

OAF

## Olimpíada Argentina de Física

### Pruebas Preparatorias Segunda Prueba: Termodinámica

Nombre: .....

D.N.I.: .....

Escuela: .....

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de D.N.I. en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

---

### **Problema Teórico 1**

Una de las primeras estimaciones del número de Avogadro fue realizada por Lord Rayleigh en 1890. Él observó que muy pequeñas cantidades de algunos aceites se esparcen en áreas muy amplias cuando se las deposita sobre la superficie de un estanque de agua. Bajo condiciones de reposo la "mancha de aceite" es aproximadamente circular, de forma que la superficie cubierta puede calcularse midiendo su diámetro. En particular, se observa que un miligramo de ácido oleico (aceite), cuya densidad es  $0.9 \text{ g/cm}^3$ , cubre una superficie aproximada de  $0.9 \text{ m}^2$ .

a) ¿Cuál es el espesor de la capa de aceite?

b) Asumiendo que el espesor de la capa de aceite se corresponde con el diámetro molecular, que las moléculas son esféricas a los fines de la estimación y que están en contacto entre sí en la película de aceite, ¿cuál es el volumen estimado para una molécula?

c) Estimar la constante de Avogadro (número de moléculas por mol de sustancia) a partir de los datos del experimento, considerando que un mol de ácido oleico tiene una masa de  $282.5 \text{ g/mol}$ .

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



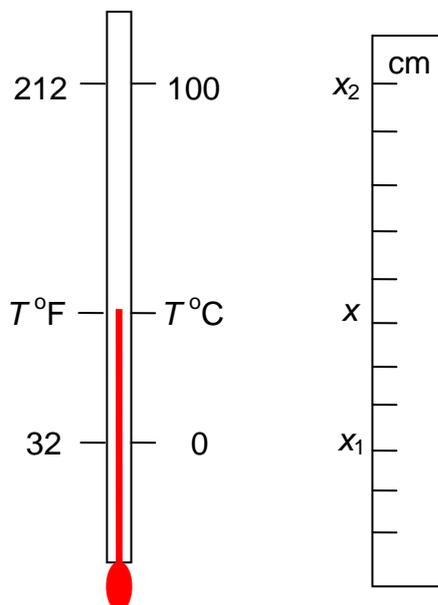
Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

## Problema Teórico 2

Históricamente se ha definido de manera empírica la temperatura  $T$  a partir de una magnitud termométrica  $x$  experimentalmente accesible. El caso más conocido en la vida diaria, por ejemplo, es cuando  $x$  representa la altura de una columna de mercurio dentro de un capilar. Lo que conocemos como termómetro de mercurio. Una definición empírica (experimental) de la temperatura es:

i) Partimos de dos puntos fijos  $(x_1, x_2)$ , a los cuales se les asignan arbitrariamente determinados valores  $(T_1, T_2)$  en la escala termométrica que se está definiendo. Luego, se establece "a priori" una relación lineal entre la magnitud termométrica medida y la temperatura  $(T = A(x - x_1) + B)$ , utilizando los puntos  $(x_1, T_1)$  y  $(x_2, T_2)$ . Para más claridad, hacemos en la figura 1 una representación gráfica para el caso de las escalas termométricas Celsius y Fahrenheit



a) Determinar los valores de las constantes  $A, B$  cuando la definición i) se aplica en la construcción de una escala termométrica cualquiera.

b) Utilizando la siguiente tabla, encontrar las expresiones que permitan convertir los grados Celsius a cada una de las otras escalas:

	°C	°F	°Ra	K
Temperatura de fusión del hielo	0	32	492	273
Temperatura de evaporación del agua	100	212	672	373

donde °C representa la escala de grados Celsius, °F la de grados Fahrenheit, °Ra la de grados Rankine, K la de grados Kelvin.

