

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA.

LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE TERMODINÁMICA

AGOSTO 2005

PRÁCTICA No.1

CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS.

OBJETIVO:

El alumno calibrará diferentes tipos de termómetros con respecto a un termómetro patrón. Aprenderá a usar los baños termostáticos y la importancia que tiene el control de la temperatura en la determinación de las propiedades físicas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Equilibrio térmico.— Cuando dos sistemas se ponen en contacto a través de una pared que les permita el flujo de energía térmica, se dice que los sistemas están en contacto térmico. La experiencia indica que las variables termodinámicas de ambos sistemas se modifican espontáneamente y cuando esta evolución se detiene, decimos que el sistema ha alcanzado el equilibrio térmico.

A B

Equilibrio térmico entre dos sistemas.

En un estado de equilibrio térmico las propiedades del sistema A y B no varían con el tiempo, aunque esto no quiere decir que las propiedades de ambos sistemas sean las mismas, si A y B son sustancias diferentes, todas las propiedades serán diferentes excepto una, *la temperatura de ambos sistemas*. Por lo cual podemos decir, que *la temperatura es la propiedad que presentan en común dos sistemas en equilibrio térmico*.

La temperatura es una propiedad que no se mide en forma directa. Los termómetros se fundamentan en el equilibrio térmico para medir de manera indirecta esta propiedad.

Cualquier propiedad física que cambie de manera reproducible con la temperatura puede ser la base de un termómetro. Las propiedades físicas usadas principalmente para termometría son cambios de volumen o presión de un gas a presión o volumen constante respectivamente (termómetros de gas), cambios de volumen de un líquido (termómetros de mercurio o de un fluido diferente), cambios de resistencia eléctrica de un hilo metálico (resistencia termoeléctrica de platino), cambios de la fuerza electromotriz termoeléctrica (termopares) y para muy altas temperaturas, cambios de la distribución del espectro de radiación (pirómetros de radiación). Ninguna de esas propiedades tiene la misma dependencia con la temperatura y en consecuencia no producen la misma escala de temperatura. Esta dificultad se supera con la escala Kelvin, la cual es independiente de la propiedad de cualquier sustancia. La escala Kelvin se define en términos de la eficiencia de una máquina térmica reversible. En esta escala el grado se define como la centésima parte del punto de ebullición y el punto de congelación del agua. Por lo cual es necesario relacionar las diferentes escalas a la escala Kelvin o absoluta por calibración.

La escala internacional de temperaturas define una lista de seis puntos fijos primarios en el rango de -183°C a 1063°C , además de numerosos puntos secundarios que pueden usarse para calibración.

TERMÓMETROS Y SU CALIBRACIÓN.

En los laboratorios de las instituciones educativas, la temperatura generalmente se mide en el rango de -10 a 100°C . Este rango se cubre fácilmente por el termómetro de mercurio en vidrio (-30°C a 350°C) y termopares cobre –constantan (-250°C a 400°C) y cromo –aluminio (-250°C a 1100°C). Todos ellos requieren calibración.

Los termómetros de mercurio generalmente se calibran por comparación con un termómetro patrón (calibrados en laboratorios de física) en un baño de recirculación de agua o aceite. El certificado con respecto al termómetro patrón contendrá detalles experimentales, tales como profundidad de inmersión, etc. que deben indicarse. El termómetro, una vez calibrado, debe después usarse bajo las mismas condiciones. Si se calibra por inmersión total y se llega a usar con parte del filamento expuesto, se debe aplicar una corrección de vástago.

Si no se cuenta con un termómetro patrón, un termómetro se puede calibrar tomando el punto de ebullición del agua en un hipsómetro (a presión normal) y el punto de congelación del agua en un vaso Dewar. El punto de fusión del sulfato de sodio decahidratado (32.48°C), puede usarse como un punto intermedio. Un termómetro de mercurio dará una lectura de 32.48°C , porque la escala de mercurio en vidrio casi coincide con la escala absoluta en el intervalo de 0°C a 100°C . La máxima discrepancia (0.1°C) se tiene a 40°C en ese intervalo.

CONTROL DE TEMPERATURA. BAÑOS TERMOSTÁTICOS.

Los baños de temperatura constante o baños termostáticos son de los equipos más importantes en los laboratorios de termodinámica, puesto que, la mayoría de las propiedades estudiadas dependen de la temperatura.

El baño termostático más simple está constituido por un tanque que se llena con agua (o aceite para temperaturas superiores a 60°C), una resistencia eléctrica, un agitador o un recirculador y un termostato con su punto de ajuste (controlador de temperatura). Para mantener el baño a temperatura constante debe suministrarse calor para compensar las pérdidas de calor por radiación, conducción o evaporación. La temperatura se puede controlar con mucha precisión si al baño se le adapta un sumidero de calor. Los baños termostáticos se pueden aislar para evitar en gran medida las pérdidas calor y tener un mejor control de temperatura. Los baños termostáticos con sumideros de calor, abiertos y aislados logran controlar la temperatura con $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ sobre el punto de ajuste, mientras que baños termostáticos con sumideros de calor cerrados y aislados controlan con $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ sobre el punto de ajuste. El fluido del baño termostático que se encuentra a temperatura controlada puede recircularse a través de dispositivos para determinar propiedades físicas tales como refractómetros, viscosímetros, polarímetros a procesos a los que se les desea controlar a la temperatura para la generación de datos.

