernst y enunciado de Planck del 3º Principio de la Termodinámica

## POSTULADO DE NERNST

En cualquier proceso reversible e isoterma, para un sistema en equilibrio interno, se cumple que:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S_T = 0$$

$$(T \rightarrow 0, S \rightarrow S_0)$$

## ENUNCIADO DE PLANCK

La entropía de todo sistema condensado puro y en equilibrio interno es nula en el cero absoluto:

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$$

$$(T \rightarrow 0, S = 0)$$

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

# Calores específicos a bajas temperaturas

$$(T = 0 \rightarrow T = T_A)$$

$$S_A = S_0 + \int_0^{T_A} \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_V dT = S_0 + \int_0^{T_A} \frac{C_V}{T} dT$$

para que la integral converja en el limite  $T \rightarrow 0$ :

$$C_V \rightarrow 0$$

Análogamente, cambiando  $V$  por  $P$  :

$$C_P \rightarrow 0$$

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

# Dilataciones térmicas a bajas temperaturas

## POSTULADO DE NERNST

En cualquier proceso reversible e isoterma, para un sistema en equilibrio interno, se cumple que:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S_T = 0$$

$(T \rightarrow 0, S \rightarrow S_0)$

$$\Rightarrow \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T \rightarrow 0, T \rightarrow 0$$

$$\Rightarrow \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \rightarrow 0, T \rightarrow 0$$

4ª relación de Maxwell:

$$\left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = - \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

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

# Los principios termodinámicos

## Los principios termodinámicos (\*)

| <i>Principio</i> | <i>Expresión matemática</i>                            | <i>Conceptos incluidos</i>  | <i>Funciones de estado definidas</i> |
|------------------|--|---|--------------------------------------|
| 0                | $dT=0$   | Equilibrio termodinámico.   | Temperatura, $T$                     |
| 1                | $dU=\delta Q+\delta W$                                 | Equivalencia del calor y el trabajo.<br>Imposibilidad del móvil perpetuo de primera especie.            | Energía interna, $U$                 |
| 2                | $\delta Q_R=T dS$<br>$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$ | Irreversibilidad.<br>Principio de la evolución.<br>Imposibilidad del móvil perpetuo de segunda especie. | Entropía, $S$                        |
| 3                | $\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S_T = 0$                | Imposibilidad del cero absoluto. N  |                                      |

Cartagena99

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

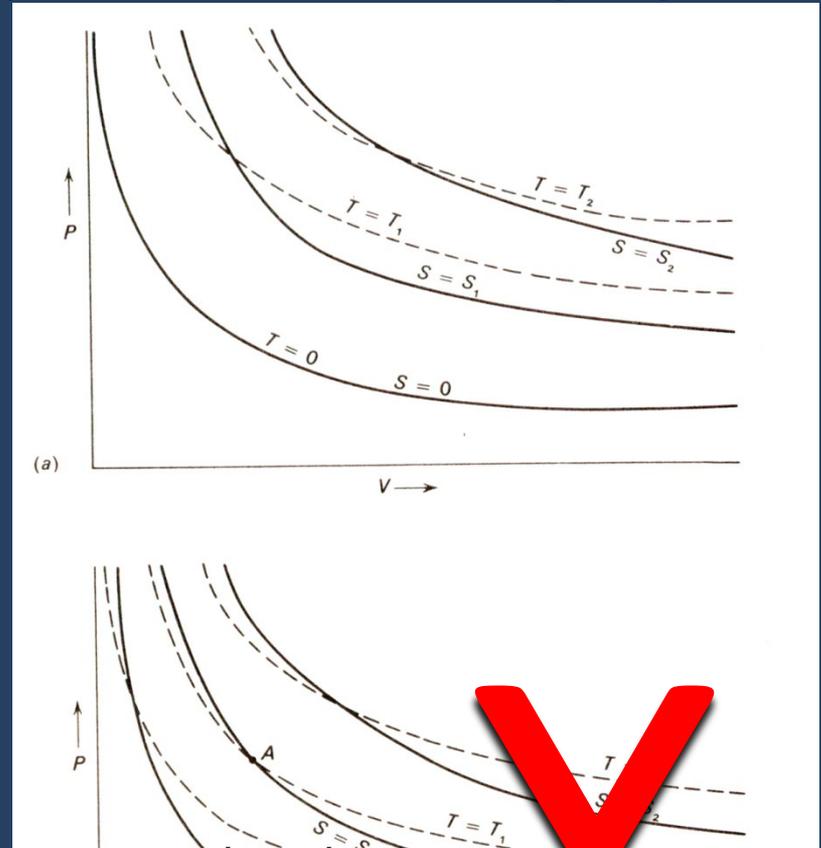
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

[Aguilar]

# La inaccesibilidad del cero absoluto

3º Principio de la TD: No existe ningún proceso adiabático simple que conduzca desde una temperatura finita a la temperatura cero.