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

---

### **Problema Teórico 3**

Un recipiente, que puede considerarse adiabático (no intercambia calor con el medio ambiente), contiene 1 Kg de agua a temperatura ambiente. Un termómetro de mercurio, que se encuentra sumergido en el agua, indica que la temperatura del sistema es de  $27^{\circ}\text{C}$ . En el recipiente se vierte agua en estado de ebullición ( $100^{\circ}\text{C}$ ) y, cuando la temperatura del agua se estabiliza, el termómetro indica que la temperatura del sistema es de  $50^{\circ}\text{C}$ . La transferencia de calor al recipiente puede considerarse despreciable.

a) ¿Cuál es la masa de agua en estado de ebullición que se agregó al recipiente? Tenga en cuenta que el calor específico del agua es  $c_{\text{agua}} = 1 \text{ cal}/(^{\circ}\text{C g})$ , y la masa de agua equivalente para el termómetro de mercurio es  $m_{\text{eq}}=10 \text{ g}$ .

b) Ahora se extraen de un congelador tres cubitos de hielo, de 20 g de masa cada uno y a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , y se agregan al recipiente. Calcular la temperatura que indicará el termómetro cuando el sistema alcance el equilibrio.

Datos: Calor latente de fusión del hielo  $\lambda_{\text{hielo}} = 80 \text{ cal/g}$ , calor específico del hielo:  $c_{\text{hielo}} = 0.53 \text{ cal}/(^{\circ}\text{C g})$ ,

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



**Olimpiada Argentina de Física**



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: [oaf@famaf.unc.edu.ar](mailto:oaf@famaf.unc.edu.ar) / Página web: [www.famaf.unc.edu.ar/oaf](http://www.famaf.unc.edu.ar/oaf)

---

**Problema Teórico 1**  
**Hoja de respuestas.**

<b>inciso</b>		<b>puntaje</b>
<b>a)</b>		
<b>b)</b>		
<b>c)</b>		

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



**Olimpiada Argentina de Física**



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: [oaf@famaf.unc.edu.ar](mailto:oaf@famaf.unc.edu.ar) / Página web: [www.famaf.unc.edu.ar/oaf](http://www.famaf.unc.edu.ar/oaf)

---

**Problema Teórico 2**  
**Hoja de respuestas.**

inciso		puntaje
a)	A =  B =	
b)		

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



**Olimpiada Argentina de Física**



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

---

**Problema Teórico 3**  
**Hoja de respuestas.**

inciso		puntaje
a)		
b)		

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

## **Problema Experimental: Construcción de un termómetro de gas**

**Objetivo:** construir un termómetro de gas utilizando elementos de fácil acceso.

### **Breve descripción**

Un termómetro de gas utiliza como sustancia termométrica un gas. El principio de funcionamiento radica en que si una determinada cantidad de gas encerrada en un recinto de volumen  $V_1$ , a una presión  $P_1$  y a una temperatura  $T_1$ , se pone en contacto con un cuerpo a una temperatura  $T_2$ , con el cual alcanza el equilibrio térmico, experimenta un cambio de presión y volumen ( $P_2$  y  $V_2$ ). Ver figura.

Suponiendo que se trata de un gas ideal, el cambio de presión, volumen y temperatura cumplirá con la ecuación de estado de los gases ideales:  $P V = n R T$ , donde  $P$  es la presión del gas,  $n$  el número de moles de gas,  $V$  el volumen que ocupa y  $T$  la temperatura a la que se encuentra.

Así, para un número de moles constante de gas ideal, se cumple la relación entre las variables termodinámicas correspondientes al estado (1) y al estado (2):

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Para el caso de la figura se cumplirá que:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{atm} + \rho g h_1 \\ P_2 &= P_{atm} + \rho g h_2 \\ V_2 &= V_1 + A (h_2 - h_1) \end{aligned}$$

Donde  $P_{atm}$  es la presión atmosférica ( $1,013 \cdot 10^5$  Pa),  $\rho$  es la densidad del agua ( $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ ),  $g$  es la aceleración de la gravedad ( $9,80 \text{ m s}^{-2}$ ),  $A$  es la sección transversal del tubito,  $h_1$  y  $h_2$  con los niveles de agua en cada estado.

Con las consideraciones anteriores, se puede arribar a la siguiente aproximación:

$$\frac{T_2}{T_1} \cong 1 + \left[ \frac{\rho g}{P_{atm}} + \frac{A}{V_1} \right] [h_2 - h_1]$$

### **Consigna 1**

Realizar la construcción de un dispositivo similar al de la figura.

Es importante lograr que el sistema no tenga "pérdidas" (utilizando cera, plastilina, etc.); esto es, que no cambie la cantidad de gas encerrado en el recinto.

