



Olimpiada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Segunda Prueba: Termodinámica Parte Teórica

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

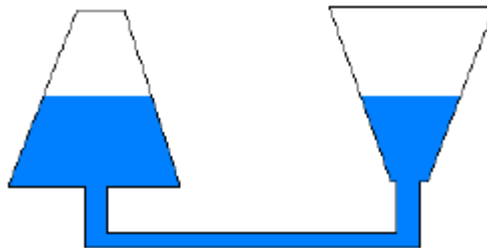
Problema Teórico 1

Dos recipientes de igual forma y dimensiones son conectados con un tubo muy fino, como se muestra en la figura. Los mismos son cargados de agua, inicialmente a la misma temperatura.

Indique la dirección del flujo de agua que se produce si se calienta:

- a) el recipiente de la izquierda
- b) el recipiente de la derecha

Suponga que el agua se calienta de una manera tal que la temperatura del agua en el otro recipiente permanece inalterada.



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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 2

Un recipiente como el de la figura, con una partición y un pistón como pared del lado derecho, se llena con helio gaseoso.



La válvula en la pared central que divide al recipiente se abre si la presión de la parte derecha del mismo supera la del lado izquierdo. La superficie del área del pistón es $A=100\text{cm}^2$. Considere que todas las paredes del recipiente y el pistón están contruidos de materiales que no conducen el calor (recipiente perfectamente adiabático).

La posición inicial del pistón es tal que la longitud l_i de la parte derecha e izquierda del recipiente (a cada lado de la pared con la válvula) es la misma, $l_i=112\text{cm}$. Al comienzo del experimento hay una masa $m_1=12\text{g}$ de helio en la partición izquierda y $m_2=2\text{g}$ en la derecha.

La temperatura inicial es $T_i=0^\circ\text{C}$. La presión externa es $P_i=1\cdot 10^5\text{Pa}$. Los valores de capacidad calorífica específica a volumen constante (c_v) y a presión constante (c_p) del helio, que se comporta como un gas ideal, son: $c_v=3.15\cdot 10^3\text{J}/(\text{kg K})$ y $c_p=5.25\cdot 10^3\text{J}/(\text{kg K})$.

Imagine un experimento en el que ocurre lo siguiente: el pistón es empujado lentamente hacia adentro del recipiente, en el momento de la apertura de la válvula se detiene el pistón durante un determinado tiempo y luego continúa hasta alcanzar la pared central.

- ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza externa aplicada sobre el pistón hasta el instante previo a la apertura de la válvula? Desprecie la fricción.
- ¿Por qué es necesario parar y esperar un momento durante el tiempo en el cual la válvula se abre?
- ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza externa aplicada sobre el pistón cuando este ha llegado a la pared central, partiendo de la posición inicial? Desprecie la fricción.

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 3

Una esfera de porcelana descansa sobre una plancha de cobre que tiene un orificio. Cuando la temperatura es 10°C el radio del orificio es $R_o = 20 \text{ cm}$ y el radio de la esfera es $R_e = 20,05 \text{ cm}$.

Si el coeficiente de dilatación lineal del cobre es $\lambda_{cu} = 1,65 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ y el de la porcelana es $\lambda_{porc} = 0,3 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, determinar:

- ¿Cuál es el volumen de la esfera cuando su temperatura se incrementa 10°C ?
- ¿Cuál es el diámetro del orificio de la placa de cobre cuando la temperatura de ésta última se incrementa 10°C ?
- ¿Cuál es la menor temperatura a la que deben estar ambos objetos para que la esfera pueda deslizarse a través del orificio de la placa de cobre?

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 1

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Teórico 2

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)		
b)		
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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
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)		
c)		

Auspicia:





Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Segunda Prueba: Termodinámica Parte Experimental

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Experimento 1

Objetivo 1:

- Determinar la presión atmosférica.

Breve descripción

Las moléculas de la superficie de un fluido forman una película, la cual produce una presión adicional sobre el interior del mismo: esta es la llamada fuerza de tensión superficial. La misma depende del coeficiente de tensión superficial σ que es una propiedad del fluido. Para un fluido en forma de gota esférica de radio R la presión adicional debida a la fuerza de tensión superficial es: $\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$.