↔ ¡ La adiabática  $S = 0$   
coincide con la isoterma  $T = 0$  !



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

# La inaccesibilidad del cero absoluto

3º Principio de la TD: Es imposible reducir la temperatura de un sistema al cero absoluto mediante un número finito de procesos termodinámicos

$$(T = T_A \rightarrow T = T_B < T_A) \quad S_A(T_A) = S_0 + \int_0^{T_A} \frac{C_A}{T} dT \quad S_B(T_B) = S_0 + \int_0^{T_B} \frac{C_B}{T} dT$$

proceso adiabático reversible:  $S_A(T_A) = S_B(T_B) \Rightarrow \int_0^{T_A} \frac{C_A}{T} dT = \int_0^{T_B} \frac{C_B}{T} dT$

Repetiendo el proceso hasta que  $T_B = 0$ :  $\int_0^{T_A} \frac{C_A}{T} dT = 0$

Cartagena99

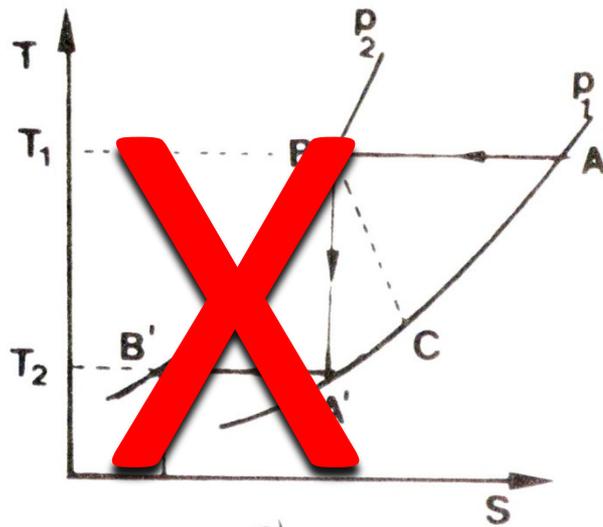
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

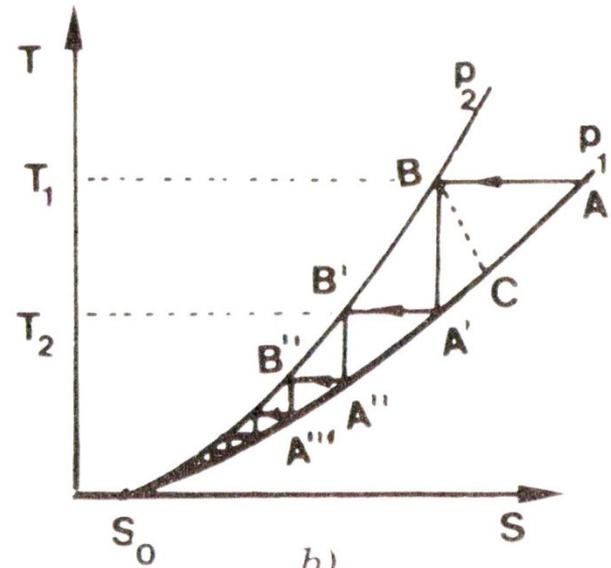
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# La inaccesibilidad del cero absoluto

3º Principio de la TD: Es imposible reducir la temperatura de un sistema al cero absoluto mediante un número finito de procesos termodinámicos



a)



b)