MATERIAL Y EQUIPO:

- Diferentes tipos de termómetros: termómetro patrón, termómetros de columna de mercurio, termómetros clínicos, termómetro bimetalico, termómetro de resistencia eléctrica y termopar o par termoelectrico.
- Recirculador de inmersión con resistencia y controlador de temperatura.
- Equipo termostático con resistencia y controlador de temperatura.
- Dos tinas metálicas.
- Voltímetro.

- Serpentín de cobre.
- Cronómetro
- Parrilla eléctrica
- Vaso de precipitado de un litro.
- Una bolsa de hielo.
- Rejilla para colocar termómetros
- 10 ligas para sujetar los termómetros.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

- Montar el baño termostático con sumidero de calor como se muestra en la figura. Una tina funcionará como baño termorregulador y la otra tina como sumidero de calor.
- En el baño en el que se controlará la temperatura, colocar el equipo termostático que cuenta con agitación y control de temperatura.
- Colocar los termómetros dentro del baño sujetándolos firmemente mediante ligas y de manera que se puedan tomar lecturas de temperatura con facilidad.
- Conectar el multímetro a la termoresistencia.
- En el baño que funcionará como sumidero de calor se colocará el recirculador de inmersión. Fijar en 0 °C la temperatura del punto de ajuste del recirculador para que la resistencia no suministre calor. Mediante hielo mantener la temperatura del sumidero de calor a temperaturas menores a 15 ° C.
- Accionar la bomba del recirculador. Mediante un serpentín de cobre eliminar calor en el baño en que se controla la temperatura. El serpentín se colocará en el baño de temperatura controlada. El fluido de enfriamiento se pasa por el serpentín y mediante mangueras se regresa al baño que funciona como sumidero de calor. El nivel del agua en la tina que funciona como sumidero de calor no variará.
- Accionar el equipo termostático y controlar la temperatura del baño a 25 ° C, 30 ° C, 35 ° C y 38° C.
- Para cada temperatura que se controla en el baño termostático, leer la temperatura en cada termómetro y registrar los valores en la tabla de resultados. Repetir cuatro veces las lecturas con intervalos de tres minutos. Registrar las lecturas en las tablas de resultados.
- Mediante un voltímetro leer también la resistencia en Ohms de la termoresistencia (RTD). Registrar las lecturas en las tablas de resultados.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES CON EL EQUIPO.

- El termómetro patrón y la termoresistencia son dispositivos frágiles y muy costosos.
- La temperatura máxima del termómetro patrón es de 40° C. Trabajar con temperaturas superiores ocasionará que el termómetro explote.
- El control de temperaturas del equipo termostático de agitación mecánica se acciona mediante un magneto que hace girar una tuerca. Cuidar que la tuerca nunca llegue al extremo inferior (no fijar temperaturas menores a 20 °C) porque la tuerca puede quedar atrapada en la parte inferior y el magneto no tendrá la fuerza suficiente para moverlo, dejando con esto inservible el equipo. Es un equipo muy costoso.

- No prender nunca los equipos termostáticos si estos no se encuentran dentro del baño de agua o aceite.
- El recirculador de inmersión tiene una alarma de protección que indica cuando el nivel del baño es crítico. No operarlo en estas condiciones.
- Tener cuidado de no mojar el multímetro portátil.
- Conectar los equipo a una sola mesa cuidando que no haya cables que puedan ser arrollados con el paso de alguna persona.

DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA

Lecturas de termómetros: Punto de ajuste 25°C

Tiempo (minutos)	Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetálico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termoresisten- cia (Ohms)
3				
3				
3				
3				
Promedio				

Lecturas de termómetros. Punto de ajuste 30°C

Tiempo (minutos)	Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetálico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termoresisten- cia (Ohms)
3				
3				
3				
3				
Promedio				

Lecturas de termómetros. Punto de ajuste 35°C

Tiempo (minutos)	Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetálico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termoresisten- cia (Ohms)
3				
3				
3				
3				
Promedio				

Lecturas de termómetros. Punto de ajuste 38°C

Tiempo (minutos)	Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetálico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termoresisten- cia (Ohms)
3				
3				
3				
3				
Promedio				

CÁLCULOS:

- Por el método de mínimos cuadrados se determinarán los valores A y B y los valores de R_0 y

$$= B / R_0$$

Para el termómetro de lectura directa (termómetro de resistencia eléctrica), realizar una regresión lineal. Ajuste de los datos experimentales a la ecuación de una recta.

