

## CEUTEC de UNITEC

### Laboratorio de Física II: Temperatura y Calor

#### A. Ley de Enfriamiento de Newton

##### I. Objetivos

1. Comprobar la ley de enfriamiento de Newton con agua
2. Analizar una ley alterna de calentamiento

##### I. Materiales y Equipo

- Recipiente con agua y 1 kg. de hielo
- Un termómetro de Mercurio
- Equipo cobra con sensor de Temperatura
- Tubo de ensayo ancho
- 'Beaker'
- Pie estático con montaje de calor
- Mechero
- Recipiente de plástico.

##### II. Breve Resumen Teórico

Cuando un líquido a cierta temperatura se pone en contacto con un medio ambiente a distinta temperatura es un hecho experimental que el cambio temporal en la temperatura del líquido es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura, que exista en ese momento, entre el líquido y el ambiente. De forma que se cumple:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{amb}) \quad (1)$$

donde: ' $k$ ' es una constante llamada de enfriamiento o de calentamiento, según el caso y ' $T_a$ ', la temperatura del ambiente con el que se puso en contacto el líquido.

Esta ecuación diferencial tiene una sencilla solución exponencial, expresable como:

$$T(t) = T_a + Ce^{-kt}$$

donde cada ' $C$ ' representa la constante de integración. Si llamamos  $T_i$  a la temperatura inicial en cada caso, nos es posible obtener los valores de ' $C$ ' y presentar finalmente la solución como:

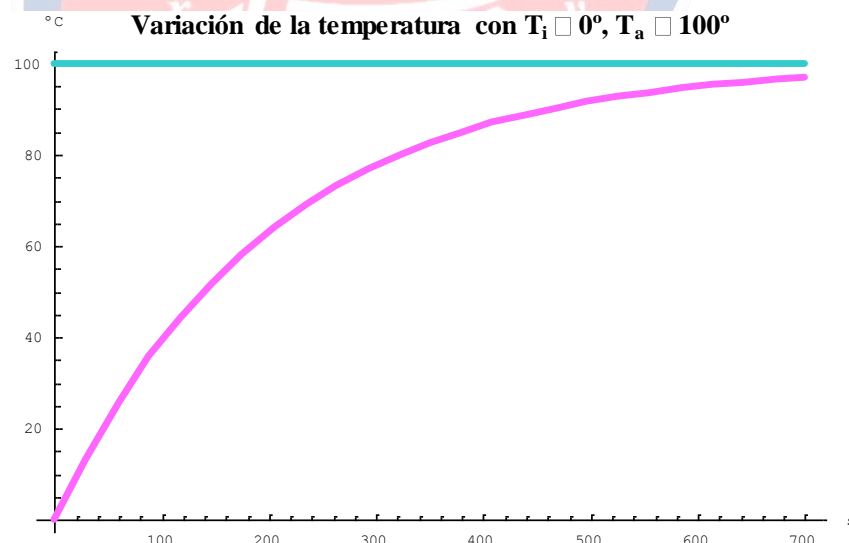
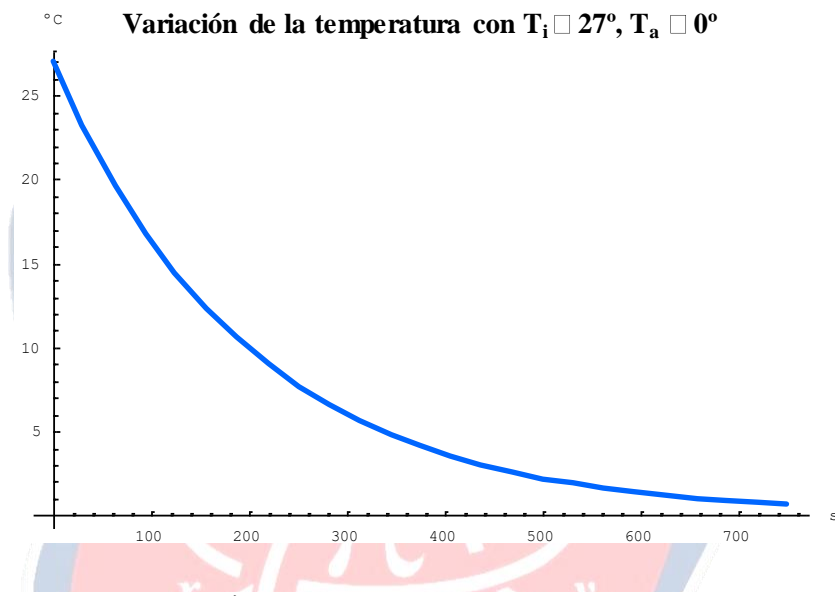
$$T(t) = T_{ambiente} + (T_{incial} - T_{ambiente})e^{-kt} \quad (2)$$

Nótese en esta expresión que:

- la diferencia entre la función de temperatura para enfriamiento y la de calentamiento estriba en que el coeficiente  $T_i - T_a$  de la exponencial es positivo en el primer caso y negativo en el otro
- en el límite de tiempo infinito, la temperatura del líquido alcanza la del ambiente:

$$T(t) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} T_a$$

La diferencia inmediatamente antes señalada (en 2. 1)) se traduce en una gráfica decreciente para enfriamiento y otra creciente para calentamiento. Sus respectivos aspectos son:



En ambas se ha usado un coeficiente ' $k$ ' de  $0.005 \text{ s}^{-1}$ , lo cual nos muestra que la temperatura del líquido alcanzaría la del ambiente después de unos **12 min**.

## II. Procedimiento Experimental

### A. Estudio de la ley de enfriamiento de Newton

1. Prepare el recipiente grande con bastante hielo (un kilogramo aproximadamente) y agua. Permita que se alcance el equilibrio térmico. Mantenga un termómetro dentro de la mezcla y comience a trabajar a partir del momento que la temperatura se estabilice; ésta será la temperatura ambiente.
2. Llene el tubo de ensayo con agua del tiempo y mida la temperatura con el termómetro de mercurio; ésta será la temperatura inicial del líquido.
3. Introduzca el sensor del cobra dentro del tubo de ensayo, asegúrese de que no toca las paredes ni el fondo del tubo de ensayo, ahora introduzca ambos en el recipiente donde tiene la mezcla hielo-agua asegurándose de que toda el agua en el tubo se halla sumergida en la mezcla hielo-agua del recipiente.
4. Cada 10 segundos registre la temperatura en el interior del tubo de ensayo. Al final de esta parte guarde estos datos para que haga una tabla con el suficiente número de registros de modo que dicha tabla permita observar la llegada del momento en que la temperatura del líquido alcanzó la del ambiente en la que se encontraba.
5. No saque el tubo de ensayo ni el sensor de la mezcla hielo-agua.

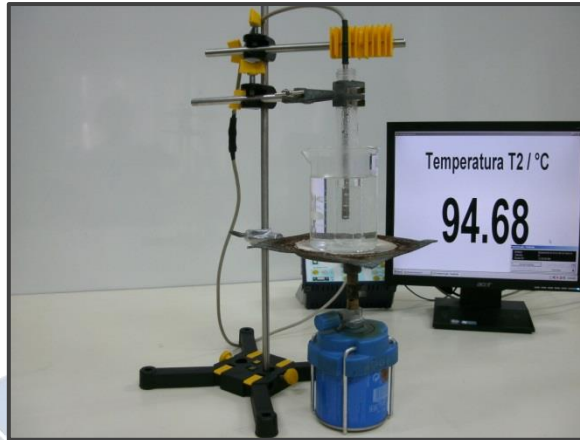


### B. Comportamiento creciente de la temperatura con el calentamiento

1. Al comenzar con la actividad A. valdrá la pena, por razones de tiempo, que vaya calentando agua en el 'beaker' con el montaje del pie estático y el mechero.
2. Una vez que empiece a hervir el agua introduzca un termómetro de mercurio para tomar la temperatura final ambiente; con sumo cuidado y con la precauciones que le indicara su instructor saque de la mezcla hielo-agua el tubo de ensayo e introdúzcalo en el 'beaker' que esta con el agua en ebullición, (tenga en cuenta aquí de nuevo las dos precauciones que se señalan en A.3).
3. Otra vez el programa del sensor del cobra tomara registro de las temperaturas cada **11** segundos, la cual le servirá para la tabla temperatura-tiempo, comenzando, como es

lógico con el registro:  $T_{inicial} (actividad B) (= T_{final} (actividad A))$  vs 0 seg.

4. Cuando se haya alcanzado el equilibrio entre el agua del tubo con la del 'beaker', terminan sus registros.



### C. Observaciones importantes

Siempre recuerde que la aparición ineludible de los errores aleatorios obliga a repetir las experiencias un número tal de veces que se asegure que el error estadístico alcanza el límite confiable.

## III. Registro de Datos

1. Registre las temperaturas ambiente e iniciales en ambas actividades, de forma que aparezcan muy claras en su reporte.
2. Las tablas temperatura vs. Tiempo de ambas actividades.
3. Todo, como ya se ha recordado, ha de incluir la información sobre mediciones, desviaciones, errores, etc.

## III. Cálculos

Una vez que haya hecho las gráficas, calculará los coeficientes 'k'.

## IV. Resultados

1. Gráficos temperatura vs. tiempo para ambas actividades
2. Mediante mínimos cuadrados, grafique las rectas:

$$\ln \left( \frac{T(t) - T_a}{T_i - T_a} \right) = -kt$$

3. Valor de cada coeficiente 'k', comparación con el valor 'teórico' (éste habrá de investigarlo: con facilidad lo debe poder obtener a través de 'Internet') y discusión correspondiente.

#### IV. Cuestionario

1. ¿Qué cantidades cambiarían si la experiencia se hubiera realizado en San Lorenzo, Valle? Explique.
2. Suponga que en lugar del tubo de ensayo se introdujo en la mezcla agua-hielo un trozo de una varilla de hierro al rojo vivo. Asuma que: 1) la parte de la varilla no sumergida queda al vacío, no en contacto con el aire y, 2) la mezcla hielo-agua es suficiente de modo que su temperatura siempre permanezca constante, a pesar de la presencia de la varilla. ¿Cómo variaría la temperatura a lo largo de la longitud de la varilla? (*Investigue sobre conducción calorífica*)
3. Si, en las mismas condiciones, realiza esta experiencia con glicerina en el tubo de ensayo, ¿qué cantidad debe cambiar en la ley de enfriamiento o en la de calentamiento?
4. En lo experimentado por usted se ha dado una situación real en el tiempo que no se ajusta al modelo exponencial –aparte de los errores estadísticos que se puedan reflejar al graficar-. Indique dónde se halla esta diferencia.

#### B. Calibración de un Termómetro

##### I. Objetivos

Realizar la escala en grados Celsius en un termómetro sin graduar.

##### II. Materiales

- Trípode variable Vaso de precipitados de 250ml
- Cinta métrica
- Mechero de butano
- Fósforos
- Hielo (con martillo y paño)
- Termómetro graduado
- Varilla soporte 600mm
- Varilla soporte 250mm
- Nuez doble
- Aro con nuez.
- Rejilla con porcelana
- Termómetro sin graduar
- Termómetro de Mercurio

##### III. Procedimiento Experimental

###### 1. Montaje Inicial

- Realice el montaje según la imagen (de la varilla corta de soporte ha de colgar los termómetros).



- Triture en trozos el hielo con un martillo. Procure que sean lo más pequeños posible, envolviéndolas antes en un paño para que no salpiquen.
- Llene el vaso de precipitados con hielo, hasta la mitad aproximadamente, luego llene con agua hasta que ésta cubra todo el hielo.
- Coloque una tira de papel a un lado del termómetro sin graduar, péguela con cinta adhesiva.

## 2. Proceso en agua fría

- Sumerja el termómetro en el agua con hielo de manera que la punta quede completamente sumergida.
- Agite el agua y espere a que la columna líquida del termómetro se estabilice, marque la altura en la cinta de papel.
- Caliente un poco el vaso con el hielo y el agua y observe la columna del termómetro mientras haya trocitos de hielo sin fundirse.
- *Desde entonces y hasta que el proceso termine anote el comportamiento del líquido azul en el termómetro.*

## 3. Proceso en agua caliente

- Deposite en el fondo del vaso dos piedrecillas para ebullición y a continuación encienda con cuidado el mechero.
- Mientras se calienta el agua, agítela constantemente, hasta que el hielo se funda completamente.
- Siga calentando el agua hasta que hierva y, al momento de hervir, marque en el papel la segunda altura que alcanza el líquido azul.

## 4. Proceso de comparación de termómetros

- Saque el termómetro y divida el segmento marcado en 10 partes iguales y numere la escala, pero mantenga el agua hirviendo.



- Con el agua hirviendo, introduzca ambos termómetros. Apague el mechero y permita que la temperatura vaya bajando
- Siempre, manteniendo ambos termómetros en el vaso, anote y compare la graduación de la escala que ha hecho, con el termómetro normal:
  - a. cuando el agua está en ebullición (temperatura en el graduado:  $\pm 96^{\circ}\text{C}$ )
  - b. cuando se alcanzan los  $80^{\circ}\text{C}$ , y a  $40^{\circ}$  (termómetro graduado)
  - c. al llegar a la temperatura ambiente,  $25^{\circ}\text{C}$ .,
  - d. al llegar a la temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ .,
  - e. y cuando en el graduado se marcan los  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### IV. Registro de Datos

1. Del comportamiento de la columna de líquido azul
2. De las diferentes temperaturas tomadas con ambos termómetros.
3. De la escala hecha para el termómetro sin graduar.

#### V. Resultados

1. Registros de temperatura en agua con hielo y en agua hirviendo
2. Copia fiel, en el reporte, de la escala realizada en el termómetro sin graduar
3. Tabla de las temperaturas con ambos termómetros en las cuatro situaciones que pide III. 13

#### VI. Cuestionario

1. Exponga y explique el comportamiento de la columna del termómetro azul mientras duró todo el proceso.
2. A una atmósfera de presión el punto de fusión del agua es  $0^{\circ}\text{C}$  y el punto de ebullición es a  $100^{\circ}\text{C}$  ¿Estos son los valores que están representados en la escala que se realizó? ¿Por qué?
3. Si hubiera calentado el agua con el vaso tapado arriba, ¿qué hubiera observado y por qué?:
  - en el tiempo para alcanzar la ebullición
  - en la temperatura de ebullición
4. Suponga que va a construir una nueva escala, la escala que llamaremos DelCid-Sevilla, cuyos puntos fijos van a ser los mismos: fusión y ebullición del agua al nivel del mar. Al primero asocia  $90^{\circ}\text{DSy}$  al segundo,  $255^{\circ}\text{DS}$ .
  - ¿cuál sería la fórmula para relacionar la escala DelCid-Sevilla y la Celsius?
  - ¿qué valores de temperatura DelCid-Sevilla corresponderían a los Seis señalados en III.13?
5. ¿Se podría construir una escala de temperatura tomando como puntos fijos los de fusión y de evaporación del hierro? Explique