Cartagena99

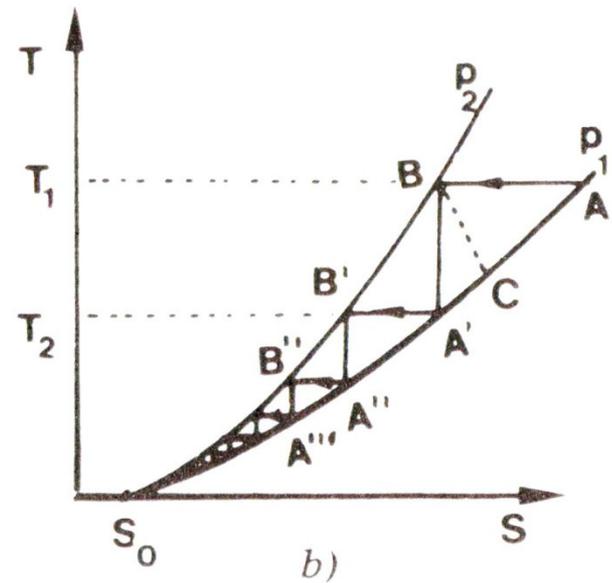
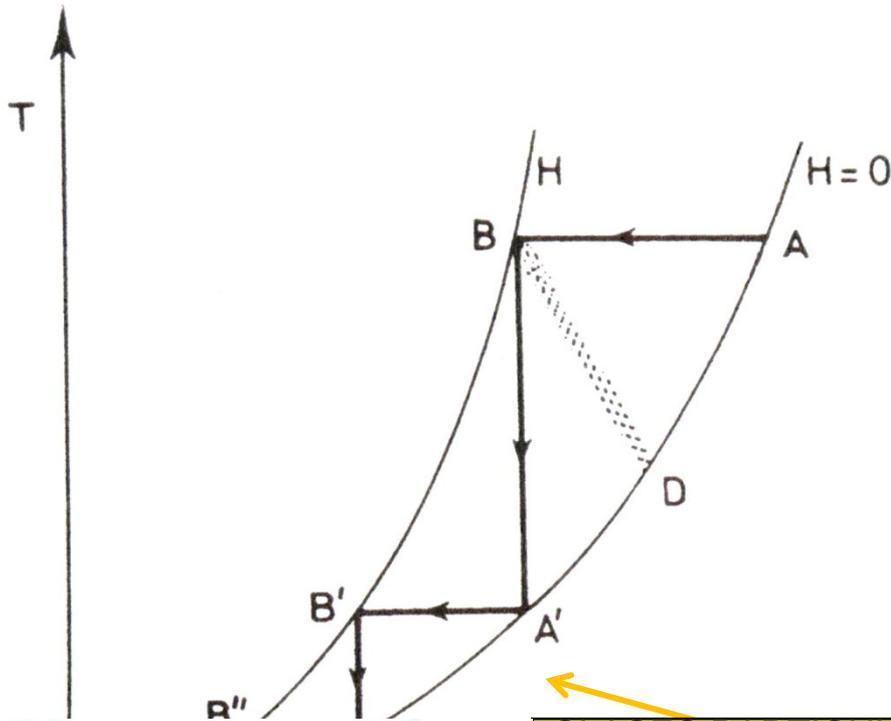
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

# La inaccesibilidad del cero absoluto

3º Principio de la TD: Es imposible reducir la temperatura de un sistema al cero absoluto mediante un número finito de procesos termodinámicos



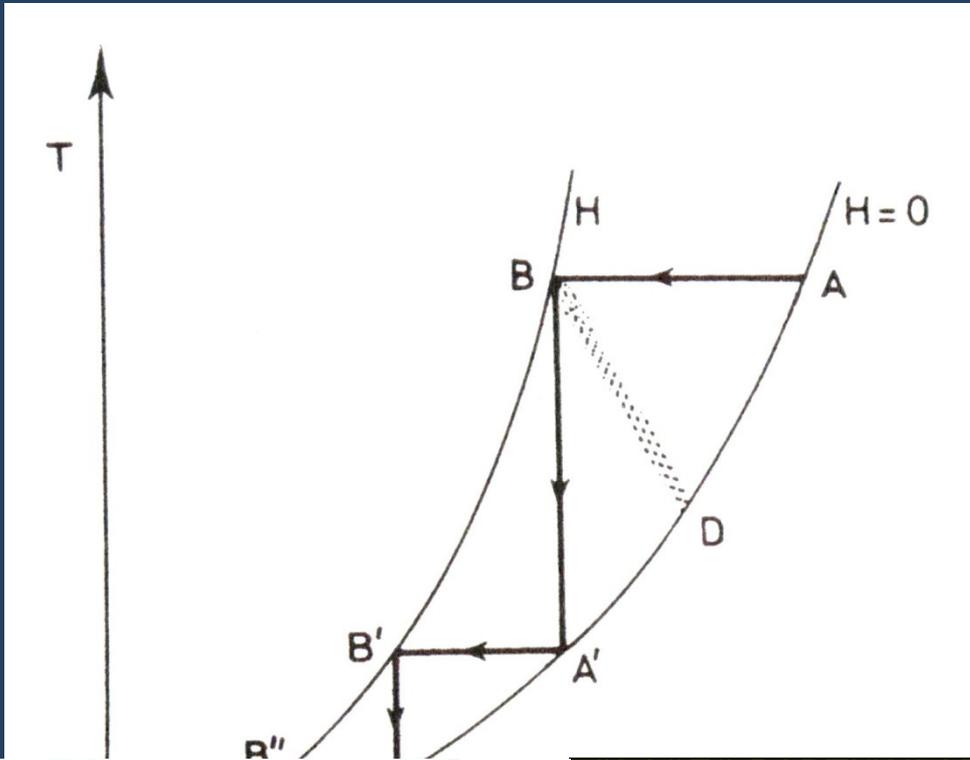
Cartagena99

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

# Enfriamiento por desimanación adiabática nuclear



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

Cartagena99

(Universidad de Bayreuth , Alemania)