

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
- Aguilar, Capítulos 18 y 22

Escalas de temperaturas y fenómenos físicos (I)

T (K)

1000

900

800

700

600

500

400

300

200

100

0

Estrellas de neutrones (10^9 K,
Corona solar (10^6 K, a 200 m)
Superficie solar (5×10^3 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)

Superconductores de alta temperatura crítica

Bajas temperaturas. Helio líquido (4.2 K, < 1 mm)

si 1 cm = 50 K

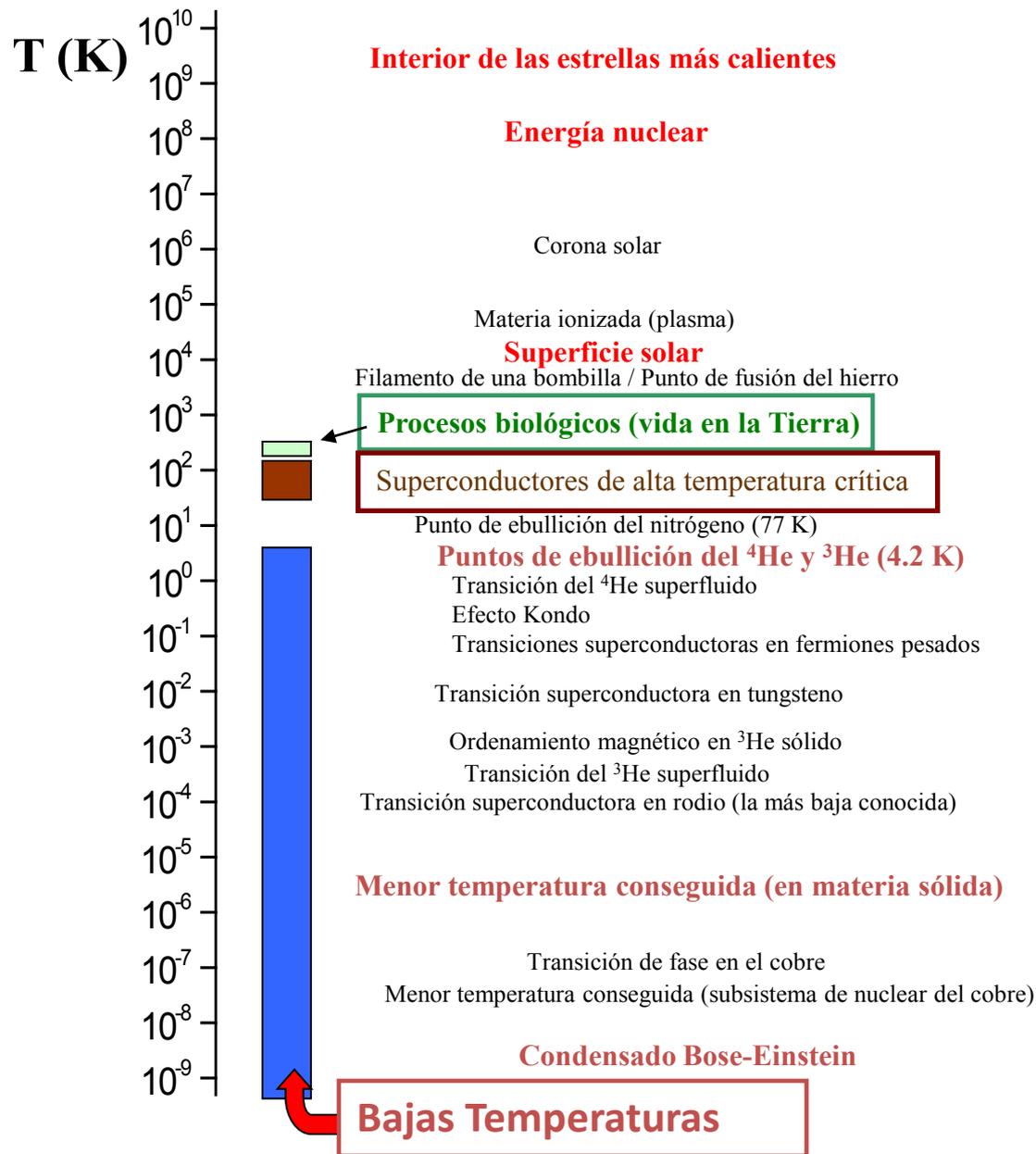
Una escala lineal no representa bien la relación entre temperatura y fenómenos físicos:

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

Ley de Feynman:

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

Escalas de temperaturas y fenómenos físicos (II)



Postulado de Nernst y enunciado de Planck del 3° Principio de la Termodinámica

POSTULADO DE NERNST

En cualquier proceso reversible e isotermo, 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:

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

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

$$(S_2 - S_1) = k_B \cdot \ln \frac{\Omega_2}{\Omega_1}$$



$$S = k_B \cdot \ln \Omega$$

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 :

$$C_P \rightarrow 0$$

$$(c_P - c_V) = \frac{T\nu\beta^2}{\kappa} = 0, \quad \underline{T \rightarrow 0}$$

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:

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

$$\alpha, \beta \rightarrow 0, \quad \underline{T \rightarrow 0}$$

Los principios termodinámicos

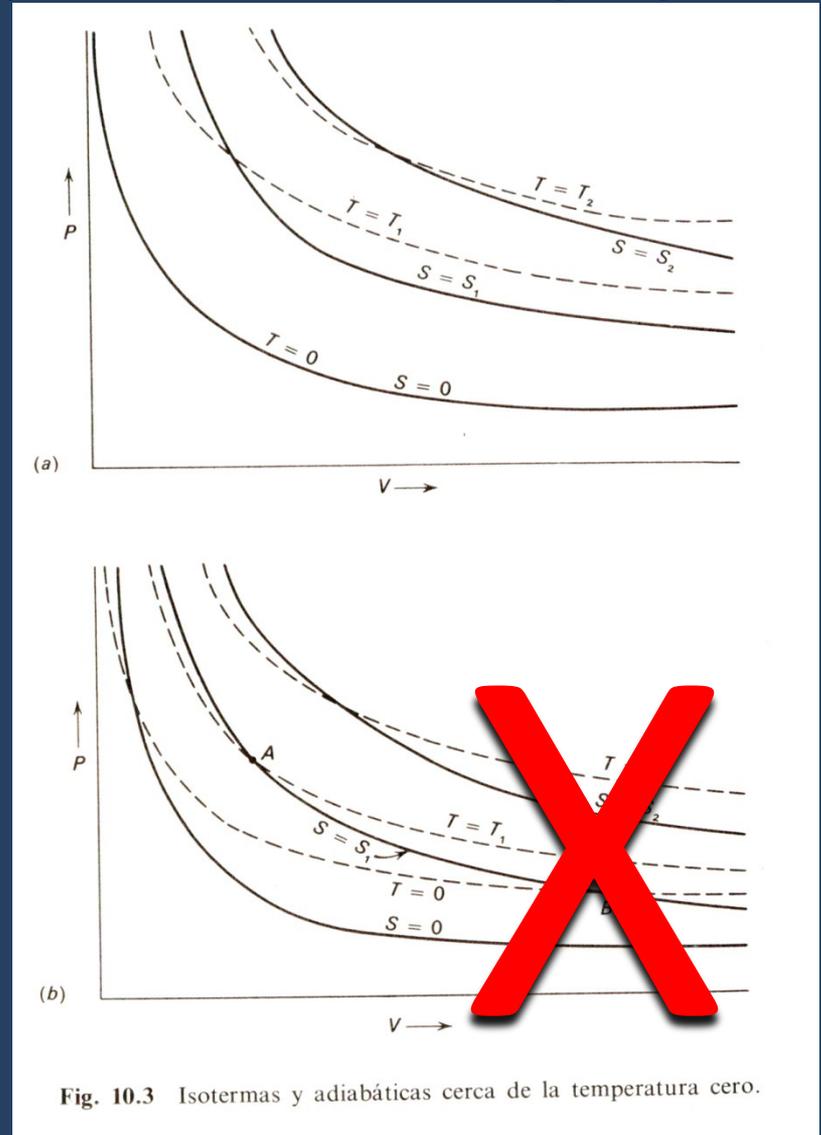
Los principios termodinámicos (*)