Elementos necesarios

- Dos sorbetes
- Una regla
- Recipiente con solución jabonosa

Con la ayuda de los sorbetes y la solución jabonosa produzca dos pompas de jabón con diferente diámetro.

- a) Mida los diámetros correspondientes a las dos pompas de jabón.

Luego de esto, junte cuidadosamente las dos pompas de jabón y procure que se forme una única pompa.

- b) Determine el diámetro de esta última pompa.

Debe realizar este experimento con bastante rapidez y esto requerirá algo de práctica. Los resultados son apropiados si las burbujas son estables y no cambian significativamente de tamaño durante las mediciones.

- c) Usando los valores medidos de diámetro o radio de las tres pompas, y el valor promedio del coeficiente de tensión superficial de la solución de agua jabonosa ($\sigma = 45,0 \times 10^{-3} \text{ N/m}$), encuentre una fórmula adecuada para calcular la presión atmosférica.

Repita el experimento varias veces.

- d) Evalúe las bondades del método.

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Experimento 2

Objetivo 2:

- Estudiar el efecto de la presión atmosférica.

Elementos necesarios

- Una vela o alcohol (tapitas de gaseosa para contener a este último)
- Una regla
- Termómetro para estimar la temperatura en el aula.
- Fuente profunda o un plato hondo, transparentes en lo posible,.
- Un frasco de vidrio transparente o un vaso, en lo posible rectos.
- Agua.
- Fósforos.

Seguridad: el experimento involucra combustibles (alcohol, cera) en combustión, sea cuidadoso. No utilice grandes cantidades de alcohol (no más de media tapita de gaseosa). Mantenga el recipiente de alcohol lejos del lugar donde realizará la experiencia. Use fósforos de seguridad, NO USE ENCENDEDOR.

Procedimiento:

- a) Poner agua en el recipiente (fuente o plato).
- b) Poner alcohol en una tapita y ponerla a flotar sobre el agua. Encender el alcohol. (En caso de usar una vela, ponerla parada verticalmente en el recipiente y encenderla.)
- c) Cubrirla con el frasco, intentando minimizar las pérdidas de aire (burbujas).
- d) Determinar el momento en que comienza a ascender el agua dentro del frasco.
- e) *Cuando el fuego se haya extinguido, esperar unos minutos y medir la altura que alcanzó el nivel de agua dentro del frasco (medir respecto de la superficie de agua del recipiente).*
- f) *Determinar el cambio de volumen ocupado por el gas.*
- g) *Considerando la presión atmosférica (consultar al docente su valor regional), determinar la presión final en el interior del frasco.*
- h) *Determinar el número de moles de gas existentes en el frasco.*
- i) *Con los datos obtenidos, estimar el valor de la temperatura del aire, dentro del frasco, al inicio del experimento.*
- j) Repetir este procedimiento varias veces.
- k) Explicar las observaciones y los resultados.

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Experimental

Hoja de respuestas.

Experimento 1

inciso		puntaje
a)	Tabla con los resultados (diámetros)	
b)	Determinación de la formula de la presión atmosférica en función de los diámetros medidos	
c)	Tabla con los resultados (presión atmosférica)	
d)	Evaluación del método de determinación	

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. Tel: (0351) 5353701 (int. 41361)
Correo Electrónico: oaf@famaf.unc.edu.ar / Página web: www.famaf.unc.edu.ar/oaf

Problema Experimental

Hoja de respuestas.

Experimento 2

inciso		puntaje
e)	Tabla con resultados (altura de agua, volumen inicial, volumen final)	
f)	Tabla con resultados (el volumen interior final)	
g)	Tabla con resultados (la presión interior final)	
h)	Tabla con resultados (numero de moles)	
i)	Tabla con resultados(temperaturas iniciales)	

Auspicia:



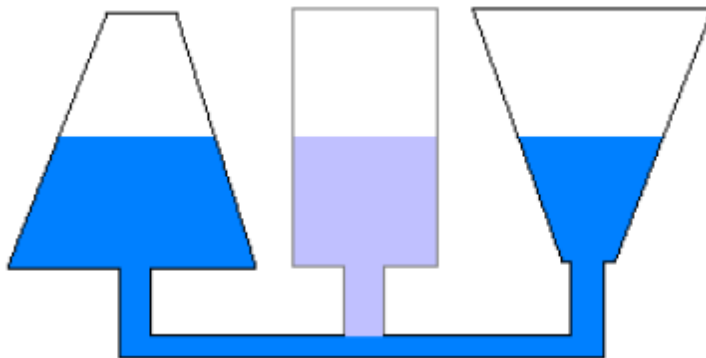
Problema Teórico 1

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)	izquierda a derecha	5p
b)	izquierda a derecha	5p

