

2do EXAMEN PARCIAL. Teoría.

**A.** Conteste las cuatro preguntas marcadas. Utilice ilustraciones para las explicaciones, sea lo más explícito y amplio posible. Escriba con letra clara y legible. (3 puntos cada una) (30 minutos).

1. Explique el funcionamiento de los termómetros bimetalicos, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
2. Explique el funcionamiento de los termómetros de líquido en vidrio, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
3. Explique el funcionamiento de los termómetros de resorte, menciones sus partes y formas típicas de construcción.
4. Explique el funcionamiento de los termómetros de resistencia de platino, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
5. Explique el funcionamiento de los termómetros de resistencia de cobre, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
6. Explique en qué consiste el error por temperatura ambiente en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
7. Explique en qué consiste el error por diferencia de altura en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
8. Explique en qué consiste el error por cambio de presión atmosférica en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
9. Explique en qué consiste el error por inmersión en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
10. Explique en qué consiste el error por depresión en los termómetros de resorte, cuando es importante y como se corrige.
11. Explique el funcionamiento de los termopares, y liste los estandarizados más comunes.
12. Nombre y explique brevemente los tres efectos en los que se basa el funcionamiento de los termopares.
13. Explique el funcionamiento de los termistores, y haga un esquema típico de su construcción. Menciones las ventajas y desventajas que esta posee en comparación con las otras sondas de resistencia.
14. Nombre y explique brevemente tres (3) de los métodos utilizados en la medición de la resistencia eléctrica de los RTD.
15. Explique el funcionamiento del pirómetro óptico.
16. Explique el funcionamiento de los pirómetros de radiación total.
17. Explique el funcionamiento del medidor de cristal, menciones tipos y muestre sus formas constructivas.
18. Explique el funcionamiento del medidor de nivel de flotador, mencione tipos existentes.
19. Explique el funcionamiento del medidor de fuerza de empuje y la ecuación que rige su funcionamiento.
20. Explique el funcionamiento del medidor manométrico y muestre su configuración y conexión al tanque.
21. Explique el funcionamiento del medidor de tipo burbujeo y muestre su configuración y conexión.
22. Explique el funcionamiento de la medición de nivel por ultrasonido, como se instala y para que tipos de productos se utiliza.

2do EXAMEN PARCIAL.

Problemas.

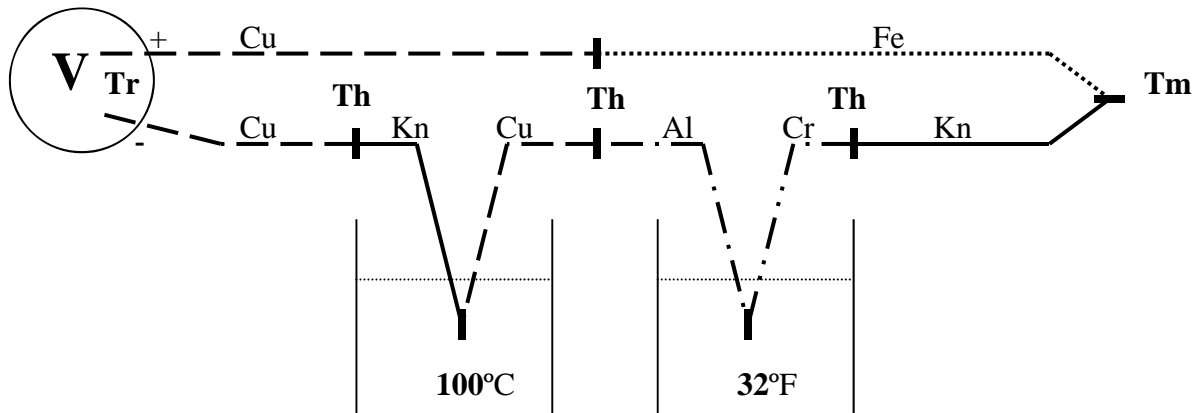
Nota: para cada problema utilice los datos marcados

1. Hallar el valor de  $T_m$  si

$V = 10\text{ mV}$	$V = 8\text{ mV}$	$V = 12\text{ mV}$
$T_h = 95\text{ }^\circ\text{F}$	$T_h = 105\text{ }^\circ\text{F}$	$T_h = 85\text{ }^\circ\text{F}$
$T_r = 20\text{ }^\circ\text{C}$	$T_r = 25\text{ }^\circ\text{C}$	$T_r = 30\text{ }^\circ\text{C}$

Nota: **Cu**: cobre, **Kn**: constantan, **Fe**: hierro, **Al**: aluminio, **Cr**: cromel.

(4 puntos)



2. Se tiene un termómetro de mercurio ( $\beta_{Hg} = 0.1819 \times 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ ) el cual está hecho con un bulbo de cobre ( $\beta_{Cu} = 28 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{F}$ ) y un capilar de vidrio (cuya expansión es despreciable). El capilar tiene un diámetro  $D_C$  y la longitud de la parte correspondiente a la escala es  $L_E$ . El bulbo se llena previa evacuación a  $-60^\circ\text{C}$ . Cuál debe ser el diámetro ( $D_B$ ) del bulbo cilíndrico, si su largo es de dos veces el diámetro ( $H = 2D_B$ ), para el rango especificado.

$D_C = 1\text{ mm}$	$D_C = 1,2\text{ mm}$	$D_C = 1,5\text{ mm}$
$L_E = 150\text{ mm}$	$L_E = 180\text{ mm}$	$L_E = 210\text{ mm}$
Rango = $-50$ a $250\text{ }^\circ\text{C}$	Rango = $-40$ a $320\text{ }^\circ\text{C}$	Rango = $-10$ a $210\text{ }^\circ\text{C}$

(4 puntos)

(Duración 90 minutos)

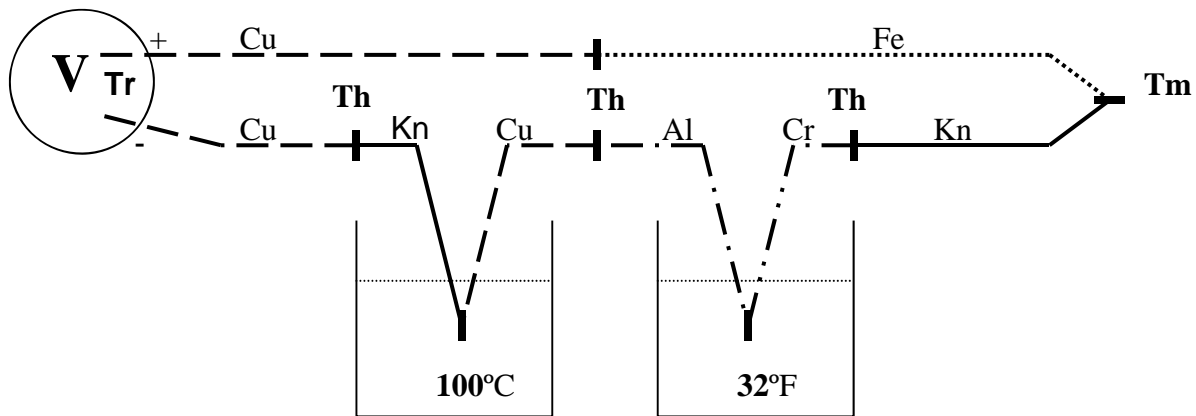
2do EXAMEN PARCIAL.

**Solución Problemas.**

1. Hallar el valor de  $T_m$  si  $V = 10$  mV,  $T_h = 95$  °F y  $T_r = 20$  °C

Nota: **Cu**: cobre, **Kn**: constantan, **Fe**: hierro, **Al**: aluminio, **Cr**: cromel.

(6 puntos)



**Solución:**

Cálculos en °F

$$E_{Cu-Fe}|_{Tr}^{Th} + E_{Fe-Kn}|_{Tr}^{Tm} + E_{Kn-Cr}|_{Tr}^{Th} + E_{Cr-Al}|_{Tr}^{32} + E_{Al-Cu}|_{Tr}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{212} + E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Th} - V = 0$$

Con la ley de los metales intermedios:

$$E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{Th} + E_{Kn-Fe}|_{Tr}^{Th} + E_{Fe-Kn}|_{Tr}^{Tm} + E_{Kn-Cr}|_{Tr}^{Th} + E_{Cr-Al}|_{Tr}^{32} + E_{Al-Cr}|_{Tr}^{Th} + E_{Cr-Kn}|_{Tr}^{Th} + E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{212} + E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Th} - V = 0$$

$$E_{Kn-Fe}|_{Tr}^{Th} + E_{Fe-Kn}|_{Tr}^{Tm} + E_{Cr-Al}|_{Tr}^{32} + E_{Al-Cr}|_{Tr}^{Th} + E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{212} = V$$

Con la ley de las temperaturas intermedias:

$$E_{Kn-Fe}|_{32}^{Th} - E_{Kn-Fe}|_{32}^{Tr} + E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tm} - E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tr} + E_{Cr-Al}|_{32}^{32} - E_{Cr-Al}|_{32}^{Tr} + E_{Al-Cr}|_{32}^{Th} - E_{Al-Cr}|_{32}^{Tr} + E_{Kn-Cu}|_{32}^{Th} - E_{Kn-Cu}|_{32}^{Tr} + E_{Cu-Kn}|_{32}^{212} - E_{Cu-Kn}|_{32}^{Tr} = V$$

$$- E_{Fe-Kn}|_{32}^{Th} + E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tr} + E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tm} - E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tr} - E_{Cr-Al}|_{32}^{Tr} - E_{Cr-Al}|_{32}^{Th} + E_{Cr-Al}|_{32}^{Tr} - E_{Cu-Kn}|_{32}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{32}^{Tr} + E_{Cu-Kn}|_{32}^{212} - E_{Cu-Kn}|_{32}^{Tr} = V$$

Nombre: \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

$$-E_{Fe-Kn}|_{32}^{Th} + E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tm} - E_{Cr-Al}|_{32}^{Th} - E_{Cu-Kn}|_{32}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{32}^{212} = V$$

$$E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tm} = V + E_{Fe-Kn}|_{32}^{Th} + E_{Cr-Al}|_{32}^{Th} + E_{Cu-Kn}|_{32}^{Th} - E_{Cu-Kn}|_{32}^{212}$$

De tablas:

$$E_{Fe-Kn}|_{32}^{Th} = E_{Fe-Kn}|_{32}^{95} = 1.797mV$$

$$E_{Cr-Al}|_{32}^{Th} = E_{Cr-Al}|_{32}^{95} = 1.407mV$$

$$E_{Cu-Kn}|_{32}^{Th} = E_{Cu-Kn}|_{32}^{95} = 1.403mV$$

$$E_{Cu-Kn}|_{32}^{212} = 4.279mV$$

Por lo tanto:

$$E_{Fe-Kn}|_{32}^{Tm} = 10 + 1.797 + 1.407 + 1.403 - 4.279 = 10.328mV$$

De tablas:

$$Tm \approx 377 \rightarrow 378^\circ F \approx 192^\circ C$$

Otros datos numéricos (en °C)

Th =	95°F = 35°C	105°F=40.556°C	85°F=29.444°C
$E_{Fe-Kn} _0^{Th} =$	1.7970	2.0879	1.5081
$E_{Cr-Al} _0^{Th} =$	1.4070	1.6348	1.1808
$E_{Cu-Kn} _0^{Th} =$	1.4030	1.6354	1.1732

$$E_{Cu-Kn}|_0^{100} = 4.2790$$

$E_{Fe-Kn} _0^{Tm} (mV) =$	Th=95	Th=105	Th=85
V=10	<b>10.328</b>	<b>11.079</b>	<b>9.5831</b>
V=8	<b>8.3280</b>	<b>9.0791</b>	<b>7.5831</b>
V=12	<b>12.328</b>	<b>13.079</b>	<b>11.583</b>

$Tm (^\circ C) =$	Th=95	Th=105	Th=85
V=10	<b>191.87</b>	<b>205.41</b>	<b>178.44</b>
V=8	<b>155.76</b>	<b>169.35</b>	<b>142.26</b>
V=12	<b>227.89</b>	<b>241.42</b>	<b>214.48</b>

$Tm (^\circ F) =$	Th=95	Th=105	Th=85
V=10	<b>377.37</b>	<b>401.74</b>	<b>353.19</b>
V=8	<b>312.37</b>	<b>336.83</b>	<b>288.07</b>
V=12	<b>442.20</b>	<b>466.56</b>	<b>418.06</b>

2. Se tiene un termómetro de mercurio ( $\beta_{Hg} = 0.1819 \times 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ) el cual está hecho con un bulbo de cobre ( $\beta_{Cu} = 28 \times 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{F}$ ) y un capilar de vidrio (cuya expansión es despreciable). El capilar tiene un diámetro ( $D_C$ ) de 1 milímetro y la longitud de la parte correspondiente a la escala es de 150 mm. El bulbo se llena previa evacuación a  $-60^\circ\text{C}$ . Si se quiere un rango para el termómetro de  $-50$  a  $250^\circ\text{C}$  cual debe ser el diámetro del bulbo ( $D_B$ ), si su largo es de dos veces el diámetro ( $H = 2D_B$ ).

(4 puntos)

**Solución**

El volumen inicial del bulbo es:

$$V_{B(-60)} = V_{Hg(-60)} = \frac{\pi D_B^2}{4} H = \frac{\pi D_B^2}{4} 2D_B = \frac{\pi D_B^3}{2}$$

El volumen a la temperatura máxima viene dado por:

$$V_{B(250)} = V_{B(-60)}(1 + \beta_{Cu}\Delta T) = \frac{\pi D_B^3}{2}(1 + \Delta T\beta_{Cu})$$

$$V_{Hg(250)} = V_{Hg(-60)}(1 + \beta_{Hg}\Delta T) = \frac{\pi D_B^3}{2}(1 + \Delta T\beta_{Hg})$$

Donde:

 $L_{-50a250} = 150 \text{ mm}$ , longitud del capilar para el rango completo $Amplitud = 250 - (-50) = 300^\circ\text{C}$ 

La apreciación del instrumento:

$$Apr = \frac{L_{-50a250}}{Amplitud} = \frac{150}{300} = 0.5^\circ\text{C}/\text{mm}$$

Por lo tanto la longitud completa, desde el bulbo es:

$$L_T = L_{-50a250} + Apr \times (-50 - (-60)) = 155 \text{ mm}$$

$$\text{para un } \Delta T = Amplitud + (-50 - (-60)) = 310^\circ\text{C}$$

La diferencia de volumen entre el bulbo y el mercurio es igual al volumen del capilar:

$$V_{Hg(250)} - V_{B(250)} = \frac{\pi D_B^3}{2}(1 + \Delta T\beta_{Hg}) - \frac{\pi D_B^3}{2}(1 + \Delta T\beta_{Cu}) = \frac{\pi D_C^2}{4} L_T$$

Finalmente tenemos que:

$$\frac{\pi D_B^3}{2} [(1 + \Delta T\beta_{Hg}) - (1 + \Delta T\beta_{Cu})] = \frac{\pi D_C^2}{4} L_T$$

$$\frac{\Delta T \pi D_B^3}{2} (\beta_{Hg} - \beta_{Cu}) = \frac{\pi D_C^2}{4} L_T$$

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{D_C^2}{2\Delta T(\beta_{Hg} - \beta_{Cu})} L_T}$$