La resistencia eléctrica de un hilo varía linealmente de acuerdo a la siguiente expresión.

$$= R_0 + R_0 T$$

que es similar a la ecuación de una recta del tipo

$$Y = A + BX$$

Donde

$$Y = \text{ ; } A = R_0 \text{ ; } B = R_0 \text{ ; } X = T$$

Para determinar los valores A y B se deben encontrar Y, X, XY y X² con:

	Y	X	XY	X ²
	promedio	T promedio	prom x Tprom	Tpromedio

=====

B se puede calcular con:

$$= =$$

n = No. de datos

A se puede calcular con:

$$= =$$

ó bien con:

$$Y = A + BX \text{ de donde } A = Y - Bx$$

$$Y = Y \text{ promedio}$$

$X = \bar{X}$ promedio

Para calcular R_0 es con: $R_0 = A R_0 =$

Para calcular es con: $B = R_0$ de donde: $= B / R_0$

$= =$

- **Se calculará el error promedio para cada temperatura en cada termómetro. El error promedio se determina como el valor absoluto de la diferencia entre el termómetro patrón y el termómetro por calibrar.**

Los valores en ohms de la Termoresistencia se transforman a °C usando los valores de los parámetros ajustados (T ajustada). Despejando de la ecuación que relaciona la resistencia eléctrica con la temperatura se tiene:

$$T = (-R_0) / (R_0)$$

Como:

$$R_0 = B$$

$$R_0 = A$$

$$T = (-A) / (B)$$

Para 25 ° C: Para 30 ° C:

$$T_1 = = T_1 = =$$

$$T_2 = = T_2 = =$$

$$T_3 = = T_3 = =$$

$$T_4 = = T_4 = =$$

$$\text{Promedio} = \text{Promedio} =$$

Para 35 ° C: Para 38 ° C:

$$T_1 = = T_1 = =$$

$$T_2 = = T_2 = =$$

$$T_3 = = T_3 = =$$

$$T_4 = = T_4 = =$$

$$\text{Promedio} = \text{Promedio} =$$

El error promedio se calcula con:

Error = temperatura del termómetro patrón – Temperatura del termómetro a calibrar

Error promedio = Errores en cada termómetro / número de lecturas

Punto de ajuste 25°C

Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetalico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termo-resistencia (°C)
	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar

Total
Error Prom= Total / n

Punto de ajuste 30°C

Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetalico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termo-resistencia (°C)
	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar

Total
Error Prom= Total / n

Punto de ajuste 35°C

Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetalico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termo-resistencia (°C)
	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar

Total
Error Prom= Total / n

Punto de ajuste 38°C

Termómetro patrón (°C)	Termómetro bimetalico (°C)	Termómetro de columna (°C)	Termo-resistencia (°C)
	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar	Tpatrón – T a calibrar

Total
Error Prom= Total / n

- Transformar los valores promedio de resistencia en Ohms a unidades de temperatura en °C usando los valores de los parámetros ajustados (T ajustada):

$$T = (R - A) / (B)$$

$$25^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$30^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$35^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$38^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

- Calcular las temperaturas usando parámetros reportados por el fabricante de termoresistencias (T_{ideal}) y el % de Error de ajuste. El proveedor de la resistencia reporta un valor de $R_o = 100$ y un valor de $\alpha = 0.00385$, cuando T está en grados centígrados.

$$T = (R - A) / (B)$$

$$A = R_o =$$

$$B = \alpha R_o =$$

$$25^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$30^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$35^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

$$38^{\circ}\text{C } T = \quad = \quad =$$

% de Error de ajuste

Termómetro patrón ($^{\circ}\text{C}$)	Resistencia (ohms)	Tajustada $T = (R - A) / (B)$	Tideal $T = (R - 100) / (B)$	% Error de ajuste
25				
30				
35				
38				

- Calcular para la termo-resistencia las temperaturas promedio en ohms usando los parámetros R_o y α que obtuvo de la regresión lineal.

$$R = A + BT$$

	ajustada $R = A + BT$	Temperatura de la termo-resistencia en ohms
25 $^{\circ}$		
30 $^{\circ}$		
35 $^{\circ}$		
38 $^{\circ}$		

OBSERVACIONES:

CONCLUSIONES:

BAÑO TERMOSTÁTICO ABIERTO CON SUMIDERO DE CALOR

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA

MANUAL DE PRÁCTICAS DE TERMODINÁMICA

1

Pared diatérmica

Pared adiabática

110.9

-30

110

10

0

10

30

50

70

90

110.9

TERMORESISTENCIA

TERMÓMETROS DE COLUMNA

MEDIDOR DE

RESISTENCIA.

MULTÍMETRO.

TERMÓMETRO

BIMETÁLICO

1

2

3

4

- **AGITADOR CIRCULAR TERMORESISTENCIA**
- **TERMÓMETRO DE PRECISIÓN**
- **CONTROLADOR DE TEMPERATURA**
- **ENCENDIDO / APAGADO**