**Facultad de Matemática, Astronomía y Física**
**Universidad Nacional de Córdoba**

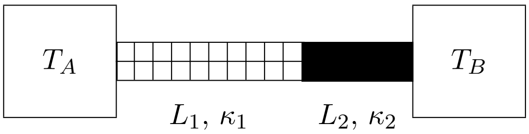
Profesorado en Física, Licenciatura en Física y Astronomía

# Física General II

## Guía N°5: Transferencia del Calor

**Problema 1:** Una pared de concreto, que tiene una superficie de $30\,\mathrm{m}^2$ y $0{,}3\,\mathrm{m}$ de espesor, separa el aire cálido interior del frío exterior. La temperatura de la superficie interior de la pared es $25^o$C, mientras que la de la superficie exterior está a $-15^o$C. La conductividad térmica del concreto es $\kappa = 0{,}002\,\mathrm{cal/(s\ \ cm\ {}^oC)}$. Calcular la corriente de calor a través de la pared en vatios.

**Problema 2:** Dos barras de idénticas secciones, pero diferentes materiales y longitudes, se ponen en contacto térmico a través de uno de sus extremos; estando su superficie lateral térmicamente aislada. Los otros extremos libres de las barras están en contacto térmico con fuentes de calor a diferentes temperaturas constantes, como se muestra en la figura. Se analiza la situación cuando todo el sistema se encuentra en estado estacionario.




**a)** Calcular la temperatura en la superficie de contacto entre las barras.

**b)** Escribir una expresión para la corriente de calor que fluye por las barras usando la diferencia de temperaturas $(T_A - T_B)$.

**c)** Determinar el calor que por unidad de tiempo es transferido en los extremos de las barras.

**d)** Generalizar la expresión obtenida en el punto anterior para el caso en que se unan de igual manera un número arbitrario de barras.

**e)** Repertir lo anterior para el caso $L_1 = L_2$ con las barras aisladas dispuestas en paralelo.

**Problema 3:** Una barra cilíndrica de longitud $L$ esta formada por un cilindro macizo de radio $R_i$ de un material cuya conductividad térmica es $\kappa_i$ y rodeado por una capa cilíndrica de otro material cuya conductividad térmica es $\kappa_e$ y su radio exterior $R_e$. La superficie externa de la última capa está aislada térmicamente del exterior. Los extremos libres de las barras están en contacto térmico con fuentes de calor a diferentes temperaturas constantes.

**a)** Calcular la corriente calórica total en la barra en régimen estacionario.

**b)** ¿Qué fracción de calor fluye por cada material?

**Problema 4:** Un *tubo cilíndrico* largo tiene radio interior $r_1 = 10\,\mathrm{cm}$ y radio exterior $r_2 = 20\,\mathrm{cm}$. Las superficies interior y exterior del tubo se mantienen a temperaturas $T_1 = 30^o\mathrm{C}$ y $T_2 = 0^o\mathrm{C}$, respectivamente.

**a)** ¿Cuál es la distribución radial de temperaturas si el coeficiente de conducción del calor del material del cilindro es $\kappa = 1{,}2\,\mathrm{W/(m\ ^oC)}$.

**b)** ¿Cuál es el flujo de calor por unidad de longitud a través del cilindro en la dirección radial?

**c)** Repetir los items **(a)** y **(b)** considerando ahora un *cascarón esférico* del mismo material y nuevamente la superficie interior con radio $r_1$ a $T_1$ y la exterior de radio $r_2$ a $T_2$.

**Problema 5:** Considerando una barra recta cuya superficie lateral está térmicamente aislada, demostrar la validez de la *ecuación de difusión del calor*, la cual expresa que

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\kappa}{\rho\, c}\,\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}\,,$$

donde $\kappa$ es la conductividad térmica de la barra, $c$ su calor específico, $\rho$ la densidad de masa y $\theta(x,t)$ es la función que describe el perfil de temperatura de la barra en función del tiempo.

**Problema 6:** Suponer una barra de cobre de longitud $L = 10\,\mathrm{m}$ y sección transversal $A = 1\,\mathrm{cm}^2$, aislada térmicamente en toda su longitud, cuyos extremos se mantienen a temperatura constante igual a $0^o\mathrm{C}$. La distribución inicial de temperaturas a lo largo de la barra está dada por $T(x) = 100^o\mathrm{C}\ \mathrm{sen}(\pi x/L)$.

