

Nombre: _____ C.I.: _____

ULA. FACULTAD DE INGENIERIA.
ESCUELA DE MECANICA
INSTRUMENTACION

2do EXAMEN PARCIAL. Teoría.

A. Seleccione **LA** o **LAS** respuestas correspondientes a cada proposición (Las respuestas solo se calificarán como buenas o malas, tres (3) respuestas malas eliminan una buena) (1/2 punto cada una)

1. Entre los fenómenos naturales en que se basan los instrumentos de medición de temperatura están:
 - a. Medición de la fuerza electromotriz generada en un conductor.
 - b. Cambio de masa de un líquido en un bulbo.
 - c. Variación de la resistencia de un conductor o semiconductor.
 - d. Medición de la intensidad de energía radiante.
 - e. Ninguna de las anteriores.
2. Entre los patrones de temperatura universalmente utilizados encontramos:
 - a. Punto de fusión del agua a 100°C.
 - b. Punto de solidificación del agua a 0°C.
 - c. Punto de ebullición del oxígeno a aproximadamente -193°C.
 - d. Punto de evaporación del platino a aproximadamente 1760°C.
 - e. Ninguna de las anteriores.
3. Los termómetros bimetálicos basan su funcionamiento en:
 - a. La expansión de los metales.
 - b. La generación de una fuerza electromotriz en la unión de dos metales diferentes.
 - c. La deformación de dos metales por efectos electromagnéticos.
 - d. El cambio de la resistencia de contacto entre dos metales diferentes.
 - e. Ninguna de las anteriores.
4. Los fluidos más utilizados en los termómetros de resorte son:
 - a. El agua para los termómetros de vapor.
 - b. El mercurio para los termómetros de líquido.
 - c. El nitrógeno para los termómetros de gas.
 - d. El propano para los termómetros de gas.
 - e. Ninguna de las anteriores.
5. El capilar de los termómetros de resorte:
 - a. Es un tubo delgado y muy flexible.
 - b. Es un tubo grueso que contiene el fluido termométrico, y es sensible a la temperatura del proceso.
 - c. Se puede recubrir con una armadura metálica para protegerlo contra golpes.
 - d. Se puede recubrir de un forro plástico para aislarlo de la temperatura ambiente.
 - e. Ninguna de las anteriores.
6. El tamaño del bulbo en los termómetros de resorte depende de:
 - a. Fluido termométrico.
 - b. Material del bulbo.
 - c. Rango del instrumento.
 - d. Tipo de resorte.
 - e. Longitud del capilar.
7. En los instrumentos de resorte llenos de vapor el bulbo está sujeto a las siguientes limitaciones:
 - a. El volumen del bulbo debe ser suficientemente grande para contener todo el condensado para la temperatura mínima.
 - b. El volumen del líquido debe ser pequeño para entrar todo en el bulbo a la temperatura máxima.
 - c. El bulbo debe sumergirse siempre hasta la superficie libre dentro del proceso.
 - d. El bulbo debe sumergirse todo dentro del proceso.
 - e. Ninguna de las anteriores.
8. En las fuentes de error de los termómetros de expansión:
 - a. El cambio de la temperatura ambiente, requiere compensar termómetros actuados por gas.
 - b. La diferencia de altura, a tomar en cuenta en los termómetros de vapor solamente.
 - c. Los cambios de presión atmosférica, no se compensan por ser inferior al 0,1%.
 - d. La inmersión, requiere introducir todo el bulbo en el proceso para evitarlo.
 - e. La depresión, requiere tomar la lectura rápidamente para no afectar la medida.
9. El efecto Peltier:
 - a. Es la liberación o absorción de calor en todos los puntos del alambre, proporcional a la cantidad de electricidad que atraviesa la porción del alambre y a la diferencia de temperatura entre los extremos de esa porción.
 - b. Es la f.e.m. que se produce en un circuito compuesto por metales distintos A y B, cuando las temperaturas en las uniones son diferentes.
 - c. Es la transmisión de calor que se establece entre la junta del termopar y el medio que lo rodea al circular por el una corriente eléctrica.
 - d. Es la deformación que se produce en el termopar por el hecho de estar compuesto de dos metales diferentes.
 - e. Ninguna de las anteriores.
10. En un arreglo de termopares:
 - a. La f.e.m. resultante es igual a la suma de las f.em. si el circuito está en paralelo.
 - b. La f.e.m. resultante es igual a la suma de las f.em. si el circuito está en serie.
 - c. La f.e.m. resultante es igual al promedio de las f.em. si el circuito está en paralelo.
 - d. La f.e.m. resultante es igual al promedio de las f.em. si el circuito está en serie.
 - e. Ninguna de las anteriores.
11. Los tres materiales más utilizados en la fabricación de sondas de resistencia son:
 - a. Platino.
 - b. Bronce.
 - c. Cromo.
 - d. Cobre.
 - e. Níquel.