<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. Imposibilidad del móvil perpetuo de primera especie.	Energía interna, U
2	$\delta Q_R=T dS$ $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$	Irreversibilidad. Principio de la evolución. Imposibilidad del móvil perpetuo de segunda especie.	Entropía, S
3	$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S_T = 0$ $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$	Inaccesibilidad del cero absoluto.	Ninguna

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 $T = 0$!



[Callen]

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

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

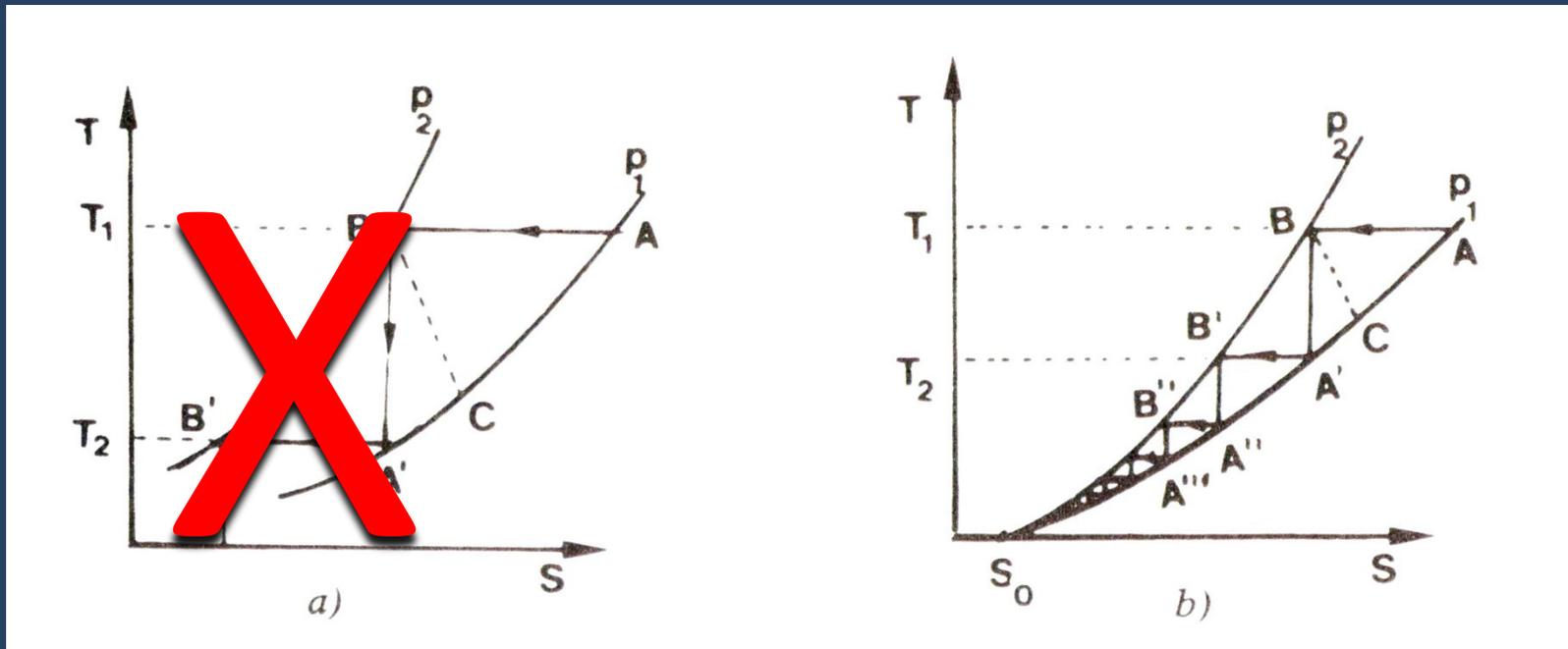
proceso adiabático reversible: $S_A(T_A) = S_B(T_B) \Rightarrow \int_0^{T_A} \frac{C_A}{T} dT = \int_0^{T_B} \frac{C_B}{T} dT$