#### **Elementos que pueden resultar de utilidad:**

- Un recipiente con tapa (frasco estéril para análisis)
- Un sorbete o tubito fino
- Plastilina (paquete chico)
- Vela de cera (candela) y fósforos... ¡solo bajo supervisión del profesor!
- Agua

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



**Olimpiada Argentina de Física**



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: [oaf@famaf.unc.edu.ar](mailto:oaf@famaf.unc.edu.ar) / Página web: [www.famaf.unc.edu.ar/oaf](http://www.famaf.unc.edu.ar/oaf)

---

- Calentador de Agua... ¡solo bajo supervisión del profesor!
- Agua con hielo
- Termómetro áulico
- Regla
- Cinta adhesiva de papel (fina)
- Lapicera (puede ser de tinta indeleble)

### **Consigna 2**

Realizar la calibración del dispositivo para que funcione como termómetro entre 0°C y 40°C. Esta calibración se puede realizar con un punto fijo o con dos valores de temperatura conocidos.

### **Consigna 3**

Determinar la temperatura ambiente con el termómetro construido y compararla con el valor que indica el termómetro áulico.

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina

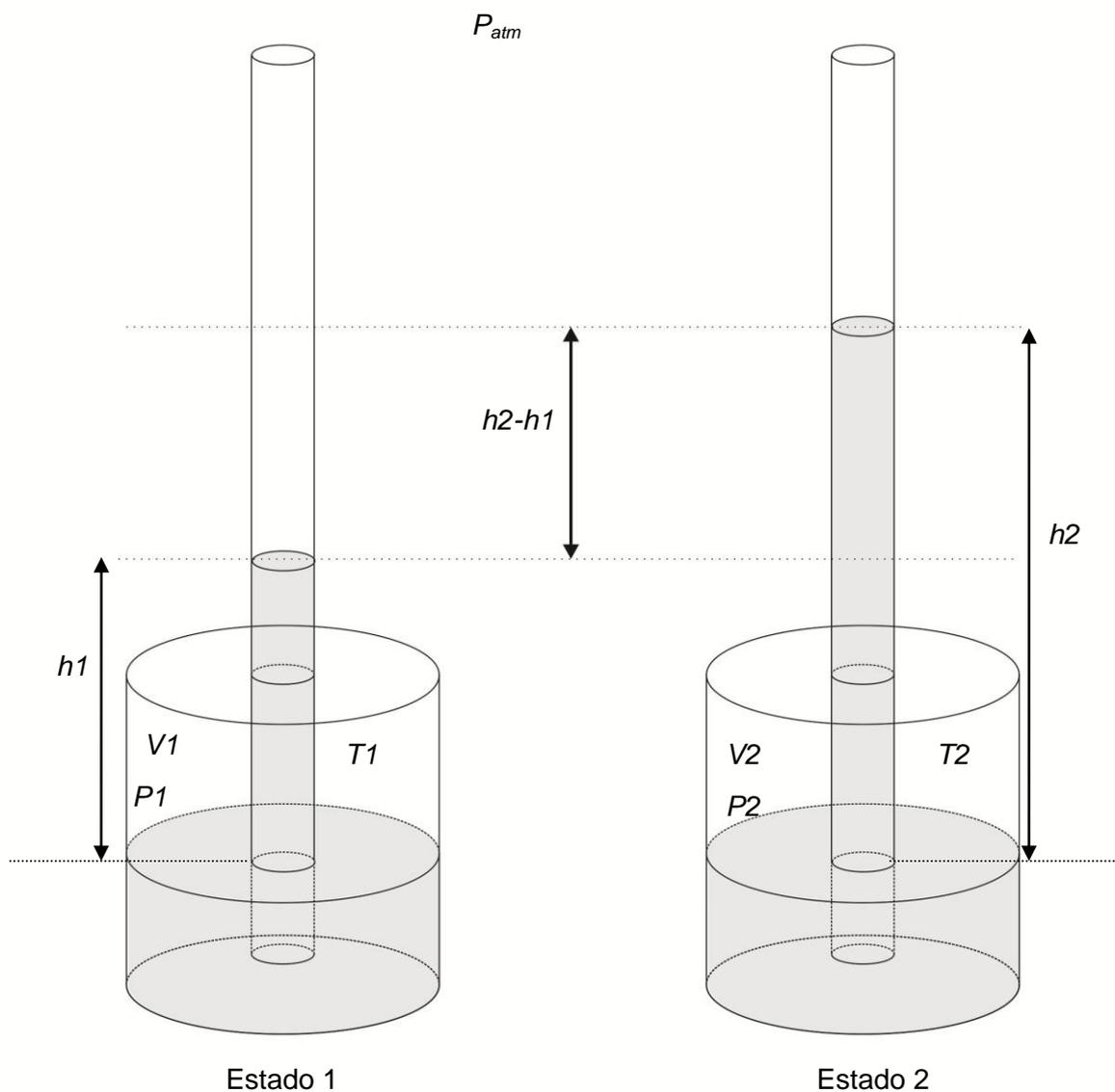


Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf



*Figura problema experimental*

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

**Problema Teórico 1**  
**Hoja de respuestas.**

inciso		puntaje
a)	$h = 1.23 \times 10^{-7} \text{ cm}$	3
b)	$V = 9.743 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$	3
c)	$N_0 = 3.22 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}$	4

a)  $m = 0.001 \text{ g}$      $S = 9000 \text{ cm}^2$      $\rho = 0.9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$\rho = \frac{m}{Sh}$      $h = \frac{m}{Sp} = 1.23 \times 10^{-7} \text{ cm}$

b)  $V = \frac{1}{6} \pi h^3 = 9.743 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$      $\left(\frac{1}{h}\right)$

c)  $N_0 = \frac{\text{n}^\circ \text{ de moléculas}}{\text{mol}}$  : número de Avogadro