Nombre: _____ C.I.: _____

12. El funcionamiento de los pirómetros ópticos:
 - a. Se basa en la ley Stefan – Boltzmann
 - b. Se basa en la ley Plank.
 - c. Requieren el uso del factor de emisividad espectral.
 - d. Requieren el uso del factor de emisividad total.
 - e. Ninguna de las anteriores.
13. Cuando un cuerpo no irradia energía a una rata máxima dependiendo de su temperatura se dice que este es:
 - a. Un cuerpo Gris.
 - b. Un cuerpo opaco.
 - c. Un cuerpo negro.
 - d. Un cuerpo con color.
 - e. Ninguna de las anteriores.
14. Las ley de los metales intermedios indica que:
 - a. En un circuito simple de un metal homogéneo no se puede mantener una corriente eléctrica por la sola aplicación de calor, aunque su sección varíe.
 - b. La suma algebraica de las f.e.m. térmicas en un circuito compuesto de cualquier número de metales diferentes es cero si todo el circuito se mantiene a la misma temperatura.
 - c. La f.e.m. térmica desarrollada por cualquier termopar con sus uniones a dos temperaturas cualesquiera T1 y T3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T2 y la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T2 y T3.
 - d. Si se agrega un cable de un metal cualquiera en un circuito de termopares, la f.e.m. total no varía, independientemente de la temperatura de la uniones de se cable con el resto del circuito.
15. Ninguna de las anteriores. De la selección del material de los sistemas ópticos en los pirómetros de radiación total depende:
 - a. La cantidad de energía radiante emitida por el cuerpo.
 - b. La cantidad de energía radiante que llega al detector.
 - c. El rango de frecuencias al que es sensible el instrumento.
 - d. La distancia desde el proceso a la cual se debe colocar el pirómetro.
 - e. Ninguna de las anteriores.
16. Entre los detectores térmicos de pirómetros encontramos:
 - a. El bolómetro.
 - b. Las celdas fotovoltaicas.
 - c. Las celdas fotoelectromagnéticas.
 - d. La termopila.
 - e. Las celdas fotoelectromagnéticas.
17. Las principales características de los detectores fotoeléctricos son:
 - a. Respuesta extremadamente rápida.
 - b. Requiere compensación de la junta de referencia.
 - c. Requiere refrigeración de la celda.
 - d. Gran uniformidad de las características de la celda en el tiempo.
 - e. Ninguna de las anteriores.
18. El medidor de nivel de tipo burbujeo:
 - a. Se usa para medición de nivel de tanques cerrados.
 - b. Se usa en la medición de líquidos con sólidos en suspensión.
 - c. Solo se puede usar con aire como líquido de purga.
 - d. Presenta un desvío de cero muy leve que depende del caudal de aire introducido al tanque.
 - e. Ninguna de las anteriores.
19. Entre los medidores de nivel que pueden ser utilizados tanto para líquidos como para sólidos encontramos:
 - a. Medidor de flotador.
 - b. Medidor de fuerza de empuje.
 - c. Medidor ultrasónico.
 - d. Medidor de diafragma.
 - e. Ninguno de los anteriores.
20. En la medición de nivel de tanques cerrados:
 - a. El nivel es proporcional a la presión hidrostática en el fondo del tanque.
 - b. El nivel es proporcional a la diferencia de presión entre la parte superior e inferior del tanque.
 - c. Las tomas de presión se realizan independientemente de si la atmósfera en el tanque es condensable o no.
 - d. No se pueden utilizar métodos directos de medición de nivel.
 - e. Ninguna de las anteriores.

B. Explique el funcionamiento de los siguientes instrumentos, haga gráficos para ilustrar su explicación y menciones las principales características y diversos tipos si aplica (1 punto cada una).

1. Medidor de flotador con conexión magnética.
2. Medición de nivel por presión hidrostática para tanques cerrados.
3. Termómetro de resistencia de cobre.
4. Pirómetro óptico.

C. Conteste las siguientes preguntas (2 puntos cada una).

1. Explique el funcionamiento de los termómetros de resorte, menciones sus partes y las clases existentes. Utilice ilustraciones en su explicación.
2. Nombre y explique brevemente las fuentes de error en los termómetros de resorte.
3. Explique el funcionamiento de los termómetros de resistencia de cobre. Haga un esquema del caso particular de la sonda automotriz.
4. Explique la principal ventaja que posee el método Siemens de medición de la resistencia eléctrica, respecto al puente de Wheatstone estándar. Utilice ilustraciones en su explicación.

Nombre: _____ C.I.: _____

5. Nombre y explique brevemente las tres leyes de los circuitos termoelectricos.
6. Nombre y explique brevemente los tipos de detectores utilizados comúnmente en los pirómetros de radiación total.

D. Seleccione LA o LAS respuestas correspondientes a cada proposición (1/2 punto cada una)

PROPOSICIONES

1. () Los tres materiales más utilizados en la fabricación de sondas de resistencia son:
2. () Los termómetros bimetalicos basan su funcionamiento en:
3. () El funcionamiento de los pirómetros ópticos se basa en:
4. () Entre los fenómenos naturales en que se basan los instrumentos de medición de temperatura están:
5. () Los fluidos mas utilizados en los termómetros de resorte son:
6. () Entre los patrones de temperatura universalmente utilizados encontramos:
7. () Cuando un cuerpo no irradia energía a una rata máxima dependiendo de su temperatura se dice que este es:
8. () En los instrumentos de resorte llenos de vapor el bulbo está sujeto a las siguientes limitaciones:
9. () La ley de los metales intermedios indica que:
10. () El tamaño del bulbo en los termómetros de resorte depende de:
11. () En un arreglo de termopares:
12. () El capilar de los termómetros de resorte:
13. () De la selección del material de los sistemas ópticos en los pirómetros de radiación total depende:
14. () En las fuentes de error de los termómetros de expansión:
15. () Entre los detectores térmicos de pirómetros encontramos:
16. () El efecto Peltier:
17. () Las principales características de los detectores fotoelectricos son:
18. () La ley de las temperaturas intermedias indica que:

RESPUESTAS

- a. Es un tubo delgado y muy flexible.
- b. Variación de la resistencia de un conductor o semiconductor.
- c. Medición de la intensidad de energía radiante.
- d. Punto de fusión del agua a 100°C.
- e. La f.e.m. resultante es igual a la suma de las f.em. si el circuito está en serie.
- f. La termopila.
- g. La expansión de los metales.
- h. La generación de una fuerza electromotriz en la unión de dos metales diferentes.

- i. Punto de solidificación del agua a 0°C.
- j. Fluido termométrico.
- k. El nitrógeno para los termómetros de gas.
- l. Se puede recubrir con una armadura metálica para protegerlo contra golpes.
- m. Longitud del capilar.
- n. El volumen del bulbo debe ser suficientemente grande para contener todo el condensado para la temperatura mínima.
- o. La inmersión, requiere introducir todo el bulbo en el proceso para evitarlo.
- p. La f.e.m. resultante es igual a la suma de las f.em. si el circuito está en paralelo.
- q. El mercurio para los termómetros de líquido.
- r. La depresión, requiere tomar la lectura rápidamente para no afectar la medida.
- s. Es la f.e.m. que se produce en un circuito compuesto por metales distintos A y B, cuando las temperaturas en las uniones son diferentes.
- t. Es la transmisión de calor que se establece entre la junta del termopar y el medio que lo rodea al circular por el una corriente eléctrica.
- u. El bulbo debe sumergirse todo dentro del proceso.
- v. En un circuito simple de un metal homogéneo no se puede mantener una corriente eléctrica por la sola aplicación de calor, aunque su sección varíe.
- w. La f.e.m. resultante es igual al promedio de las f.em. si el circuito está en paralelo.
- x. Platino, Cobre, Níquel.
- y. Níquel, Bronce, Cobre.
- z. La ley Stefan – Boltzmann
- aa. La ley Plank.
- bb. Un cuerpo Gris.
- cc. Un cuerpo opaco.
- dd. La suma algebraica de las f.e.m. térmicas en un circuito compuesto de cualquier número de metales diferentes es cero si todo el circuito se mantiene a la misma temperatura.
- ee. La f.e.m. térmica desarrollada por cualquier termopar con sus uniones a dos temperaturas cualesquiera T1 y T3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T2 y la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T2 y T3.
- ff. Respuesta extremadamente rápida.
- gg. La cantidad de energía radiante que llega al detector.
- hh. La f.e.m. resultante es igual al promedio de las f.em. si el circuito está en serie.
- ii. El rango de frecuencias al que es sensible el instrumento.
- jj. Las celdas fotovoltaicas.
- kk. Requiere compensación de la junta de referencia.

Nombre: _____ C.I.: _____

E. Complete las siguientes proposiciones (0.5 puntos cada una).

1. Entre los fenómenos naturales en que se basan los instrumentos de medición de temperatura están:

_____.
2. Dos de los patrones de temperatura universalmente utilizados son: _____ a _____°C y _____ a _____°C.
3. Los termómetros bimetalicos basan su funcionamiento en _____

_____.
4. Entre los fluidos usados en los termómetros de expansión de líquido encontramos: _____ y _____.
5. Los termómetros de resorte pueden clasificarse en 4 tipos que son: tipo I: _____, tipo II:- _____, tipo III: _____ y tipo IV: _____.
6. El capilar de los termómetros de resorte es un _____, el cual se puede recubrir con una armadura metálica para _____.
7. El tamaño del bulbo en los termómetros de resorte depende de _____,

_____.
8. En los instrumentos de resorte llenos de vapor el bulbo está sujeto a las siguientes limitaciones:

_____.
9. El error de depresión se produce debido a que _____.
10. Las fuentes de error de los termómetros de expansión son: _____,
_____, _____.
11. El efecto Peltier es la transmisión de calor que se establece _____.
12. Las tres leyes de la termoelectricidad son: _____,
_____ y _____.
13. Los 5 tipos de termopares estandarizados más comunes son: tipo_____, de _____, tipo_____, de _____, tipo_____, de _____, tipo_____, de _____, tipo_____, de _____.
14. En un arreglo de termopares en paralelo del mismo tipo, la f.e.m. resultante es igual al _____.
15. Los tres materiales más utilizados en la fabricación de sondas de resistencia son: _____, _____ y _____.
16. El funcionamiento de los pirómetros de radiación total se basa en la ley _____ mientras que el funcionamiento de los pirómetros ópticos se basa en la ley _____.

Nombre: _____ C.I.: _____

17. El término cuerpo gris se aplica a las sustancias _____.
18. Un cuerpo opaco es aquel que _____.
19. De la selección del material de los sistemas ópticos en los pirómetros de radiación total depende _____.
20. La termopila es _____.
21. Las principales ventajas de los detectores fotoeléctricos son: _____.
22. Los pirómetros ópticos manuales se basan en _____.
23. Los efectos a considerar en la medición de temperatura con pirómetros ópticos son: _____ y _____.
24. La ecuación que rige el funcionamiento de los termistores posee un coeficiente _____ y un _____.

F. Conteste falso o verdadero a las siguientes proposiciones (0.5 puntos cada una).

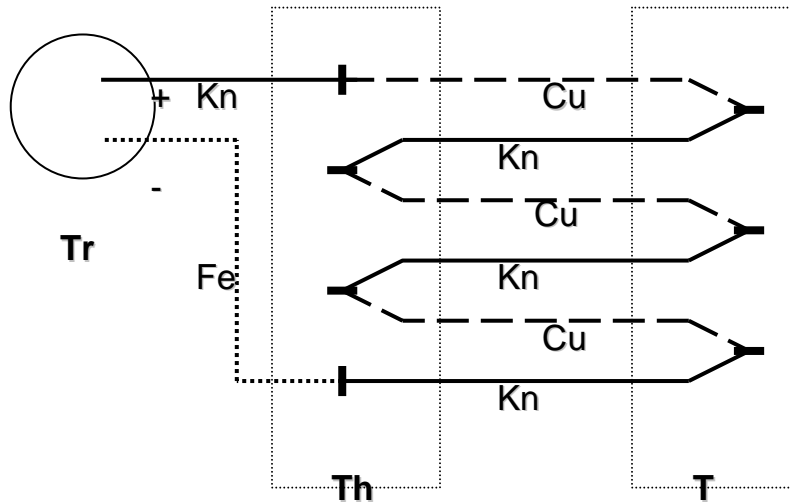
Nota: Dos respuestas malas eliminan una buena.

- 1 () Los termómetros de líquido en vidrio poseen un tubo capilar en donde se expande un fluido a medida que aumenta la temperatura.
- 2 () En los termómetros de resorte actuados por gas se producen cambios de presión que dependen de la temperatura, trabajando el sistema a volumen constante
- 3 () El error por depresión se produce cuando el bulbo de un termómetro de expansión se coloca en un ambiente con presión menor a la presión atmosférica
- 4 () Según la ley de los circuitos homogéneos no se puede mantener una corriente eléctrica en un circuito formado por cables del mismo material por el solo hecho de someter sus uniones a cambios de temperatura
- 5 () Para proteger los capilares de los termómetros de resorte estos se pueden recubrir con pozos térmicos de algún material resistente
- 6 () Entre los termopares estandarizados más comunes encontramos el tipo T de hierro constantan.
- 7 () Los líquidos más usados en los termómetros de líquido en vidrio son el mercurio y el agua.
- 8 () El error por diferencia de altura es despreciable en los termómetros de resorte actuados por vapor.
- 9 () Un bimetal se compone de dos metales diferentes que al unirse y someterse a un cambio de temperatura producen una fuerza electromotriz.
- 10 () Los elementos receptores de los termómetros de resorte suelen ser tubos Bourdon similares a los medidores de presión.
- 11 () El fundamento de los termómetros de resorte actuados por líquido es el cambio de volumen que ocurre en el sistema térmico mientras los cambios de presión son incidentales.
- 12 () El material de un termómetro de resistencia debe tener un alto coeficiente de temperatura y una relación resistencia temperatura lineal y continua.
- 13 () Las sondas de temperatura de uso automotriz son por lo general termopares.
- 14 () Los termistores utilizan el mismo principio de funcionamiento que los termómetros de resistencia.
- 15 () El método de construcción de las sondas de platino y níquel es exactamente el mismo.
- 16 () La curva de resistencia temperatura en una sonda hecha de un material semiconductor es por lo general lineal.

ULA. FACULTAD DE INGENIERIA.
 ESCUELA DE MECANICA
 INSTRUMENTACION

2do EXAMEN PARCIAL. Problemas.

1. En el siguiente arreglo de termopares hallar el valor de **T** si: **Th** = 50 °C, **Tr** = 20 °C y **V** = 20 mV (6 puntos)



Solución:

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

$$V = 3\left(-E_{Cu-Kn}|_0^{Th} + E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} + E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} - E_{Cu-Kn}|_0^{Tr}\right) + E_{Fe-Kn}|_0^{Tr} - E_{Fe-Kn}|_0^{Th}$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} = \frac{3E_{Cu-Kn}|_0^{Th} - E_{Fe-Kn}|_0^{Tr} + E_{Fe-Kn}|_0^{Th} + V}{3}$$

De las tablas de termopares:

$$E_{Cu-Kn}|_0^{Th} = E_{Cu-Kn}|_0^{50} = 2.035mV$$

$$E_{Fe-Kn}|_0^{Tr} = E_{Fe-Kn}|_0^{20} = 1.019mV$$

$$E_{Fe-Kn}|_0^{Th} = E_{Fe-Kn}|_0^{50} = 2.585mV$$

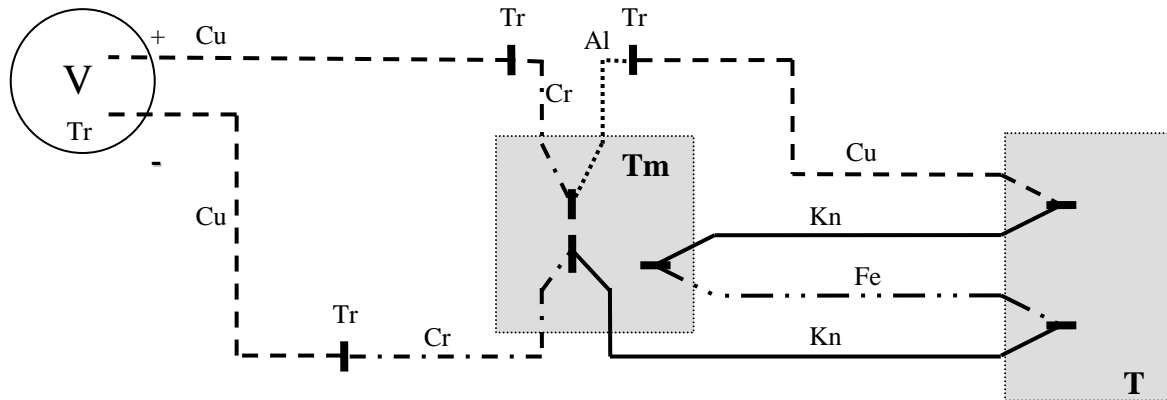
Resulta

$$E_{Cu-Kn}|_0^{Tm} = \frac{3(2.035) + 2.585 - 1.019 + 20}{3} = 9.2237mV$$

En tablas de termopares obtengo:

$T_m \cong 199^\circ C \cong 390^\circ F$

2. En el arreglo de termopares mostrado en la figura se tiene que $T_m = 0\text{ }^\circ\text{C}$, $T_r = 20\text{ }^\circ\text{C}$ y el voltaje medido por el instrumento es $V = 14.855$ volts.



Determine el valor de la temperatura en la junta de medición T .

SOLUCION

Las ecuaciones para la *f.e.m.* en el circuito son:

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

Donde los términos

$$E_{Cu-Cr}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

$$E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

$$E_{Al-Cu}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

Utilizando la ley de los circuitos homogéneos la ecuación queda entonces:

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

Con la ley de las temperaturas intermedias se tiene:

$$E_{Cr-Al}|_{Tr}^{Tm} = E_{Cr-Al}|_0^{Tm} - E_{Cr-Al}|_0^{Tr} = E_{Cr-Al}|_0^{20} - E_{Cr-Al}|_0^{20} = -E_{Cr-Al}|_0^{20}$$

$$E_{Cu-Kn}|_{Tr}^T = E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} = E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Kn-Fe}|_{Tr}^{Tm} = E_{Kn-Fe}|_0^{Tm} - E_{Kn-Fe}|_0^{Tr} = E_{Kn-Fe}|_0^{20} - E_{Kn-Fe}|_0^{20} = E_{Fe-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Fe-Kn}|_{Tr}^T = E_{Fe-Kn}|_0^T - E_{Fe-Kn}|_0^{Tr} = E_{Fe-Kn}|_0^T - E_{Fe-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Kn-Cr}|_{Tr}^{Tm} = E_{Kn-Cr}|_0^{Tm} - E_{Kn-Cr}|_0^{Tr} = E_{Kn-Cr}|_0^{20} - E_{Kn-Cr}|_0^{20} = E_{Cr-Kn}|_0^{20}$$

Utilizando la ley de las temperaturas intermedias la ecuación queda entonces:

$$-E_{Cr-Al}|_0^{20} + E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{20} + E_{Fe-Kn}|_0^{20} + E_{Fe-Kn}|_0^T - E_{Fe-Kn}|_0^{20} + E_{Cr-Kn}|_0^{20} = V$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Fe-Kn}|_0^T = V - E_{Cr-Kn}|_0^{20} + E_{Cu-Kn}|_0^{20} + E_{Cr-Al}|_0^{20}$$

De las tablas de termopares:

$$E_{Cr-Kn}|_0^{20} = 1.192mV$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^{20} = 0.790mV$$

$$E_{Cr-Al}|_0^{20} = 0.798mV$$

La ecuación queda:

$$E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Fe-Kn}|_0^T = 14.855 - 1.192 + 0.79 + 0.798$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^T + E_{Fe-Kn}|_0^T = 15.242$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^T = 8.286$$

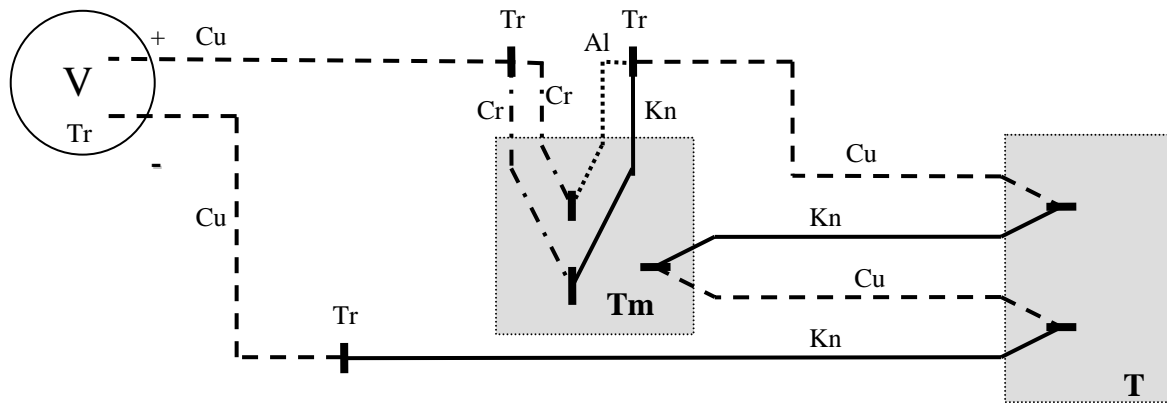
$$E_{Fe-Kn}|_0^T = 6.956$$

$$15.242$$

En tablas de termopares obtenemos:

$$T = 155^\circ C$$

3. En el arreglo de termopares mostrado en la figura se tiene que $T_m = 0^\circ C$, $T_r = 20^\circ C$ y el voltaje medido por el instrumento es $V = 24.894$ volts.



Determine el valor de la temperatura en la junta de medición T .

SOLUCION

Las ecuaciones para la *f.e.m.* en el circuito son:

$$E_{Cu-Cr}|_{T_r}^{T_r} + E_{Cr-Kn}|_{T_r}^{T_m} + E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_r} + E_{Cu-Kn}|_{T_r}^T + E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_m} + E_{Cu-Kn}|_{T_r}^T + E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_r} - V_1 = 0$$

$$E_{Cu-Cr}|_{T_r}^{T_r} + E_{Cr-Al}|_{T_r}^{T_m} + E_{Al-Cu}|_{T_r}^{T_r} + E_{Cu-Kn}|_{T_r}^T + E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_m} + E_{Cu-Kn}|_{T_r}^T + E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_r} - V_2 = 0$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Uniando las tres tendremos:

$$V = \frac{2E_{Cu-Cr}|_{T_r}^{T_r} + E_{Cr-Kn}|_{T_r}^{T_m} + 3E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_r} + 4E_{Cu-Kn}|_{T_r}^T + 2E_{Kn-Cu}|_{T_r}^{T_m} + E_{Cr-Al}|_{T_r}^{T_m} + E_{Al-Cu}|_{T_r}^{T_r}}{2}$$

Donde los términos

$$E_{Cu-Cr}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

$$E_{Kn-Cu}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

$$E_{Al-Cu}|_{Tr}^{Tr} = 0$$

Utilizando la ley de los circuitos homogéneos la ecuación queda entonces:

$$V = \frac{E_{Cr-Kn}|_{Tr}^{Tm} + 4E_{Cu-Kn}|_{Tr}^T - 2E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{Tm} + E_{Cr-Al}|_{Tr}^{Tm}}{2}$$

Con la ley de las temperaturas intermedias se tiene:

$$E_{Cr-Kn}|_{Tr}^{Tm} = E_{Cr-Kn}|_{20}^0 = -E_{Cr-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Cu-Kn}|_{Tr}^T = E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{Tr} = E_{Cu-Kn}|_0^T - E_{Cu-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Cu-Kn}|_{Tr}^{Tm} = E_{Cu-Kn}|_{20}^0 = -E_{Cu-Kn}|_0^{20}$$

$$E_{Cr-Al}|_{Tr}^{Tm} = E_{Cr-Al}|_{20}^0 = -E_{Cr-Al}|_0^{20}$$

Utilizando la ley de las temperaturas intermedias la ecuación queda entonces:

$$V = \frac{-E_{Cr-Kn}|_0^{20} + 4E_{Cu-Kn}|_0^T - 4E_{Cu-Kn}|_0^{20} + 2E_{Cu-Kn}|_0^{20} - E_{Cr-Al}|_0^{20}}{2}$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^T = \frac{2V + E_{Cr-Kn}|_0^{20} + 2E_{Cu-Kn}|_0^{20} + E_{Cr-Al}|_0^{20}}{4}$$

De las tablas de termopares:

$$E_{Cr-Kn}|_0^{20} = 1.192mV$$

$$E_{Cu-Kn}|_0^{20} = 0.790mV$$

$$E_{Cr-Al}|_0^{20} = 0.798mV$$

La ecuación queda:

$$E_{Cu-Kn}|_0^T = \frac{2(24.894) + 1.192 + 2(0.790) + 0.798}{4} = \frac{49.788 + 1.192 + 1.58 + 0.798}{4} = 13.3395$$

En tablas de termopares obtenemos:

$$T \approx 273.5^\circ C$$

4. Se tiene un termómetro de mercurio ($\beta_{Hg} = 0.1819 \times 10^{-3} 1/^\circ C$) el cual esta hecho con un bulbo de cobre ($\beta_{Cu} = 28 \times 10^{-6} 1/^\circ F$) y un capilar de vidrio (cuya expansión es despreciable). El bulbo es una esfera y el capilar tiene un diámetro (D_C) de 0.32 milímetros, medidos a $20^\circ C$. El bulbo se llena previa evacuación a $-100^\circ C$. Si se quiere un rango para el termómetro de -50 a $250^\circ C$ cual debe ser el diámetro del bulbo (D_B) medido a $20^\circ C$, si la escala sobre el capilar tiene una apreciación de $1^\circ C$ por milímetro.

$$V_{esfera} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

SOLUCION

El volumen inicial del bulbo es:

$$V_{B(20)} = \frac{4}{3} \pi \frac{D_B^3}{8} = \frac{\pi D_B^3}{6}$$

El volumen a la temperatura de llenado es:

$$V_{B(-100)} = V_{Hg(-100)} = \frac{\pi D_B^3}{6} (1 + \beta_{Cu} \Delta T_{LL}) = \frac{\pi D_B^3}{6} (1 + 28 \times 10^{-6} (-120 \times 1.8)) = \frac{\pi D_B^3}{6} (0.993952)$$

$$V_{B(-100)} = V_{Hg(-100)} = 0.5204 D_B^3$$

El volumen a la temperatura máxima viene dado por:

$$V_{B(250)} = V_{B(-100)} (1 + \beta_{Cu} \Delta T) = 0.5204 D_B^3 (1 + (350 \times 1.8) 28 \times 10^{-6}) = 0.52958 D_B^3$$

$$V_{Hg(250)} = V_{Hg(-100)} (1 + \beta_{Hg} \Delta T) = 0.5204 D_B^3 (1 + 350 \times 0.1818 \times 10^{-3}) = 0.55351 D_B^3$$

Adicionalmente se sabe que:

$$V_{Hg(250)} = V_{B(250)} + \frac{\pi D_C^2}{4} L$$

Donde:

$$L = 350 \text{ mm} \text{ longitud del capilar para el rango completo}$$

Sustituyendo se tiene:

$$0.55351 D_B^3 = 0.52958 D_B^3 + \frac{\pi D_C^2}{4} L$$

$$0.55351 D_B^3 - 0.52958 D_B^3 = \frac{\pi (0.32)^2}{4} 350$$

$$D_B^3 = \frac{28.14867}{0.02393} = 1176.2921$$

$$D_B = 10.5561 \text{ mm}$$

5. Se tiene un termómetro de mercurio ($\beta_{Hg} = 181.9 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) el cual esta hecho con un bulbo de acero ($\beta_A = 33.3 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{F}$) y un capilar de vidrio (cuya expansión es despreciable). El bulbo tiene un diámetro (D_B) de 5 milímetros y el capilar un diámetro (D_C) de 0.5 milímetros. El bulbo se llena previa evacuación a 0°C . Si se quiere un rango para el termómetro de 0 a 100°C cual debe ser el largo del bulbo (H) si la escala sobre el capilar tiene una apreciación de 1°C por milímetro.

SOLUCION

El volumen inicial del bulbo es:

$$V_{B(0)} = V_{Hg(0)} = \frac{\pi D_B^2}{4} H$$

El volumen a la temperatura máxima viene dado por:

$$V_{B(100)} = V_{B(0)} (1 + \beta_A \Delta T) = \frac{\pi D_B^2}{4} H (1 + 100 \beta_A)$$

$$V_{Hg(100)} = V_{Hg(0)} (1 + \beta_{Hg} \Delta T) = \frac{\pi D_B^2}{4} H (1 + 100 \beta_{Hg}) = V_{B(100)} + \frac{\pi D_C^2}{4} L$$

Donde:

$L = 100\text{mm}$ longitud del capilar para el rango completo

Con las dos ecuaciones se tiene:

$$\frac{\pi D_B^2}{4} H (1 + 100 \beta_{Hg}) = \frac{\pi D_B^2}{4} H (1 + 100 \beta_A) + \frac{\pi D_C^2}{4} L$$

$$\frac{\pi D_B^2}{4} (100 \beta_{Hg} - 100 \beta_A) H = \frac{\pi D_C^2}{4} L$$

$$H = \frac{D_C^2}{(100 \beta_{Hg} - 100 \beta_A) D_B^2} L$$

El coeficiente de expansión del acero es:

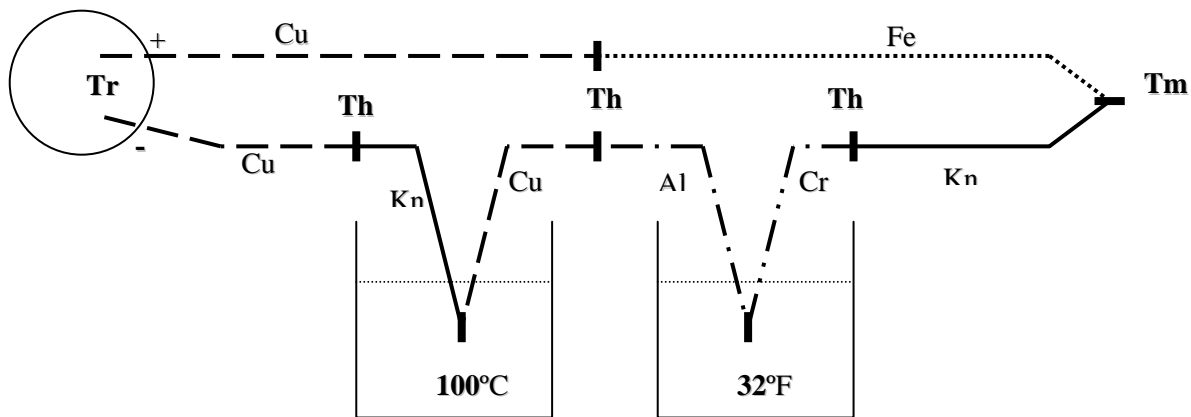
$$\beta_A = 33.3 \times 10^{-6} (1/^\circ F) \left(\frac{5}{9} \right) \frac{^\circ C}{^\circ F} = 18.5 \times 10^{-6} (1/^\circ C)$$

La altura será entonces:

$$H = \frac{0.5^2}{(100(181.9 \times 10^{-6}) - 100(18.5 \times 10^{-6}))^2} 100 = \frac{0.25}{(0.01634)^2} 100$$

$$H = 61.1995\text{mm}$$

6. Hallar el valor de T_m si $V = 8.955\text{ mV}$, $T_h = 25^\circ\text{C}$ y $T_r = 20^\circ\text{C}$ (6 puntos)



7. 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 bulbo tiene un diámetro (D_B) de 10 milímetros y el capilar un diámetro (D_C) de 0.32 milímetros, medidos a 20°C . El bulbo se llena previa evacuación a -60°C . Si se quiere un rango para el termómetro de -50 a 250°C cual debe ser el largo del bulbo (H) si la escala sobre el capilar tiene una apreciación de 1°C por milímetro.