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

¡ pero eso es imposible pues $C_A > 0$ para $T_A > 0$!

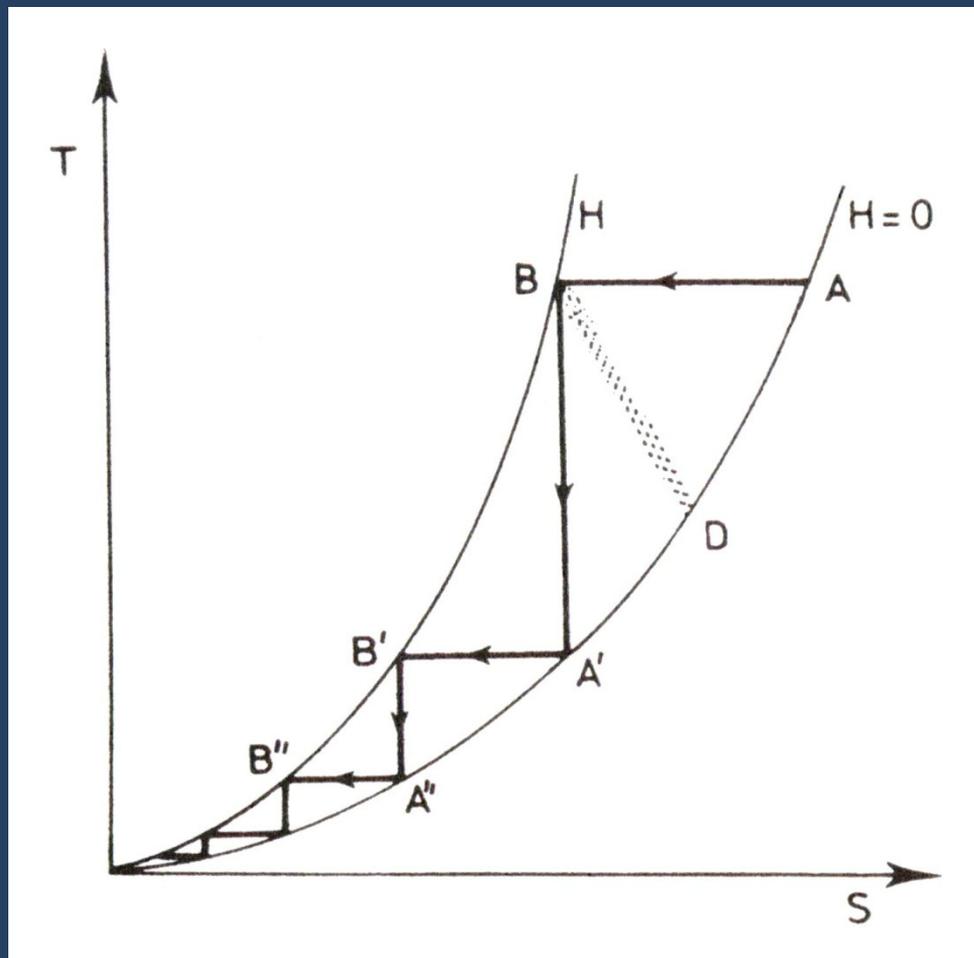
La inaccesibilidad del cero absoluto

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



[Aguilar]

Enfriamiento por desimanación adiabática nuclear



(Universidad de Bayreuth , Alemania)