Hay  $282.5 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol} \Rightarrow$  masa molar  $M_0 = 282.5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

$V_0 \equiv$  volumen de un mol     $V_0 = \frac{282.5}{0.9} \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} = 313.88 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$

$N_0 = \frac{V_0}{V} = \frac{313.88}{9.743 \times 10^{-22} \text{ mol}} = 3.22 \times 10^{23} \frac{\text{moléculas}}{\text{mol}}$

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

**Problema Teórico 2**  
**Hoja de respuestas.**

inciso		puntaje
a)	$A = (T_1 - T_2) / (x_1 - x_2)$ $B = T_1$	4
b)	$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5} T(^{\circ}C) + 32$ $T(^{\circ}Ra) = \frac{9}{5} T(^{\circ}C) + 492$ $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$	6

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

**Problema Teórico 3**  
**Hoja de respuestas.**

inciso		puntaje
a)	$m_{\text{agua}} = 464.6 \text{ g}$	5
b)	$T_f = 44.5 \text{ }^\circ\text{C}$	5

a)  $m_A = 1 \text{ kg}$      $m_{\text{eq}} = 10 \text{ g}$      $C_A = 1 \text{ cal}/(^\circ\text{C g})$   
 $T_{iAH} = 100^\circ\text{C}$      $T_{iA} = 27^\circ\text{C}$      $T_f = 50^\circ\text{C}$

$$0 = m_A C_A (T_f - T_{iA}) + m_{\text{eq}} C_A (T_f - T_{iA}) + m_{AH} C_A (T_f - T_{iAH})$$

$$= (m_A + m_{\text{eq}}) C_A (50 - 27)^\circ\text{C} + m_{AH} C_A (50 - 100)^\circ\text{C}$$

$$m_{AH} = 464.6 \text{ g}$$

b)  $m_H = 60 \text{ g}$      $T_{iH} = -20^\circ\text{C}$      $T_{f*} = ?$      $m_A = (10010 + 464.6) \text{ g}$   
 $T_{iA} = 50^\circ\text{C}$      $C_H = 0.53 \text{ cal}/(^\circ\text{C g})$

$$0 = m_A C_A (T_f - T_{iA}) + m_H C_H (0^\circ\text{C} - T_{iH}) + \lambda_H m_H$$

$$+ m_H C_A (T_f - 0^\circ\text{C})$$

$$0 = 1474.6 \text{ g} (T_f - 50^\circ\text{C}) \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C g}} + 60 \times 0.53 \times 20 \text{ cal} + 80 \times 60 \text{ cal}$$