La conductividad térmica del cobre $\kappa = 0{,}92\,\mathrm{cal/(s\ cm\ ^oC)}$, su calor específico $C = 0{,}093\,\mathrm{cal/(g\ ^oC)}$ y su densidad $\rho = 8{,}96\,\mathrm{g/cm^3}$.

**a)** Graficar la distribución inicial de temperatura en la barra.

**b)** Determinar la distribución final de temperatura después de que se alcanza el equilibrio.

**c)** Trazar un esquema *cualitativo* de la distribución de temperatura en la barra correspondiente a tiempos intermedios.

**d)** ¿Cuál es el gradiente de temperatura inicial en los extremos de la barra?

**e)** ¿Cuál es el flujo de calor (o corriente) inicial saliente por los extremos de la barra hacia los cuerpos que están en contacto con sus extremos?

**f)** ¿Cuál es la corriente de calor inicial en el centro de la barra? ¿Cuál será el valor de la corriente de calor en este punto para cualquier tiempo posterior? Justificar la respuesta.

**g)** ¿Cuál es el valor inicial de la derivada de la temperatura con respecto al tiempo en el centro de la barra?

**h)** La derivada de la temperatura con respecto al tiempo en el punto medio de la barra, ¿permanecerá constante, aumentará o disminuirá? Explicar.

**i)** Dar una estimación del tiempo necesario para que la barra alcance su temperatura final.

**Problema 7:** Una barra de sección uniforme $A$, perímetro $P$ y longitud $L$ tiene sus extremos en contacto con dos fuentes de calor cuyas temperaturas son $T_A$ y $T_B$ ($T_A > T_B$). La barra se encuentra en un ambiente cuya temperatura se mantiene constante en $T_0$. El coeficiente de convección térmica de la barra hacia el exterior es $h$ y el coeficiente de conducción del calor es $\kappa$.

**a)** Determinar la función $T(x)$ que describe la temperatura de la barra, en el estado estacionario, para el caso en que la barra está recubierta por un material térmicamente aislante.

**b)** Calcular el valor de la corriente calórica en cada uno de sus extremos bajo las condiciones anteriores.

**c)** Determinar la función $T'(x)$ (en el estado estacionario) que describe la temperatura de la barra, si se retira el material aislante que la recubre, para el caso en que la temperatura $T_B$ es igual a la temperatura ambiente $T_0$.

**d)** ¿Cuál es el valor de la corriente calórica en cada uno de sus extremos en esta nueva situación?

**e)** Calcular el flujo de calor por unidad de tiempo que se emite por la superficie lateral de la barra.

**Problema 8:** En un ambiente, cuya temperatura se regula a $20^o$C, tenemos una barra de cobre de sección cuadrada, de 2 cm de lado y 100 cm de largo. Esta barra está aislada térmicamente en toda su longitud y sus extremos se mantienen en contacto térmico con dos recipientes, uno de los cuales contiene vapor de agua a $100^o$C y el otro hielo a $0^o$C.

La conductividad térmica del cobre es 0,92 cal/(s cm $^o$C), su calor específico 0,093 cal/(g $^o$C) y $h = 5 \times 10^{-4}$ cal/(s cm$^2$ $^o$C).

**a)** Calcular la velocidad de condensación del vapor y de fusión de hielo.

**b)** Suponiendo que se quita el recubrimiento aislante de la barra. Plantear la ecuación diferencial que debe satisfacer la función $T(x, t)$ y establecer cuáles son las posibles soluciones de la misma.

**Problema 9:** Una barra delgada, aislada térmicamente del medio ambiente, se conecta en uno de sus extremos con un reservorio térmico compuesto por hielo fundente y en el otro con un cuerpo de calor específico $c$ y masa $m$; el cual se encuentra inicialmente a una temperatura $T_0$ y también está térmicamente aislado del medio. Se asume que la capacidad calorífica de la barra es muy pequeña comparada con la del cuerpo. Encontrar una expresión para la temperatura del cuerpo en función del tiempo e indicar cuál es el tiempo de relajación característico del sistema. Suponer conocidos $\kappa$, la sección transversal, $A$, y la longitud, $L$, de la barra.

**Problema 10:** Un transformador eléctrico está sumergido en un tanque cilíndrico lleno de aceite para refrigerarlo. El tanque tiene 60 cm de diámetro y 1 m de altura. las tapas del cilindro son planas. Si el tanque sólo transfiere calor al aire que lo rodea por convección, y las pérdidas de potencia eléctrica que deben disiparse son de 1 KW, ¿qué diferencia de temperatura se mantendrá entre el aire atmosférico y la superficie del tanque? Utilizar valores de tabla.

**Problema 11:** Calcular la temperatura que deberían alcanzar los planetas Marte y Plutón, suponiendo solamente equilibrio radiativo con el sol. Se sabe que la radiación que incide sobre la Tierra proveniente del sol es de $1400\,\mathrm{W/m^2}$. Suponer que se conocen las distancias del sol a cada planeta. Suponer además que los planetas y el sol se comportan como cuerpos negros.

**Problema 12:** Un pequeño satélite esférico está orbitando alrededor de la tierra, a una distancia lo suficientemente lejana como para que la densidad de energía radiativa que le llega de ésta sea despreciable comparada con la que le llega del sol. Cuando el satélite entra a la zona de sombra de la Tierra. ¿Cuál será su tasa de enfriamiento inicial? La masa del satélite es $m = 103\,\mathrm{Kg}$, su calor específico $c = 103\,\mathrm{J/(Kg\ K)}$, su radio $R = 1\,\mathrm{m}$ y la temperatura sobre su superficie es uniforme.

**Problema 13:** Un caño no aislado de diámetro $D = 7\,\mathrm{cm}$, emisividad $\epsilon = 0{,}8$ y temperatura superficial $T_s = 200^o\mathrm{C}$ se encuentra dentro de una habitación con temperatura de las paredes iguales a la temperatura del aire, $T = 25^o\mathrm{C}$.

**a)** ¿Cuál es la el flujo de energía radiado por la superficie del caño y cuál el radiado por las paredes de la habitación? Se asume que la habitación irradia como cuerpo negro.

**b)** ¿Cuál es el flujo, por unidad de longitud, de pérdida de calor del caño? El coeficiente asociado con la transferencia de calor al aire por la convección libre es $h = 15\,\mathrm{W/m^2}$.

**Problema 14:** En un determinado instante, fuera del regimen estacionario, sobre una placa incide luz infrarroja a razón de $2\,\mathrm{KW/m^2}$. La placa absorbe el 80 % de la radiación que recibe y tiene una emisividad $\epsilon = 0{,}5$. Esta placa está dentro de un horno cuyas paredes están a $30^o\mathrm{C}$ y es bañado por un flujo de aire que se mantiene a $20^o\mathrm{C}$. Si el coeficiente de convección entre la placa y el ambiente es de $15\,\mathrm{W/m^2}$, ¿cuál es la temperatura de la placa?

**Problema 15:** Un pequeño cuerpo esta encerrado en un gran recipiente al vacío, de forma tal que sólo puede intercambiar calor con las paredes del recipiente mediante radiación. Suponer que las paredes del recipiente se encuentran a temperatura $T$ constante y el cuerpo a temperatura $T + \Delta T$,

**a)** Mostrar que si $\Delta T << T$, la tasa de cambio de la temperatura del cuerpo sigue la ley de enfriamiento de Newton.

**b)** Encontrar el tiempo de relajación correspondiente a esta situación.

**Problema 16:** Un cubo de cobre, cuya temperatura inicial es $20^o\mathrm{C}$, se sumerge en un tacho de aceite cuya temperatura es $120^o\mathrm{C}$. Luego de transcurrido un minuto, se observa que la temperatura del cubo es de $50^o\mathrm{C}$. Utilizando la ley de enfriamiento de Newton determinar cuánto tiempo transcurrirá hasta que la temperatura del cubo llegue a $80^o\mathrm{C}$.

Suponer que el volumen del cubo es despreciable frente al volumen de aceite y por lo tanto la presencia del cubo no se modifica de forma significativa la temperatura del aceite.