

Temperatura mas
baja obtenida
artificialmente
Ordenamiento de
momentos
nucleares

100pK

Vida cotidiana

Plasma en
reactores de fusión
500 MK

LHC 5.5 GK

Teoría, 10^{-44} s
despues del Big
Bang

10^{-10}

10^0

10^{10}

10^{20}

10^{30}

Temperatura (K)

No hay un Kelvin patrón,
las convenciones para medir
temperatura se basan en fenómenos
físicos y puntos fijos.

0.65 K

ITS-90

1358 K

International Temperature Scale

0.9 mK

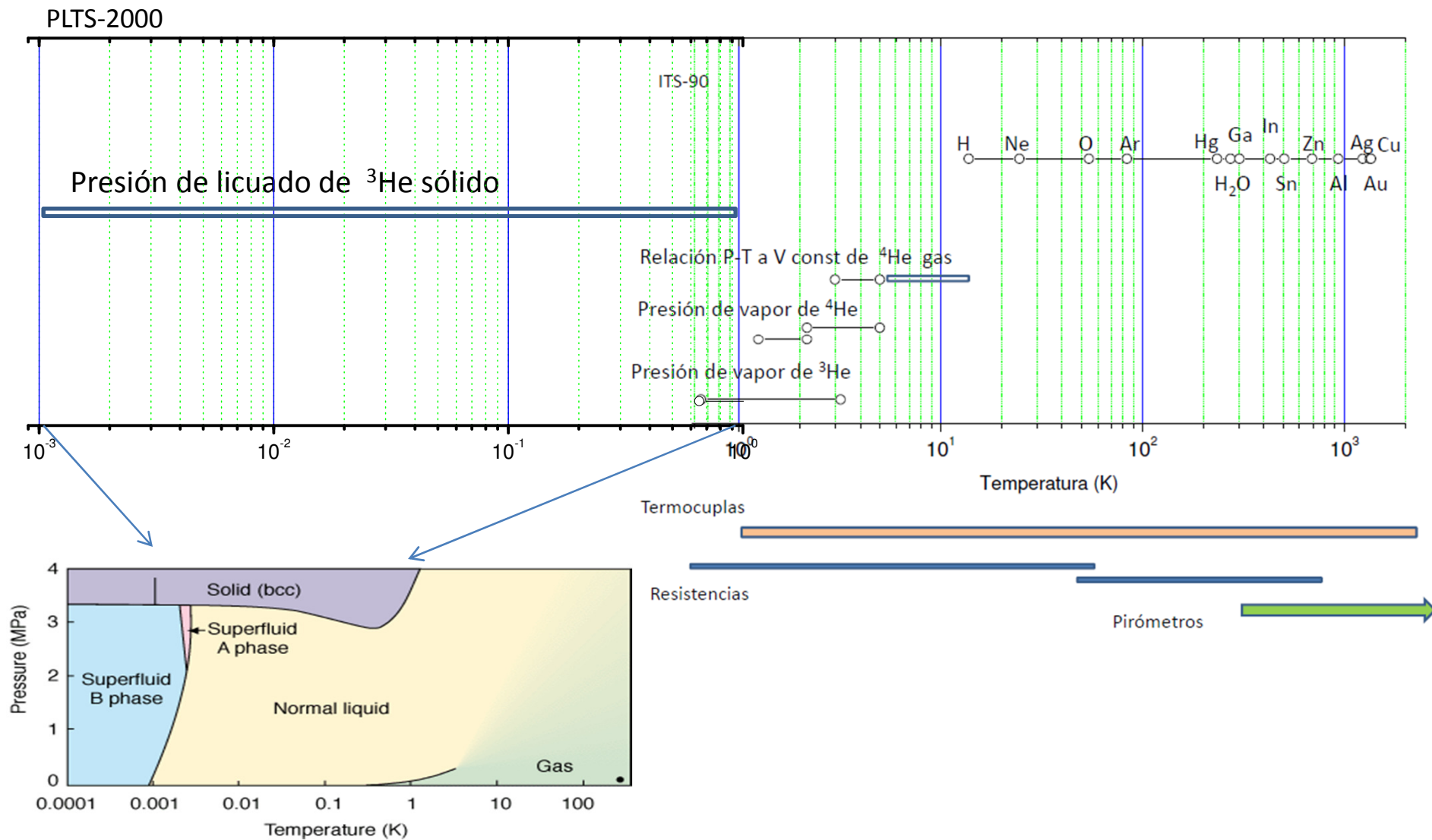
PLTS-2000

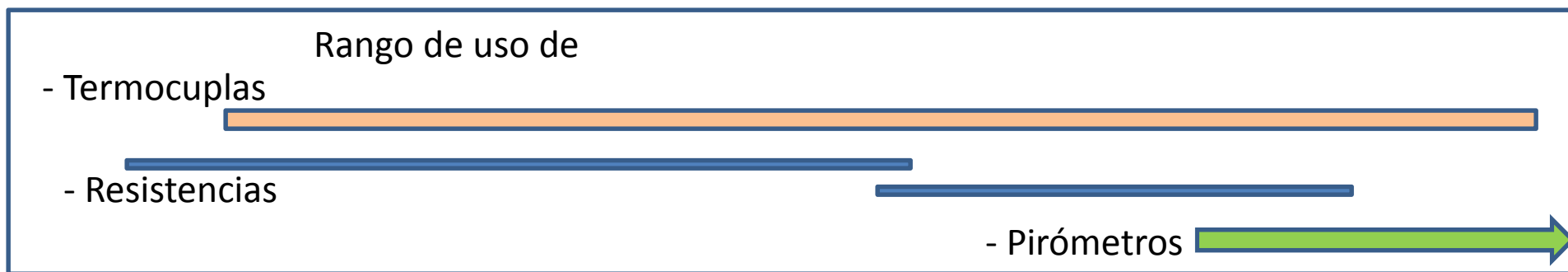
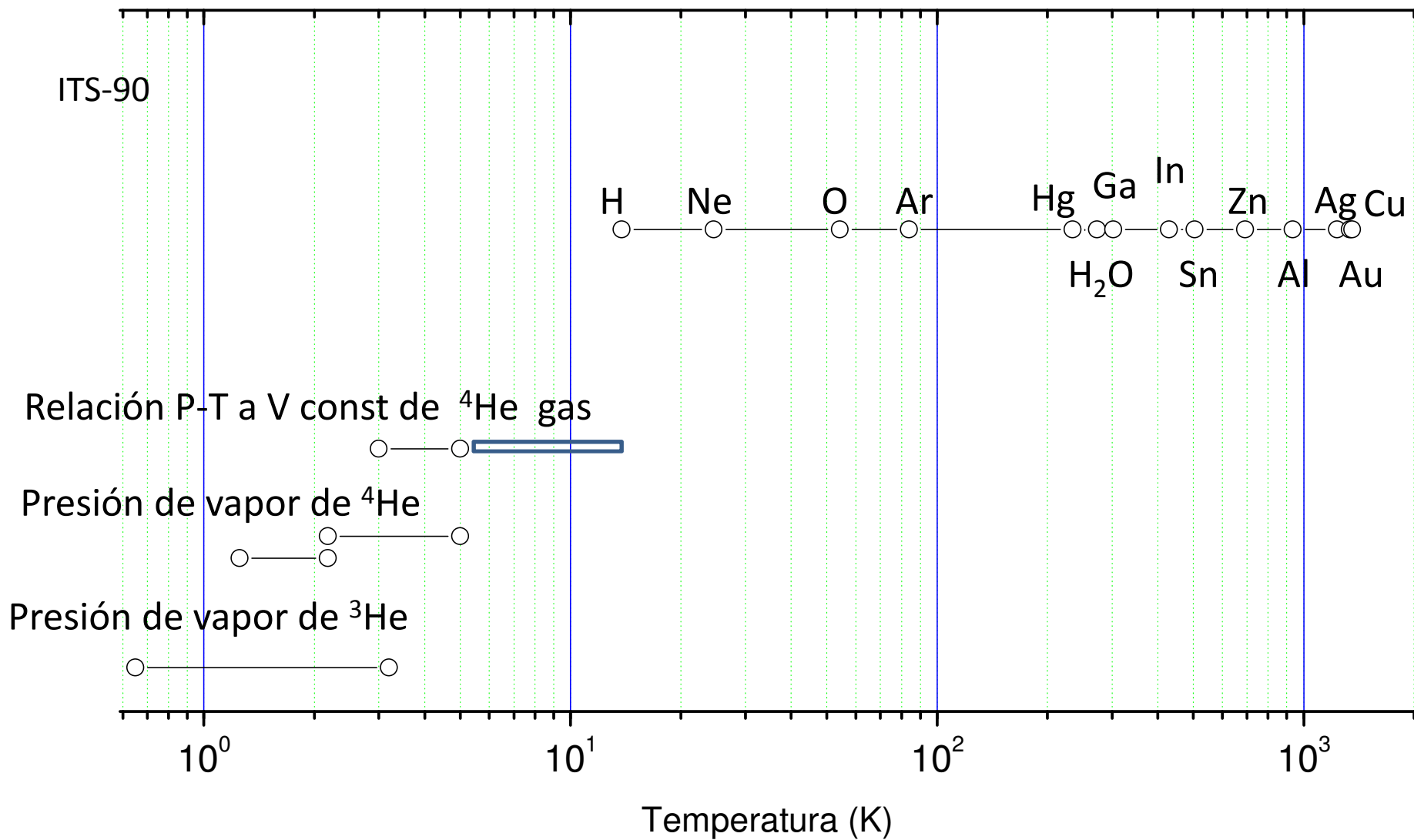
1 K

Preliminary Low Temperature Scale

Preliminary Low Temperature Scale

International Temperature Scale





Termómetros que se usan en el laboratorio

- Expansión térmica de sólidos, líquidos o gases
- Poder termoeléctrico: Termocuplas
- Resistencia eléctrica de metales o semiconductores
- Emisión de radiación: Pirómetros

Expansión térmica de sólidos, líquidos o gases

$$V = V_0 + \alpha (T - T_0)$$

$$A_0 L = A_0 L_0 + \alpha (T - T_0)$$

$$L = L_0 + \beta (T - T_0)$$



Supuesto

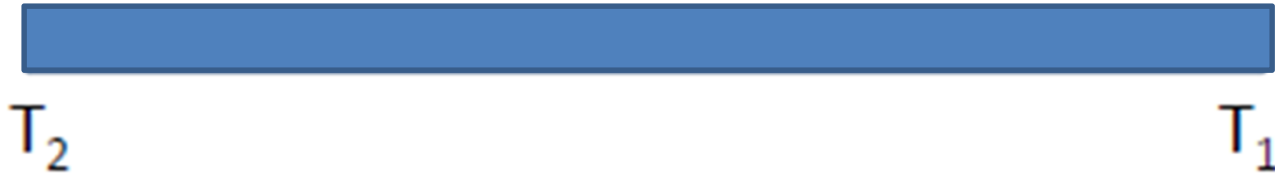
A_0 constante
a lo largo del tubo

$\frac{\Delta V}{V (\Delta T)}$	Alcohol	$1.01 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$
	Mercury	$1.8 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

Poder termoeléctrico: Termocuplas

Efecto Seebeck

Barra o alambre metálico

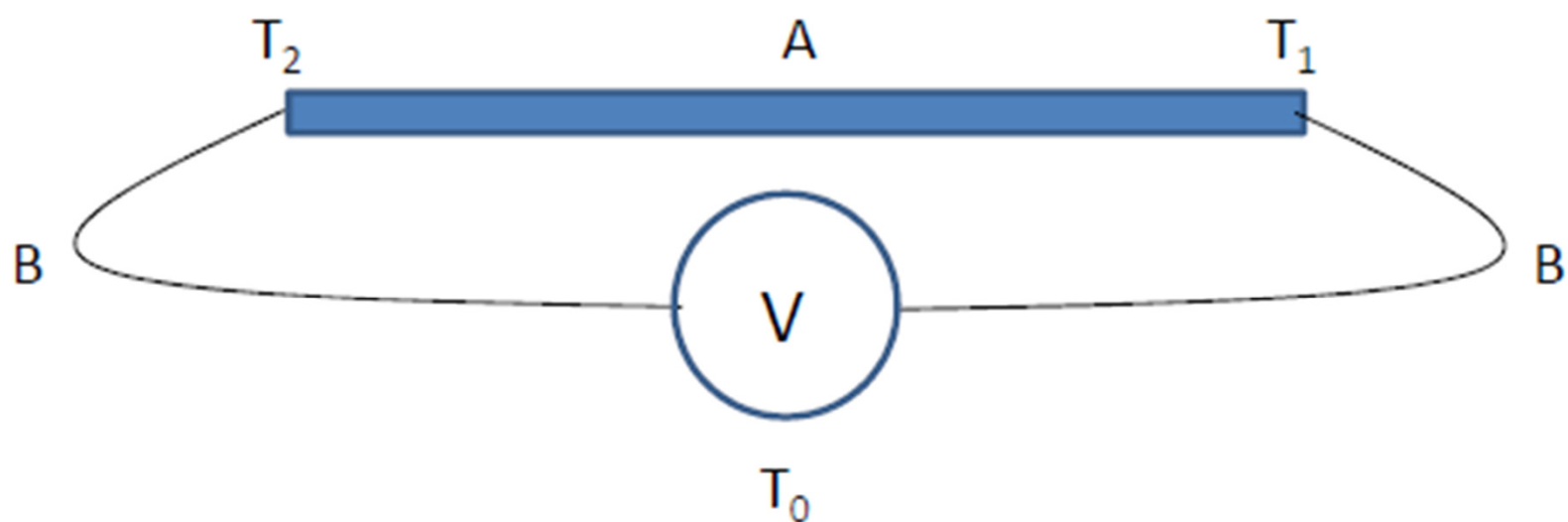


$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} + L_{ET} \vec{\nabla} T$$

$$\vec{E} = -\frac{L_{ET}}{\sigma} \vec{\nabla} T = -S \cdot \vec{\nabla} T$$

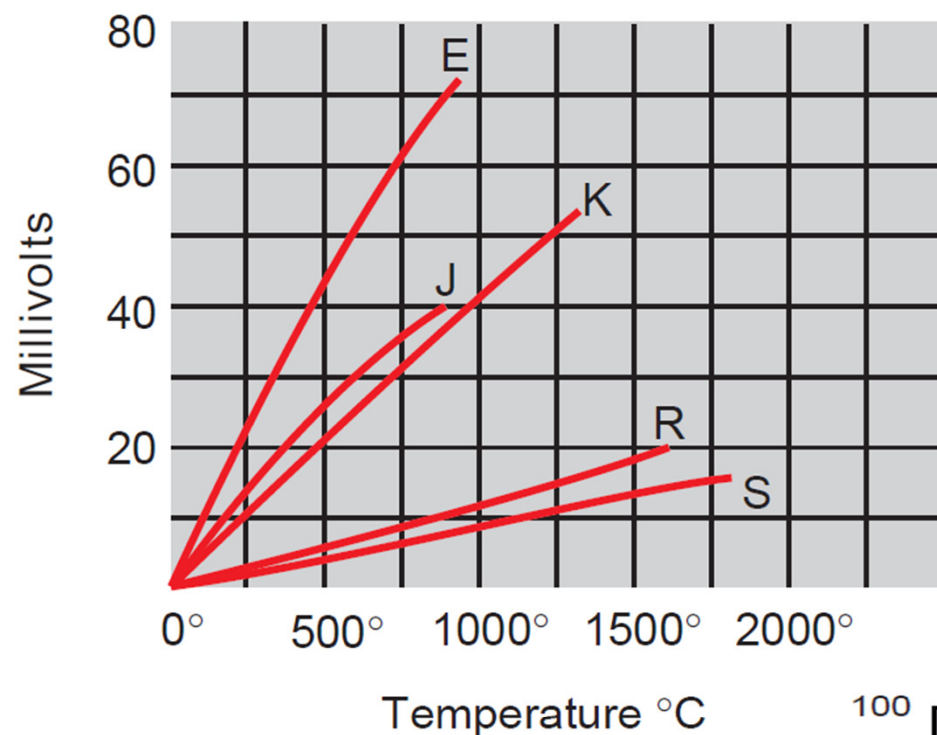
$$V = -\int_1^2 E \cdot dx = \int_1^2 S \cdot \frac{dT}{dx} \cdot dx = \int_{T_1}^{T_2} S \cdot dT$$

Termocuplas

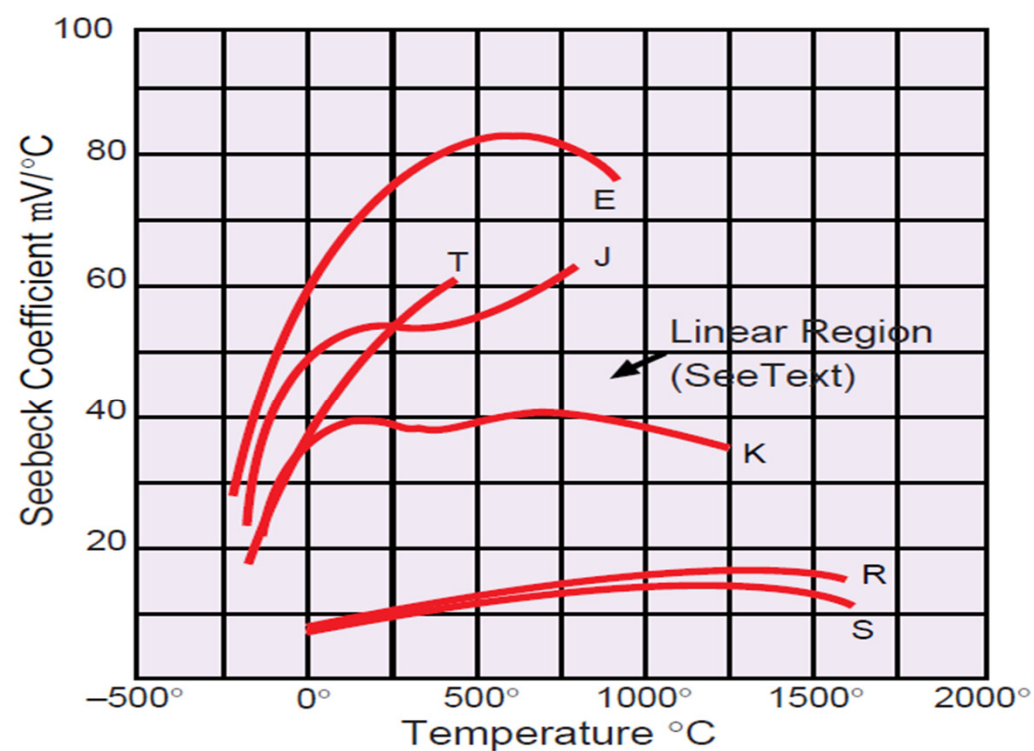


$$V = \int_{T_0}^{T_1} S_B \cdot dT + \int_{T_1}^{T_2} S_A \cdot dT + \int_{T_2}^{T_0} S_B \cdot dT = \int_{T_2}^{T_1} S_B \cdot dT + \int_{T_1}^{T_2} S_A \cdot dT$$

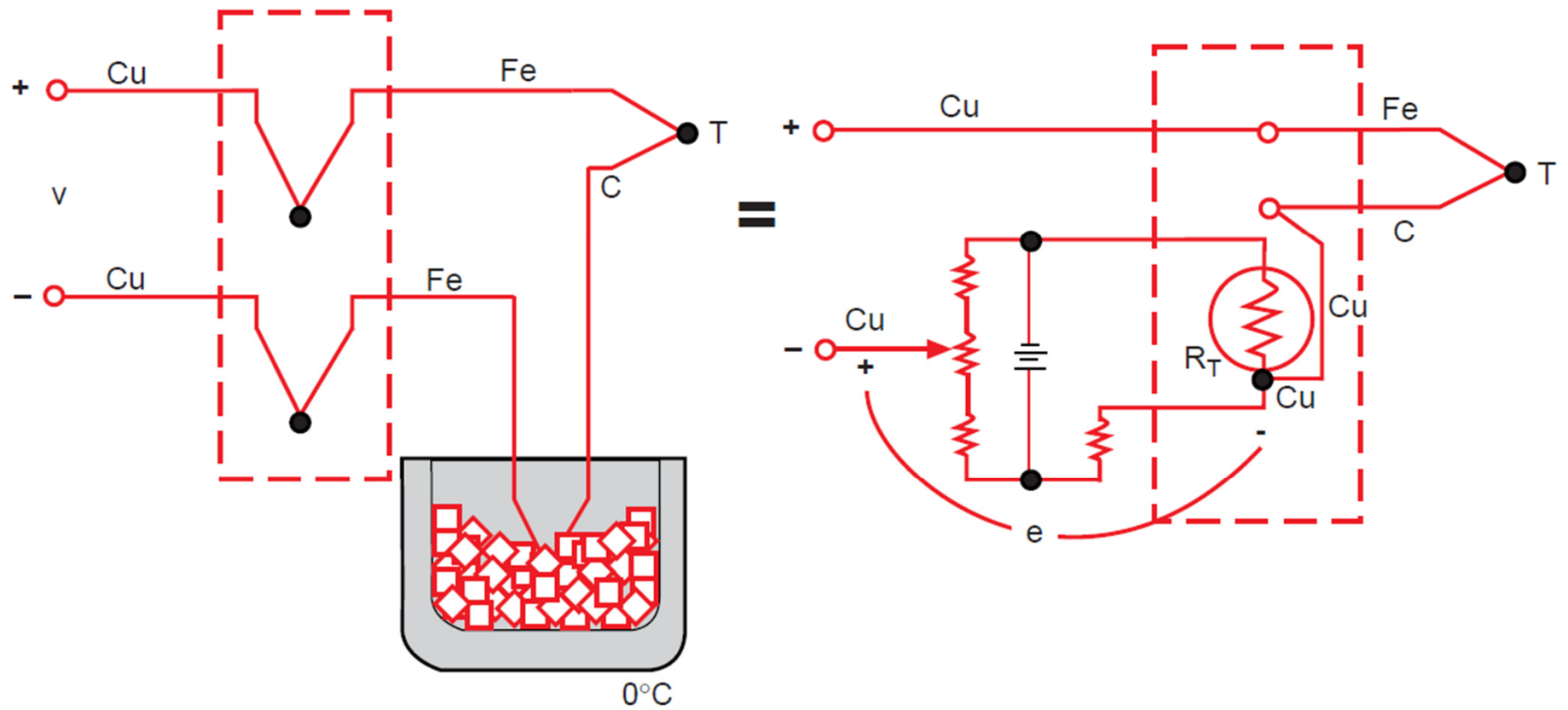
$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_A - S_B) \cdot dT = \Delta S \cdot (T_2 - T_1)$$