$$+ 60 T_f \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$$

$$T_f = 44.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



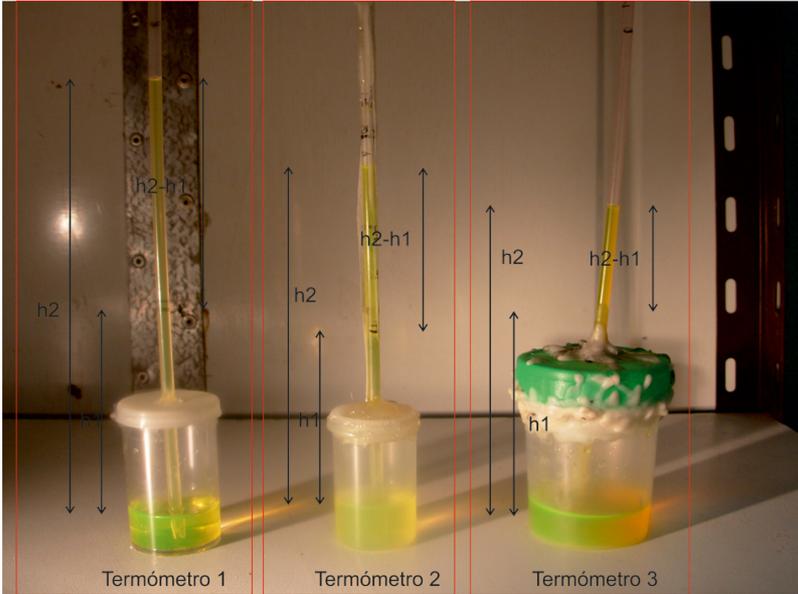
Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

**Problema Experimental: Construcción de un termómetro de gas**

Consigna	puntaje
<p>1)</p>  <p>Termómetro 1      Termómetro 2      Termómetro 3</p> <p><b>Termómetro 1:</b> se utilizó un recipiente plástico de medicamentos, un sorbete y como sellador un pegamento líquido (“la gotita”).</p> <p><b>Termómetro 2:</b> se utilizó un recipiente similar al anterior, sorbete y se selló con plástico derretido (“pistola de barras de silicona”).</p> <p><b>Termómetro 3:</b> se utilizó un frasco plástico de análisis bioquímicos, sorbete y se selló con cera derretida.</p> <p>En todos los casos se puso una cantidad de agua (previo al sellado), se esperó a que secan los selladores y se introdujo una cantidad extra de aire en los recipientes (soplando por el sorbete). Esto último para lograr una columna de agua cuyo nivel esté sobre la tapa de los recipientes (a la temperatura más baja del rango de calibración) y que no supere el extremo superior del sorbete (a la altura más alta de calibración).</p> <p><b>Observación:</b> el proceso de sellado es sumamente delicado y no fácil de conseguir al primer intento.</p>	<p>10 pts</p>
<p>b)</p> <p><b>Calibración:</b> se utilizó hielo fundente (bien molido) para obtener la columna (<math>h_1</math>) de agua correspondiente a <math>0^\circ\text{C}</math> (273 K). Luego, utilizando la ecuación</p> $\frac{T_2}{T_1} \cong 1 + \left[ \frac{\rho g}{P_{atm}} + \frac{A}{V_1} \right] [h_2 - h_1]$ <p>se realizaron marcas sobre el sorbete, representando las temperaturas (<math>T_2</math>) correspondientes a las diferentes alturas (<math>h_2</math>).</p>	<p>5 pts</p>

Auspicia:





Ministerio de Educación,  
de la Nación Argentina



### Olimpiada Argentina de Física



Facultad de Matemática, Astronomía y Física  
Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Ciudad Universitaria. 5000. Córdoba. Telefax: (0351) 469-9342  
Correo Electrónico: [oaf@famaf.unc.edu.ar](mailto:oaf@famaf.unc.edu.ar) / Página web: [www.famaf.unc.edu.ar/oaf](http://www.famaf.unc.edu.ar/oaf)

	<p>Para realizar la marca de los niveles se usó una lapicera indeleble (trazo 0,7- 1 mm) teniendo en cuenta la base del menisco del agua. Las alturas, el diámetro del sorbete y las dimensiones necesarias para estimar <math>V1</math>, se determinaron con una regla milimetrada. Error asignado a las alturas: 2 mm. Error asignado a las dimensiones necesarias para estimar el volumen de <math>V1</math>: 2 mm. Error asignado al diámetro del sorbete: 0,5 mm. Error de <math>T2</math>: propagación de errores.</p>	
c)		5 ptos

Auspicia:

