

INSTANCIA NACIONAL 1998.

PRUEBAS TEÓRICA Y EXPERIMENTAL.

PRUEBA TEÓRICA.

Problema 1: Un tendido eléctrico... para Olimpiadas

Suponga que Ud. Es un funcionario del Ministerio de Obras Públicas que debe supervisar una importante empresa internacional en la construcción de una central hidroeléctrica de 600 MW de potencia. La energía producida será utilizada para abastecer a una ciudad distante 1000 km de la central. Como parte de sus funciones, Ud. Debe definir las características de la construcción de la línea que realizará el transporte de la energía, para ello deberá resolver los problemas que se detallan a continuación:

a) Voltaje de transmisión:

La energía se transportará como corriente alternada con una frecuencia de 50 Hz por medio de un conductor cilíndrico que no deberá superar los 2,50 cm de diámetro. Se deberá elegir entre dos valores de voltajes permitidos

- i) 220 V, es decir, al mismo valor que se utilizará en la ciudad.
- ii) 500 kV, debiéndose recurrir a una estación de rebaje de voltaje para llevar este valor hasta el de utilización de 220 V en la ciudad.

Si la potencia disipada en el transporte no puede superar el 12% del valor total producido en la central,

- a1) elija el valor del voltaje más adecuado para el transporte. Justifique su elección
- a2) determine el diámetro mínimo del cable que satisface la condición sobre la potencia disipada.

Suponga para sus cálculos que la resistencia eléctrica del conductor cilíndrico se puede calcular con las fórmulas para corriente continua despreciando así los efectos peliculares de la corriente alterna. Ésta es una aproximación muy gruesa y se hace para simplificar el tratamiento del problema.

b) Material del conductor utilizado para el transporte:

Para el voltaje elegido en el punto a1), **determine el radio mínimo del conductor, si en vez de utilizar uno de Cobre, se utiliza uno de Aluminio.**

c) Altura a la que deben colocarse los conductores:

Debido a que los conductores que transportan la energía deben atravesar poblados y campos con hacienda, es necesario que las condiciones de transporte de energía eléctrica cumplan con las normas internacionales que determinan que las personas y/o animales no pueden estar expuestos a campos magnéticos (adicionales al terrestre) cuya intensidad supere los 0,5 Gauss.

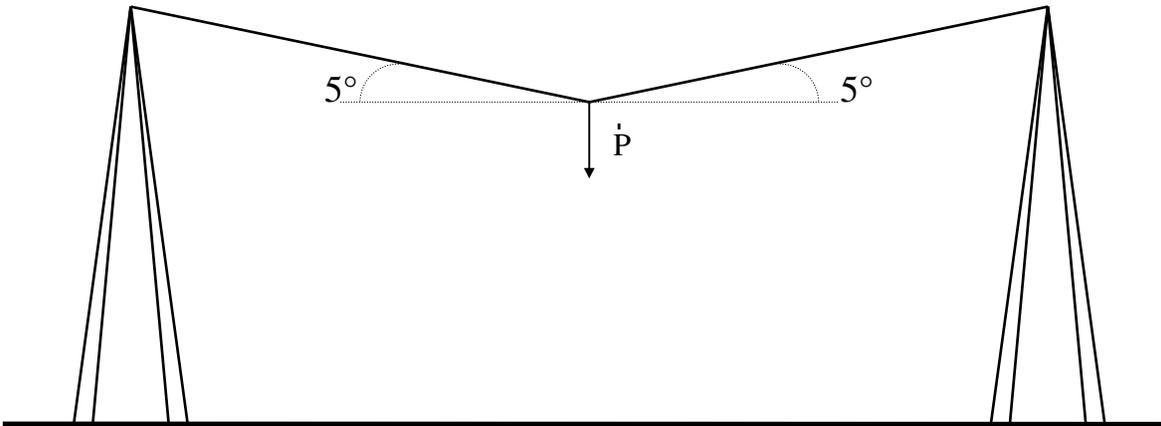
Determine la altura mínima a la que deben estar los conductores de manera tal de cumplir con estas normas.

d) Separación a la cual deben colocarse las columnas que sostienen a los conductores:

Un elemento importante, que determina el costo de la instalación, es el número de columnas necesarias para el tendido de cables. Teniendo en cuenta que la tensión mecánica a la cual pueden estar sometidos los conductores no debe superar el 4% de la tensión mecánica máxima que soporta el material, **determine la distancia a la que deben estar separadas las columnas que sostienen a los conductores en los siguientes casos:**

- i) conductores de cobre;
- ii) conductores de aluminio.

Una manera simple de encarar la realización de estos cálculos y que dá resultados suficientemente precisos, es suponer que la configuración de carga es tal que los cables tienen todo su peso concentrado en su punto medio y que forman un ángulo de 5° con la horizontal, como se muestra en la figura



Datos accesorios

	Cobre (Cu)	Aluminio (Al)
Densidad (δ) [kg/m^3]	8940	2702
Resistividad (ρ) [$\Omega \text{ m}$]	$17,4 \cdot 10^{-9}$	$28,2 \cdot 10^{-9}$
Tensión Mecánica Máxima [Mpa]	300	100

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Weber}/(\text{A m})$$

$$1 \text{ Gauss} = 10^{-4} \text{ Weber/m}^2$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Problema 2: El Helio un gas “ideal”... para olimpiadas

El helio (He), a presión atmosférica normal P_0 , es líquido hasta la temperatura absoluta $T_0 = 4.22\text{ K}$ ($= -268.93^\circ\text{C}$). Por encima de T_0 , el helio gaseoso se comporta como un gas ideal monoatómico. Los recipientes usados para contener helio líquido tienen la forma mostrada esquemáticamente en la figura 1.

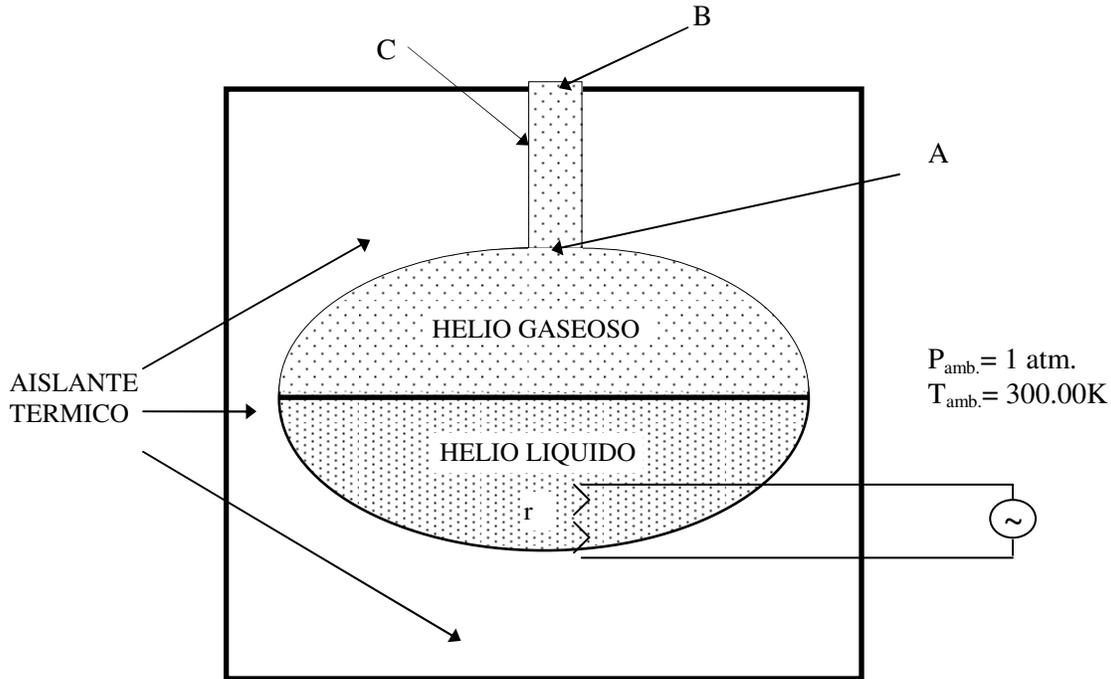


Figura 1

a) El calor que llega al helio líquido desde el exterior lo hace a través del tubo C. Considere que ingresa calor al He líquido a razón de *1(un) joule por segundo*. Si el He gaseoso sale *lentamente* a través de C, se puede considerar que la presión en A y B es la misma. En estas condiciones, se observa que la temperatura del gas en el punto B es igual a la temperatura ambiente, $T_{amb} = 300.00\text{ K}$ ($= 26.85^\circ\text{C}$). Se pide:

Calcular la masa de gas que se escapa por segundo.

b) Suponga ahora que mejoramos la aislación térmica del tubo C, evitando el intercambio de calor con el exterior y manteniendo la presión del He gaseoso igual a *1 atm*. Al mismo tiempo usamos una resistencia eléctrica r, que disipa *1 joule por segundo*, en el seno del He líquido. En estas condiciones:

¿Cuánta masa de He líquido se evapora por segundo?

c) Analice ahora la situación en la que aumentamos el calor disipado en la resistencia eléctrica r de tal forma que aumente la presión en el He gaseoso hasta *1.05 atm*. En estas condiciones, una cierta masa de He gaseoso se escapa hacia el exterior con velocidad de salida en B igual a v_B . Suponga que esta fuga de gas, desde A hasta B, se produce sin intercambio de calor con el exterior y que el gas puede considerarse en reposo en A.

Calcular la temperatura del gas en B si la presión en ese punto sigue siendo $P_B = 1 \text{ atm}$.

d) En las condiciones del punto c)

Calcular la velocidad v_B .

Ayudas:

1) Cuando el helio gaseoso es considerado un gas ideal, y además no intercambia calor con el exterior, entonces su presión P y volumen V están relacionados por la ley

$$PV^{5/3} = \text{cte}$$

2) Cuando una cierta masa de He gaseoso, dada en número de moles n , se escapa al exterior en las condiciones del punto c), se verifica que la cantidad $E = \frac{5}{2}nRT + \frac{1}{2}nMv^2$ se mantiene constante en toda sección transversal del tubo C. En la ecuación anterior, v es la velocidad del gas en la sección considerada.

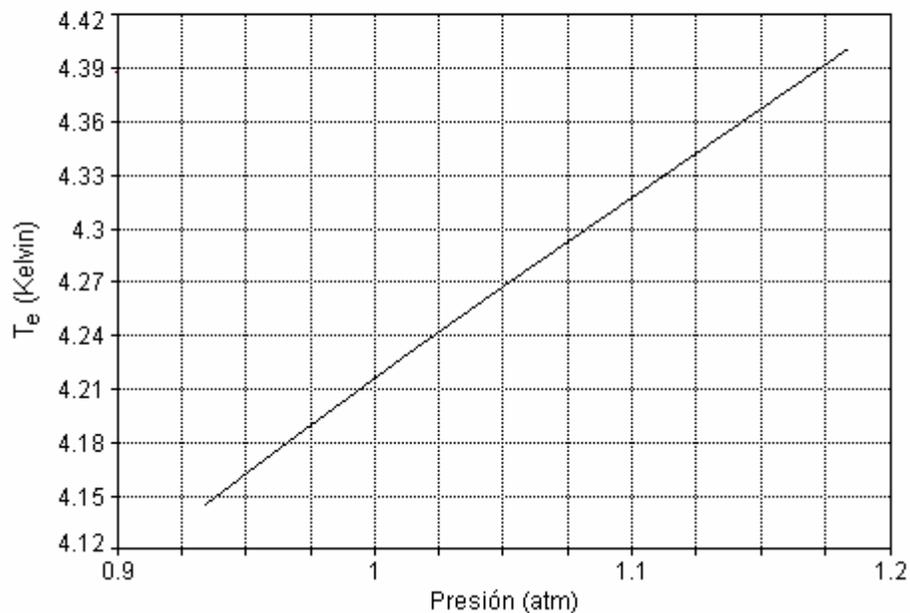
Datos:

c_p : calor específico a presión constante
 L : calor latente de vaporización del helio
 R : constante de los gases ideales
 M : masa molar del Helio

$c_p = 5.19 \text{ joule/g K}$
 $L = 20 \text{ joule/g}$
 $R = 8.314 \text{ joule/K mol}$
 $M = 4.003 \text{ g/mol}$

Figura 2

Temperatura de ebullición T_e del He en función de la presión



Problema 3: La física del arco iris

El ejemplo mas interesante de dispersión cromática de la luz es el arco iris. El primer modelo simple es atribuído a Descartes que explica el fenómeno con ayuda de la óptica geométrica. En dicho modelo se consideran exclusivamente la refracción y reflexión de rayos de luz provenientes del sol, en gotas de agua esféricas (lluvia o niebla) en la dirección opuesta al sol (Ver figura). Durante días de lluvia, en condiciones favorables, es posible observar, a veces, dos arcos iris concéntricos. El más intenso, que llamaremos principal, es producido por rayos de luz que son refractados al ingresar en las gotas, luego reflejados una sola vez en la superficie interior de las gotas y finalmente refractados al salir de las gotas. Como en un prisma, la primera refracción separa la luz del sol en sus colores componentes y la segunda incrementa esa separación.

a) **Dibuje el recorrido que sigue el rayo de luz mostrado en la figura, considerando una única reflexión en la superficie interna de la gota.**

b) **Indique, en el dibujo anterior, los ángulos de incidencia, refracción y reflexión que interesan para describir el recorrido del rayo.**

c) **De una expresión para el ángulo de desviación δ de dicho rayo, en función del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción.**

e) **Muestre que la relación entre el ángulo de desviación δ y (d/R) (donde R es el radio de la gota y d es la distancia del rayo incidente al centro de la gota) está dada por:**

$$\delta = 2 (2 \arcsen (d/nR) - \arcsen (d/R)) \quad (1)$$

donde n es el índice de refracción en el agua y hemos utilizado $\arcsen(C) = \theta$ para indicar un ángulo θ cuyo seno vale C

e) Que un arco iris sea visible, depende de la cantidad de rayos de luz que sean desviados aproximadamente con el mismo ángulo δ , es decir, dentro de un intervalo angular pequeño (mientras más rayos haya dentro de dicho intervalo mayor será la intensidad observada y por lo tanto será más factible observar el arco iris). De la gráfica de δ en función de d/R se observa que los rayos que inciden con un valor de d tal que d/R está entre 0.8 y 0.9 se desvían aproximadamente con el mismo ángulo δ , o sea, dentro de un intervalo angular pequeño. Estos rayos, que emergen con ángulos de desviación próximos al máximo valor de δ , pueden producir una intensidad suficiente como para poder ser vistos por nuestros ojos. El ángulo de máxima desviación, como se ve de (1), depende del color.

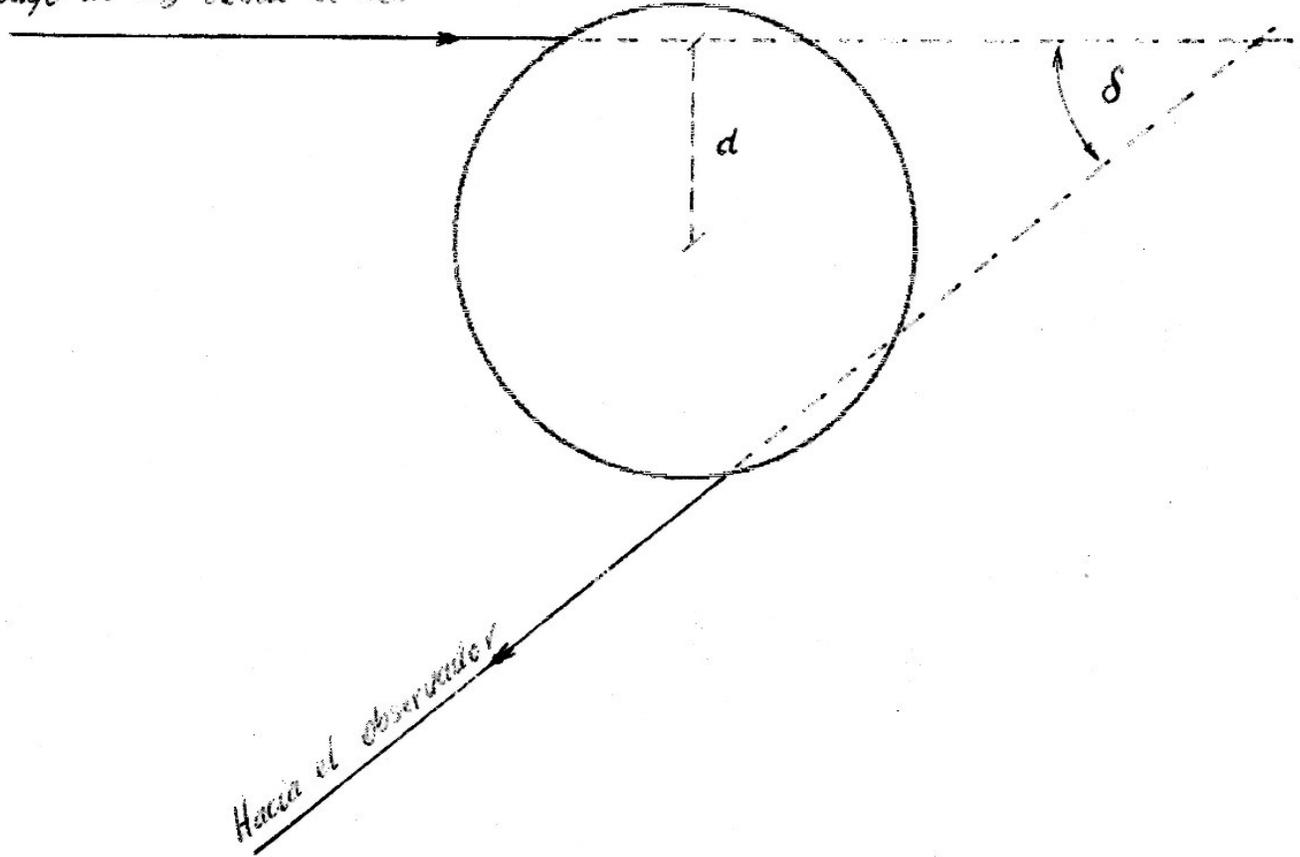
Obtenga un valor aproximado del máximo de δ para el color rojo ($n_R = 1.3307$)

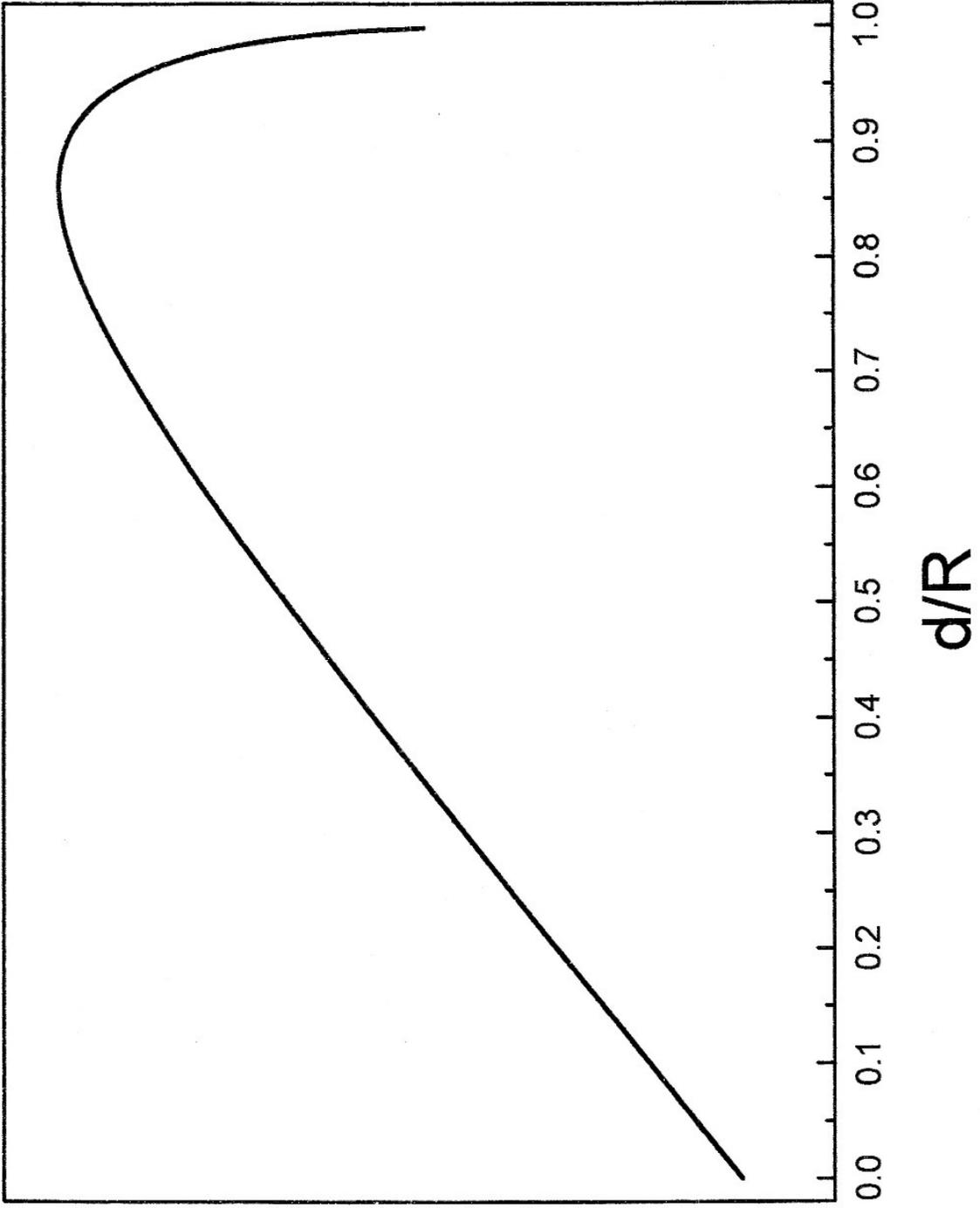
f) Por lo expuesto en e), todas las gotas que envían al observador rayos de un mismo color se encuentran en una superficie cónica, con una apertura angular igual a la que Ud. Acaba de determinar.

Imagine ahora que el observador se encuentra parado en la cima de una colina, a la hora de la puesta del sol y observa un arco iris primario causado por gotas de lluvia que se encuentran a 2 Km de distancia. El valle se localiza a 500 m por abajo de la cima y es completamente plano.

Calcule la fracción de la circunferencia del arco iris visible al observador

Rayo de luz desde el sol





δ

PRUEBA EXPERIMENTAL

Estudio del enfriamiento de un cuerpo

1.- Objetivo:

Encontrar experimentalmente la ley de enfriamiento de un cuerpo dado.

2.- Introducción

Para determinar la ley, objeto de esta prueba, es necesario medir como varía la temperatura del cuerpo en función del tiempo.

En general, las mediciones de temperatura se realizan en forma indirecta, utilizando la variación de alguna de las propiedades físicas de los materiales, con la temperatura. En el caso más usual se usa la dilatación volumétrica del mercurio como índice termométrico. Cuando se utiliza una termocupla como termómetro, el índice de temperatura está dado por la diferencia del potencial eléctrico que se mide entre los terminales de la misma. Una termocupla consta de un par de alambres de distintas aleaciones metálicas, soldados entre sí en uno de sus extremos (punto A) y unidos a conectores de cobre en los extremos B y C, como se ejemplifica en la figura 1. Cuando el extremo soldado A está a una temperatura distinta que los extremos de referencia B y C, entre los terminales de la termocupla (puntos D y E) puede medirse una diferencia de potencial que es proporcional a la diferencia de temperatura existente entre la soldadura A y los extremos de referencia B y C. Para utilizar la termocupla como termómetro, es necesario realizar previamente su calibración, la cual permitirá relacionar diferencias de potencial (en mV), con temperaturas (en °C). La calibración se realiza midiendo las diferencias de potencial correspondientes a diferentes temperaturas conocidas.

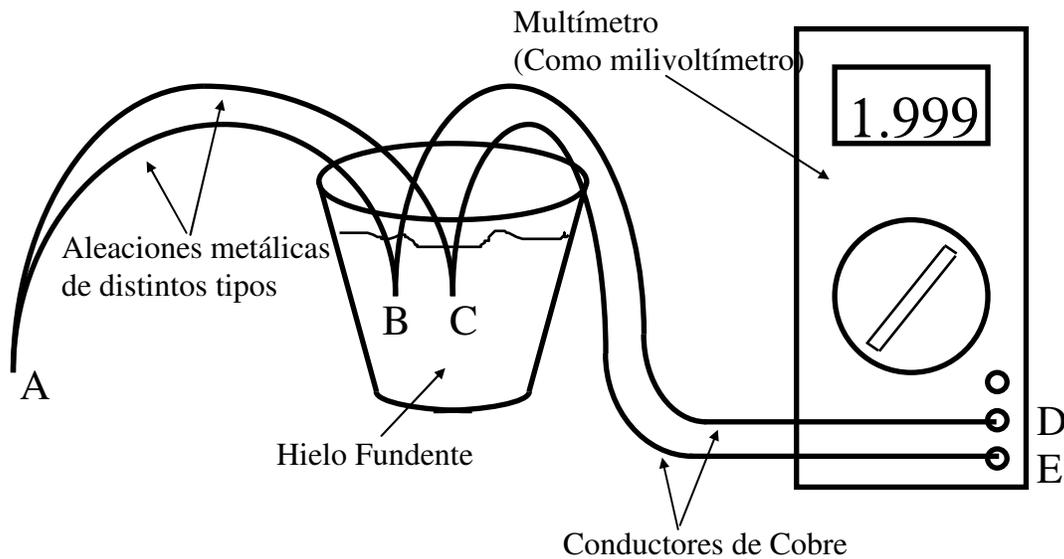


Figura 1

3.- Lista de Materiales

- Un calefactor
- Una termocupla
- Un multímetro

- Un cronómetro
- Tres muestras patrones de alcohol, hielo y agua utilizadas para la calibración.
- Dos recipientes de vidrio (vickers).
- Un cilindro de aluminio
- Una pinza de depilar
- Un recipiente de telgopor
- Papel milimetrado
- Regla
- Material aislante

4.- Procedimiento Experimental

4.1.- Calibración de la Termocupla

Para calibrar la termocupla proceda de la siguiente manera:

- Conecte los terminales D y E de la termocupla al multímetro
- En el multímetro elija la escala de 200 mV (DC)
- En el recipiente de telgopor coloque hielo molido (hielo fundente) para utilizarlo como temperatura de referencia (0 °C)
- En el interior del calefactor coloque un vicker conteniendo agua
- Coloque la punta soldada A de la termocupla en el agua y las terminales de referencia B y C en el hielo fundente (recipiente de telgopor)
- Conecte el calefactor a 220 V
- Mida el voltaje correspondiente a la temperatura de ebullición del agua
- Coloque ahora en el calefactor un vicker conteniendo alcohol y mida el voltaje correspondiente a la temperatura de ebullición de éste.
- Desconecte el calefactor.**
- Mida el voltaje correspondiente a la temperatura del hielo fundente
- Confeccione una tabla con los valores medidos de voltaje (V) y sus correspondientes valores de temperatura (T)
- En un sistema de ejes temperatura - voltaje marque los puntos correspondientes a los valores de la tabla anterior
- Trace una recta que mejor ajuste a los puntos marcados.

La recta trazada es la de calibración que permitirá obtener los valores de temperatura correspondientes a los valores de voltaje que se midan.

LA TERMOCUPLA ESTÁ AHORA CALIBRADA.

4.2.- Medición de la temperatura de un cuerpo durante su enfriamiento

PRECAUCIÓN: No mantenga el calefactor enchufado más de 20 minutos.

- Determine la temperatura ambiente (T_{amb}) midiendo el voltaje correspondiente
- Con el calefactor apagado, coloque el cilindro de aluminio en su interior e introduzca la punta de la termocupla A en el orificio que contiene grasa siliconada (blanca), que garantiza el contacto térmico.
- Conecte el calefactor a la línea de 220V.

- iv) Caliente el cilindro hasta que la lectura del multímetro indique 4.5 mV.
- v) **Desconecte el calefactor rápidamente.**
- vi) Con ayuda de la pinza retire inmediatamente el cilindro del interior del calefactor y colóquelo sobre un aislante cerámico como se indica en la Figura 2.
- vii) Mida el voltaje de la termocupla en función del tiempo t.
- viii) Confeccione una tabla T vs t para el enfriamiento del cuerpo.
- ix) Grafique el logaritmo natural de $(T - T_{amb})$ en función del tiempo.
- x) Escriba la función que representa la dependencia de la temperatura con el tiempo (Ley de enfriamiento).
- xi) Determine los valores de las constantes que intervengan en la ley encontrada en el punto anterior
- xii) Exprese en pocas palabras el significado físico de las constantes calculadas en el punto xi).

Nota: describa detalladamente los criterios utilizados en la determinación de los errores.

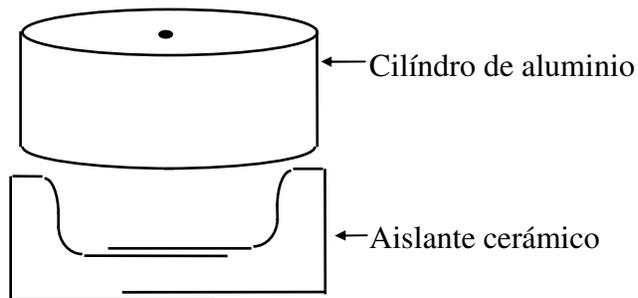


Figura 2

Uso del cronómetro:

- Botón A:** Activa y desactiva el cronómetro (Start/Stop).
- Botón B:** Selecciona el modo del cronómetro (**NO TOCAR**).
- Botón C:** Vuelve a cero el cronómetro.