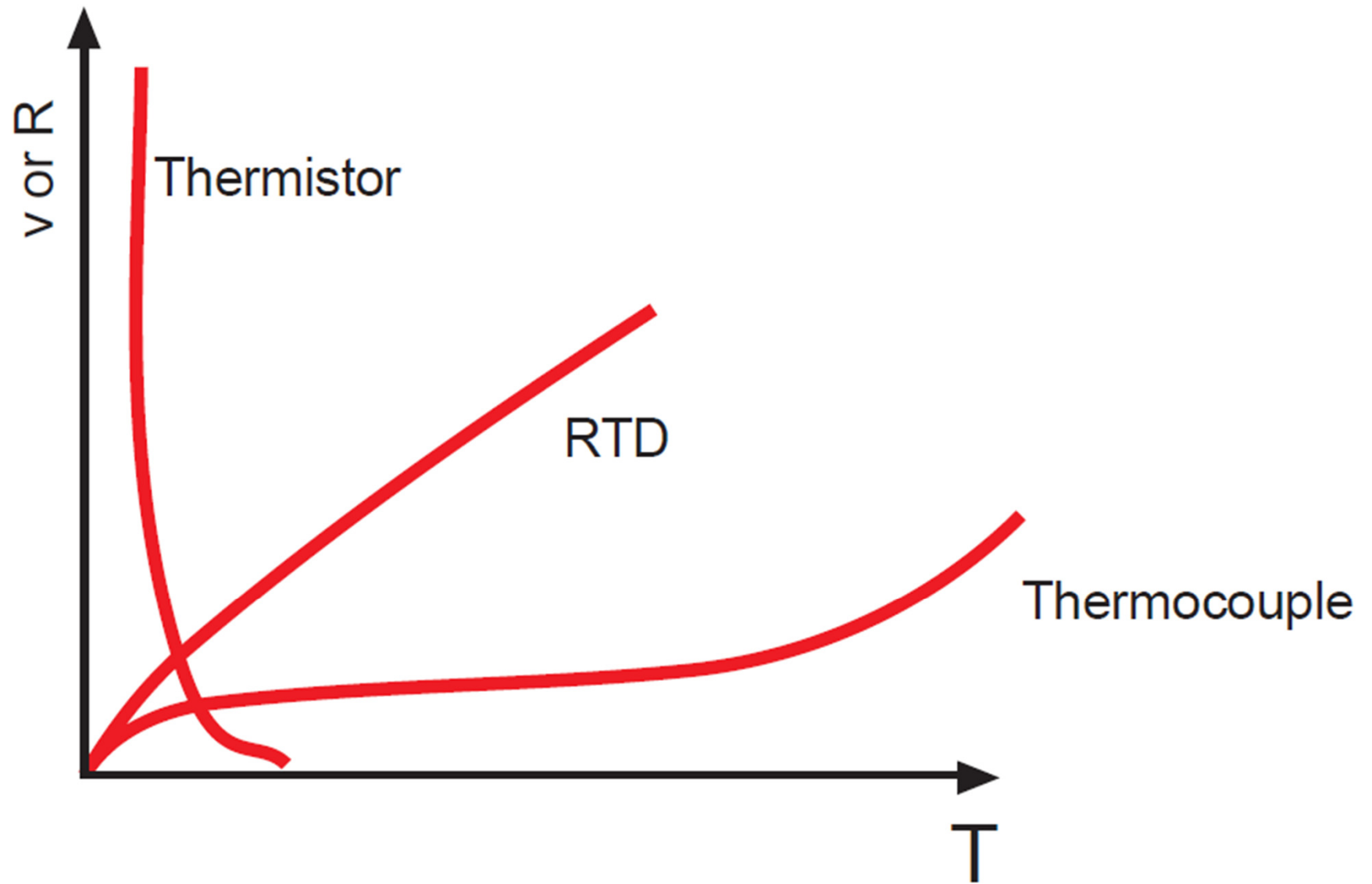
Type	Metals	
	+	-
E	Chromel vs. Constantan	
J	Iron vs. Constantan	
K	Chromel vs. Alumel	
R	Platinum vs. Platinum 13% Rhodium	
S	Platinum vs. Platinum 10% Rhodium	
T	Copper vs. Constantan	



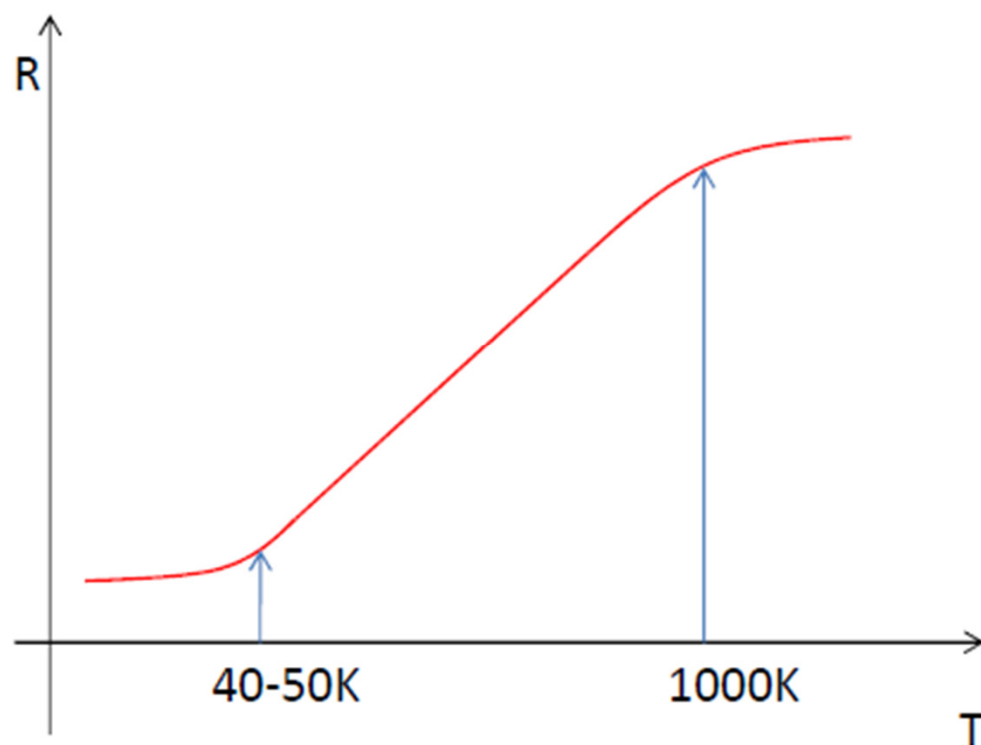
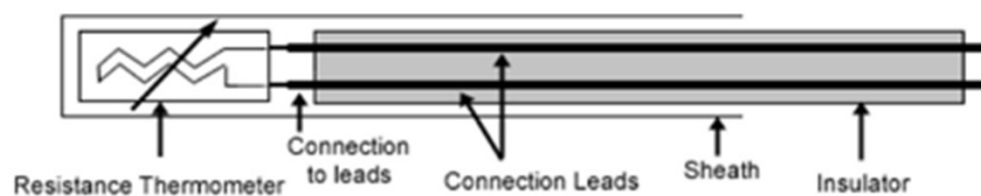
CERO ELECTRÓNICO



- Resistencia eléctrica de metales o semiconductores



Resistencias de metales – (Pt100)

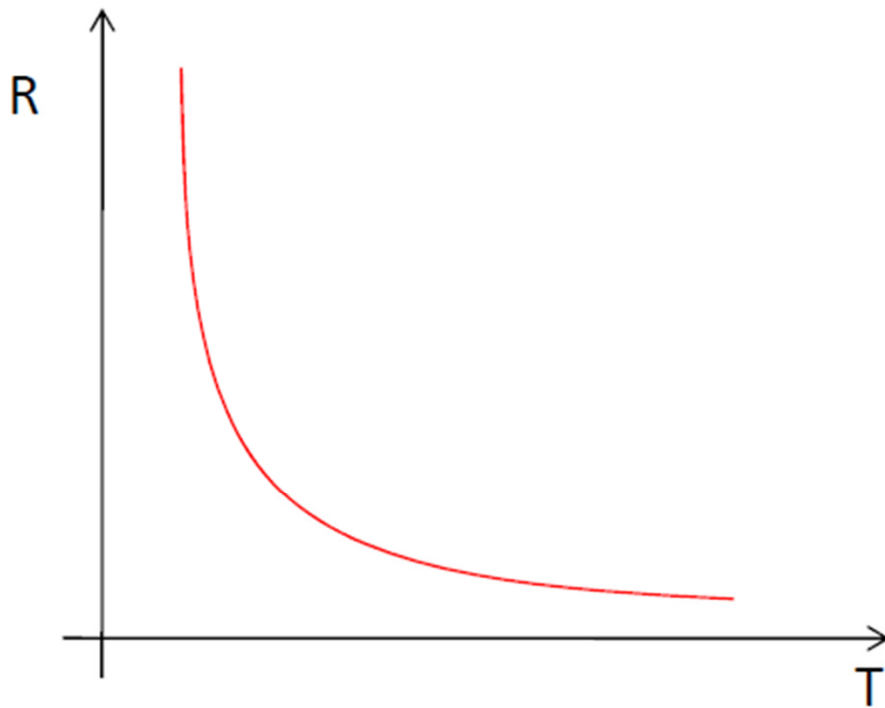


$$\rho = \rho_o (1 + \alpha \cdot T)$$

0,385 $\Omega/^{\circ}\text{C}$
Standard Europeo

0,392 $\Omega/^{\circ}\text{C}$
Standard Americano

Termistores



Semiconductores

$$\frac{dR}{dT} < 0$$

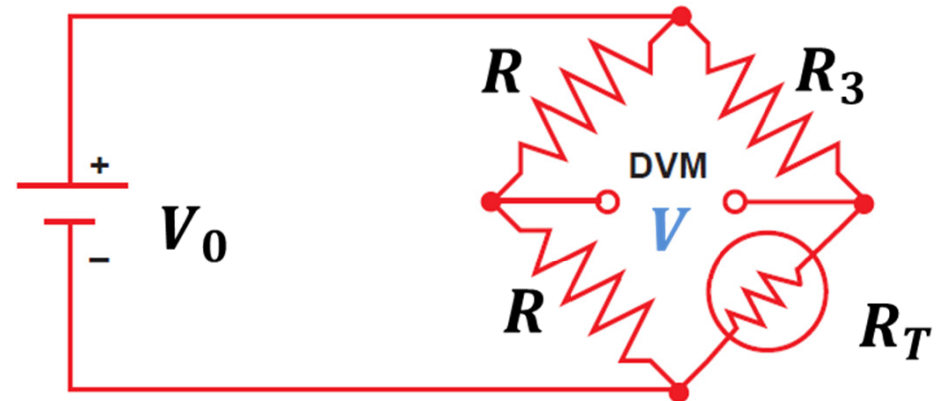
Ecuación de Steinhart-Hart

$$\frac{1}{T} = A + B \cdot \ln R + C(\ln R)^3$$

- Se usan principalmente a bajas temperaturas

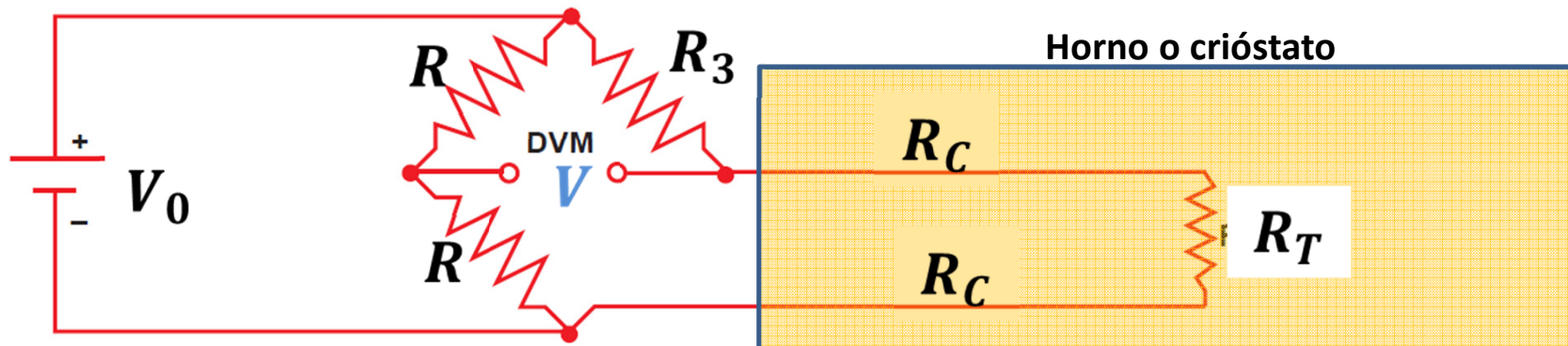
Se suele usar puentes de wheastone para medir resistencias a bajas temperaturas

- Evita la alta disipación (Joule) en el termómetro por la baja corriente con que es posible medir en esta configuración.



WHEATSTONE BRIDGE

$$V = \frac{V_o}{2} \frac{(R_3 - R_T)}{(R_T + R_3)}$$

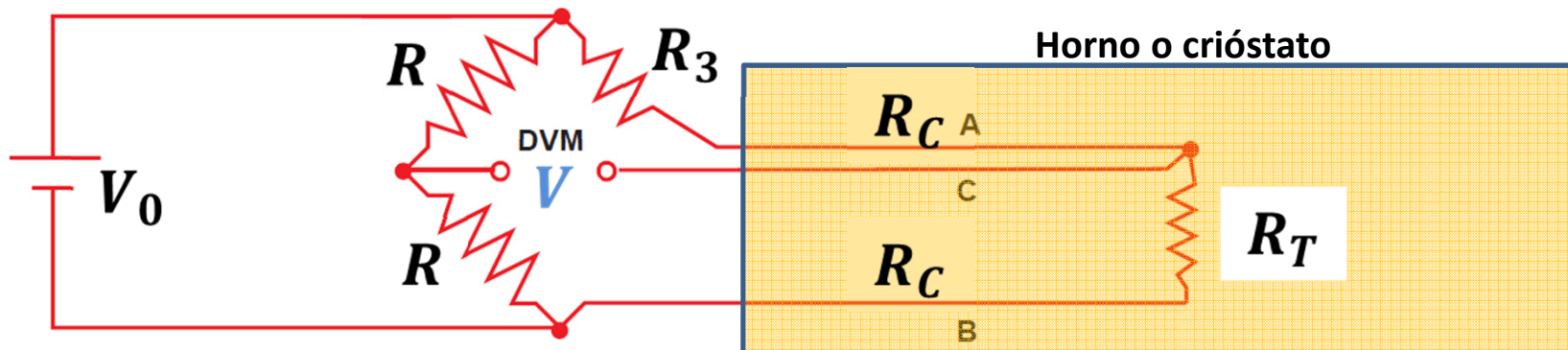
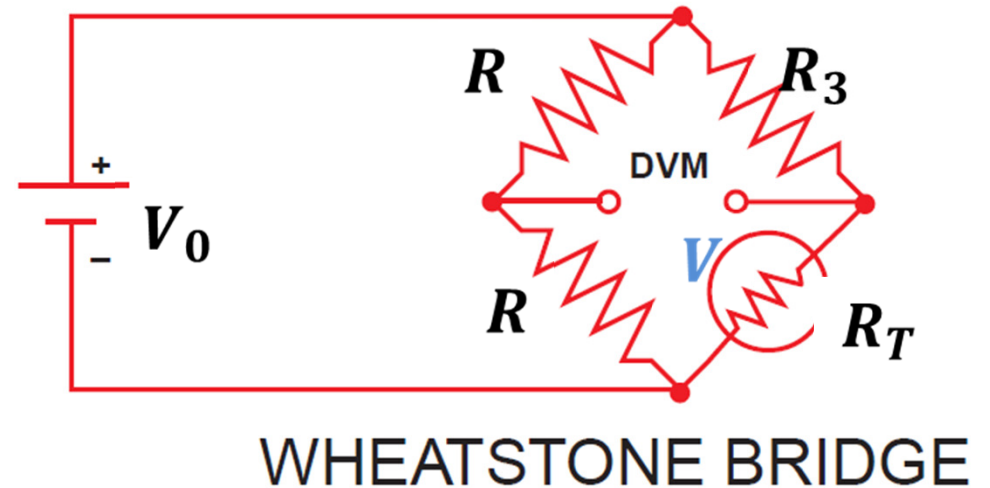


$$V = \frac{V_o}{2} \frac{(R_3 - 2R_C - R_T)}{(R_T + 2R_C + R_3)}$$

Se suele usar puentes de wheastone para medir resistencias a bajas temperaturas

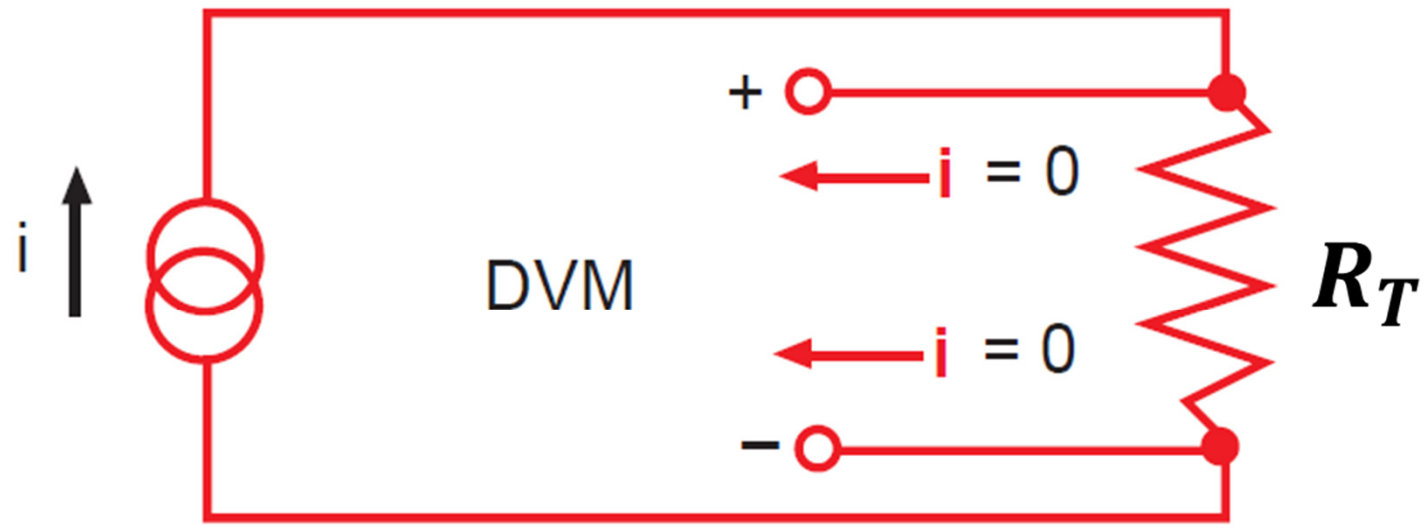
- Evita la alta disipación (Joule) en el termómetro por la baja corriente con que es posible medir en esta configuración.

$$V = \frac{V_o}{2} \frac{(R_3 - R_T)}{(R_T + R_3)}$$

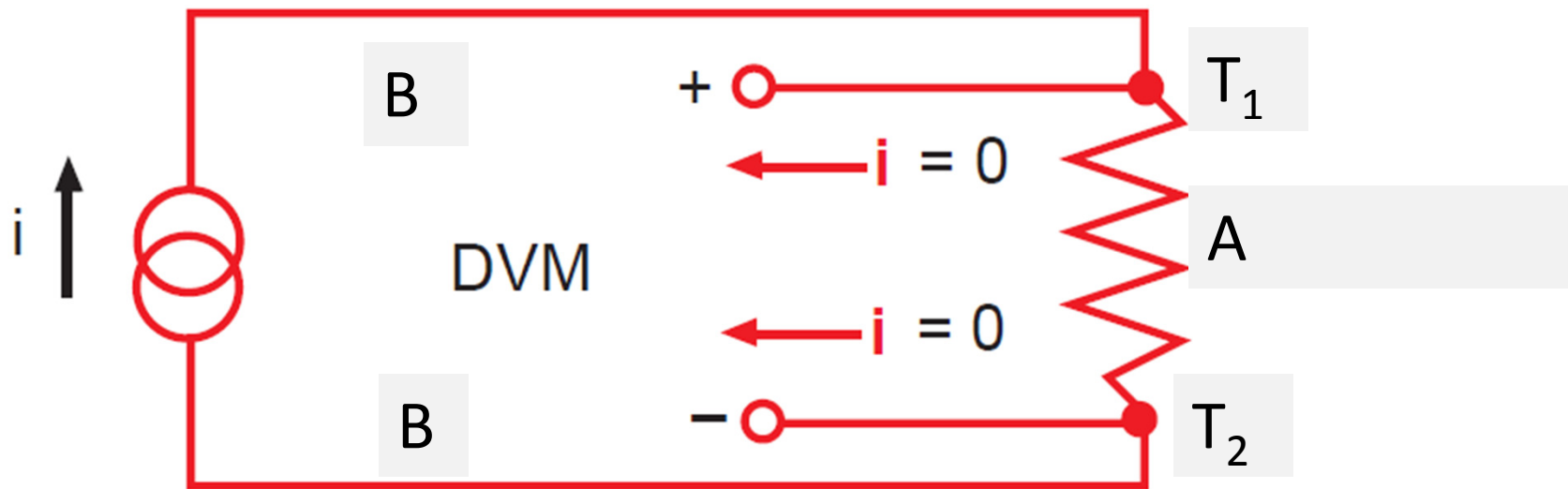


- El método de tres puntas evita errores sistemáticos por gradientes de temperatura en los cables.

$$V = \frac{V_o}{2} \frac{(R_3 + R_C - (R_T + R_C))}{(R_T + 2R_C + R_3)}$$

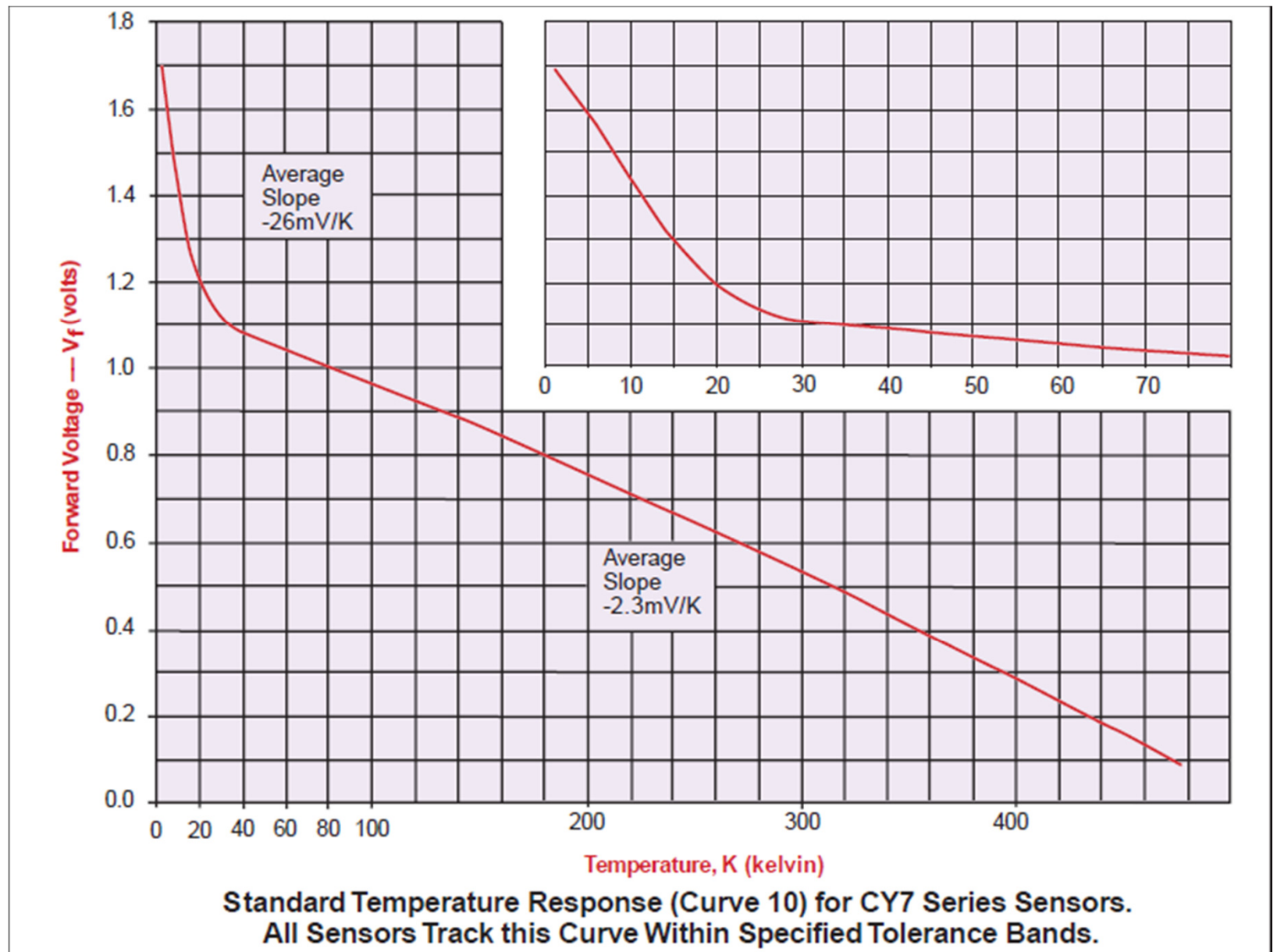


4-WIRE OHMS MEASUREMENT



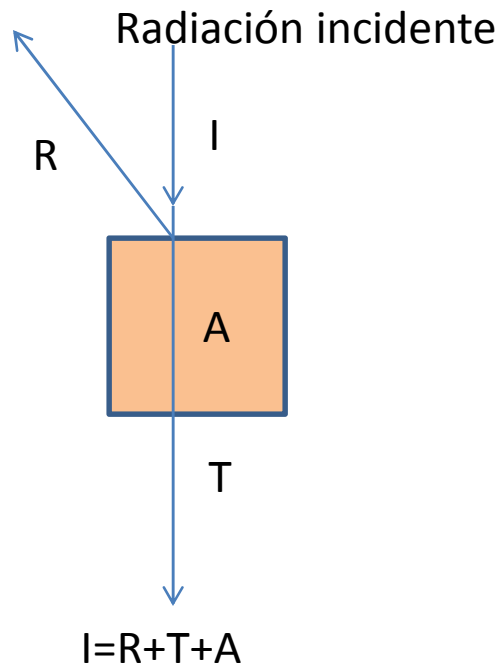
DIODO

En este caso la corriente, típicamente de microamperes debe ser muy estable.



PIRÓMETROS

Se basan en la medición de la energía radiada por un cuerpo negro

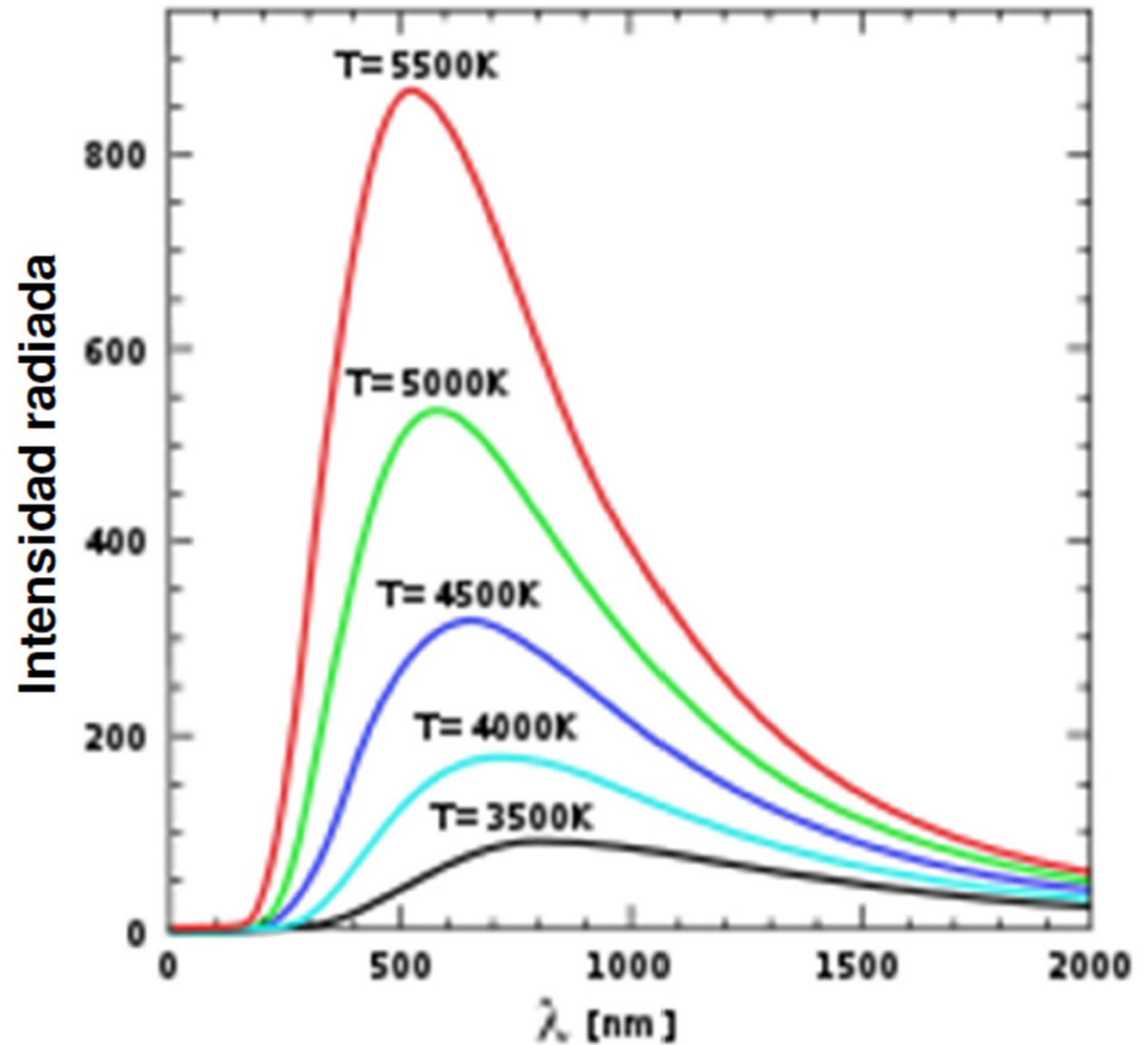


En un cuerpo negro

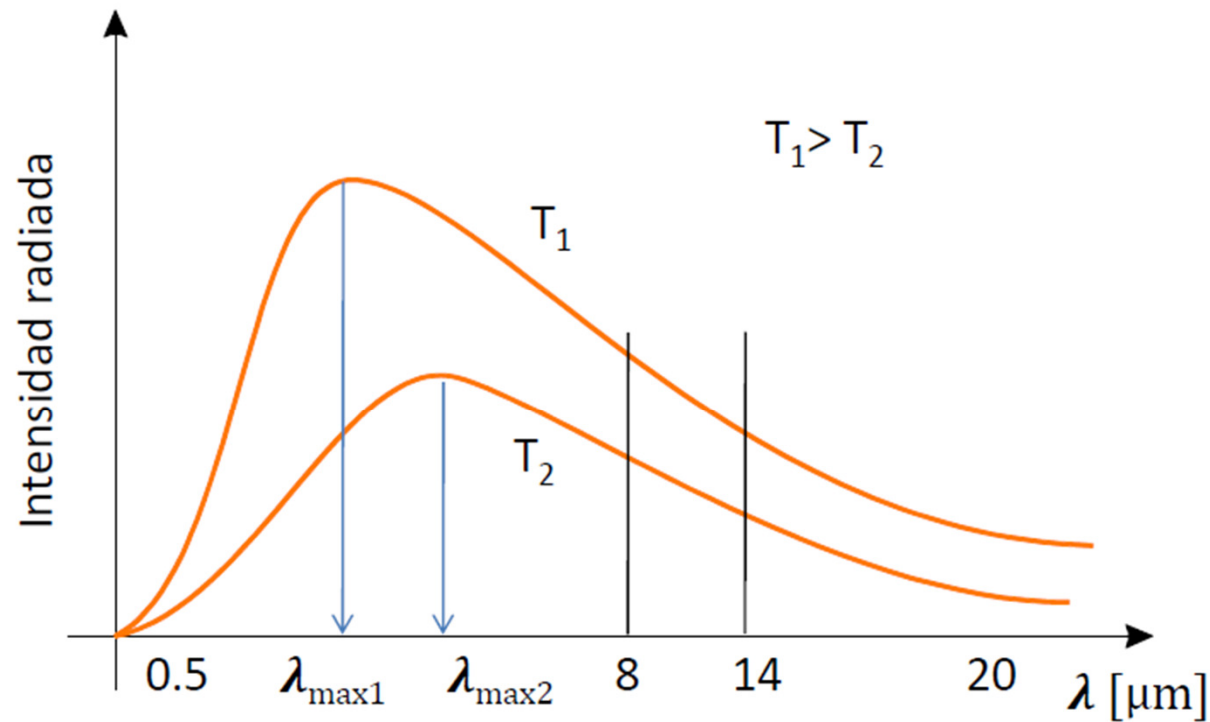
$$R=T=0$$

En equilibrio $A = E$

En un cuerpo negro $E=1$



Termómetros infrarrojos o Pirómetros



Supuestos: emisividad de cuerpo gris
no hay absorción en el medio

Temperatura mas
baja obtenida
artificialmente
Ordenamiento de
momentos
nucleares

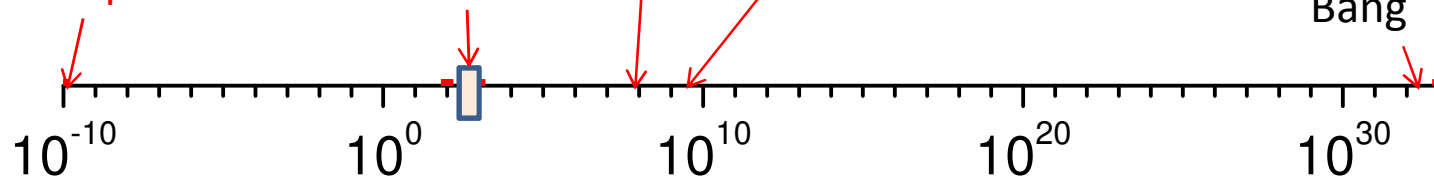
100pK

Vida cotidiana

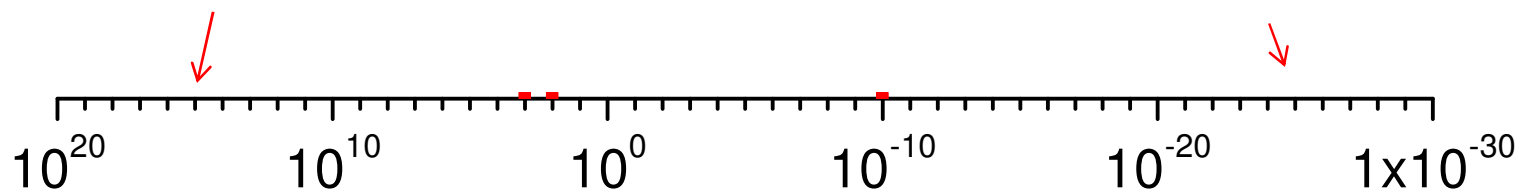
Plasma en
reactores de fusión
500 MK

LHC 5.5 GK

Teoría, 10^{-44} s
despues del Big
Bang



Temperatura (K)



Long de onda (nm)

$$V = \frac{V_o}{2} \frac{(R_T - R_3)}{(R_T + R_3)}$$

SI multiples for kelvin (K)

Submultiples			Multiples		
Value	SI symbol	Name	Value	SI symbol	Name
10^{-1} K	dK	decikelvin	10^1 K	daK	decakelvin
10^{-2} K	cK	centikelvin	10^2 K	hK	hectokelvin
10^{-3} K	mK	millikelvin	10^3 K	kK	kilokelvin
10^{-6} K	μ K	microkelvin	10^6 K	MK	megakelvin
10^{-9} K	nK	nanokelvin	10^9 K	GK	gigakelvin
10^{-12} K	pK	picokelvin	10^{12} K	TK	terakelvin
10^{-15} K	fK	femtokelvin	10^{15} K	PK	petakelvin
10^{-18} K	aK	attokelvin	10^{18} K	EK	exakelvin
10^{-21} K	zK	zeptokelvin	10^{21} K	ZK	zettakelvin
10^{-24} K	yK	yoctokelvin	10^{24} K	YK	yottakelvin