Supondremos, por simplicidad, que el agua con la que estamos trabajando tiene una temperatura superior a 4°C (la justificación de esto radica en el comportamiento inusual de la densidad del agua en el rango que va de 0°C a 4°C). Bajo este supuesto, un incremento de temperatura de una masa de agua conlleva a un incremento de su volumen y por lo tanto a una densidad menor.

Para encontrar la solución al problema nos ayudaremos de un, hipotético, tercer frasco pero de sección uniforme A y altura h (cilindro).



Si calentamos el agua del frasco cilíndrico, el incremento de altura que se produce al dilatarse el agua será compensado por el decrecimiento de la densidad (ρ) ya que, el volumen del cilindro (V) es directamente proporcional a su altura y a su sección, sin ningún factor adicional.

$$V = A h$$

Por lo que no se produce ningún cambio de presión (p) en el fondo del frasco.

$$p = \rho g h = g \frac{m}{A}$$

Ahora imaginemos que calentamos el frasco de la izquierda. La altura de agua se incrementará más que lo que disminuye la densidad del agua. Esto se puede concluir de comparar los cambios de alturas para el frasco de la izquierda (sección no uniforme) y para el cilindro (sección uniforme), cuando el volumen del líquido y su densidad cambian de la misma manera. Este cambio de altura tiene como resultado una variación en la presión en el fondo del frasco de la izquierda, que aumenta, y por lo tanto un flujo de agua hacia la derecha.

De manera similar, la comparación de los cambios en la altura en el cilindro y en el frasco de la derecha, muestra que si calentamos el agua que contienen este último, el decrecimiento de la densidad no será compensado por el incremento de la altura del nivel de agua y por lo tanto cambiará la presión en el fondo del frasco, nuevamente disminuirá, por lo que habrá un flujo de agua con la misma dirección que en el punto anterior, de izquierda a derecha.

Problema Teórico 2

Hoja de respuestas.

Inciso		puntaje
a)	$W_1 = m_2 c_v \left(\left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma} - 1 \right)} - 1 \right) T_i - P_i A l_i \left(\left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\frac{1}{\gamma}} - 1 \right)$	4p
b)	<i>Es necesario esperar un tiempo para que el sistema alcance el equilibrio termodinámico y las variables termodinámicas estén bien definidas.</i>	2p
c)	$W = (m_1 + m_2) c_v \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \left(1 + \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma} \right)} \right)^\gamma - 1 \right) T_i - P_i A l_i$	4p

Como los dos compartimentos del recipiente en donde está el gas son adiabáticos (perfectamente aislados térmicamente) el trabajo total (W_t) realizado por la fuerza debida a la presión atmosférica y debida a la fuerza externa (F_t) aplicada sobre el pistón es igual al cambio de energía interna (ΔU) del gas.

$$W_t = \Delta U$$

Considerando al helio como un gas ideal, tenemos que el cambio de energía interna que experimenta está relacionado con un cambio en su temperatura. Así,

$$\Delta U = m c_v \Delta T$$

Donde m es la masa de gas, c_v es la capacidad calorífica específica a volumen constante y ΔT es el salto térmico que experimenta.

- a) Para calcular el trabajo (W_1) producido por la fuerza externa F_t aplicada al pistón, debemos sustraer al trabajo total, el realizado por la fuerza debida a la presión atmosférica (P_i):

$$W_1 = \Delta U - p_o A \Delta l = m_2 c_v (T_1 - T_i) - P_i A (l_i - l_1)$$

Donde A es la sección del contenedor y Δl el recorrido del pistón hasta que se produce la apertura de la válvula y T_1 la temperatura a la que llega el gas al ser comprimido. En esta situación la presión del gas en el lado derecho (P_{DER}) es igual a la del gas que está en el lado izquierdo (P_{IZ}) y por lo tanto:

$$P_{DER} = P_{IZ} = \frac{m_2 R T_i}{M A l_i} = \frac{m_1 R T_1}{M A l_1}$$

Donde M es la masa molar del helio y R es la constante de los gases ideales.

Como la compresión se realizó en forma adiabática, se cumple que:

$$P_{DERinicial} V_{DERinicial}^\gamma = P_{DER} V_{DERfinal}^\gamma$$

Así:

$$P_i (A l_i)^\gamma = P_{DER} (A l_1)^\gamma$$

$$l_1 = l_i \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

Y finalmente podemos obtener la temperatura (T_1) en este estado:

$$T_1 = T_i \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma}-1\right)}$$

Con este valor de temperatura y con el valor l_1 , podemos calcular el trabajo realizado por la fuerza externa hasta este estado, estado 1:

$$W_1 = m_2 c_v \left(\left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma}-1\right)} - 1 \right) T_i - P_i A l_i \left(\left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\frac{1}{\gamma}} - 1 \right)$$

- b) Cuando las presiones a ambos lados se igualan, al arribar el sistema al estado 1, se produce la apertura de la válvula. Esta apertura permite la mezcla de los gases de ambos reservorios, durante el proceso de mezcla no está bien definido el estado termodinámico del sistema (la presión no es uniforme, la densidad no es uniforme y la temperatura no es uniforme). Es

necesario esperar un tiempo para que el sistema alcance el equilibrio termodinámico y las variables termodinámicas estén bien definidas.

- c) Para determinar la temperatura de la mezcla (T_m), recordemos que el sistema es adiabático y que la mezcla se produce a volumen constante, esto es se conserva la energía. Entonces, se cumple:

$$m_1 c_v (T_m - T_i) + m_2 c_v (T_m - T_1) = 0$$

De donde se obtiene:

$$T_m = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \left(1 + \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma} \right)} \right) T_i$$

Así, con el sistema en equilibrio, se procede a realizar la segunda compresión adiabática. Al finalizar esta, la temperatura del sistema (T_f) será tal que:

$$T_f (A l_i)^{\gamma-1} = T_m (A l_i + A l_1)^{\gamma-1}$$

Por lo que T_f tendrá un valor dado por:

$$T_f = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \left(1 + \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma} \right)} \right)^{\gamma} T_i$$

Con este valor de temperatura se puede calcular el trabajo total (W) realizado por la fuerza externa:

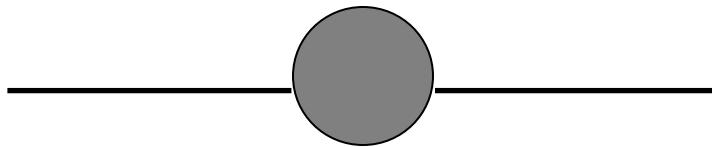
$$W = (m_1 + m_2) c_v \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \left(1 + \left[\frac{m_1}{m_2} \right]^{\left(\frac{1}{\gamma} \right)} \right)^{\gamma} - 1 \right) T_i - P_i A l_i$$

Problema Teórico 3

Hoja de respuestas.

inciso		puntaje
a)	$V_{ef} = V_{e0} (1 + 3 \lambda_{porc} (T_f - T_i))$	3p
b)	$D_{of} = D_{oi} (1 + \lambda_{cu} (T_f - T_i))$	3p
c)	$T_f = \frac{D_{ef} - D_{e0}}{D_{e0} \lambda_{cu} - D_{ef} \lambda_{porc}} + T_i$	4p

La esfera descansa sobre la placa como se indica en la figura:



- a) Cuando la temperatura de la esfera se incrementa de T_i a T_f , la esfera se dilata. Pasa de tener un volumen V_{e0} a tener un volumen V_{ef} , relacionados por:

$$V_{ef} = V_{e0} (1 + \alpha_p (T_f - T_i))$$

En donde α_p es el coeficiente de dilatación volumétrico de la esfera (porcelana). A primer orden se tiene que:

$$\alpha_p = 3 \lambda_{\text{porc}}$$

Por lo que el volumen finalmente queda:

$$V_{\text{ef}} = V_{e0} (1 + 3 \lambda_{\text{porc}} (T_f - T_i))$$

Por otro lado también se verifica, a primer orden, que el diámetro de la esfera cumple con:

$$D_{\text{ef}} = D_{e0} (1 + \lambda_{\text{porc}} (T_f - T_i))$$

- b) Cuando la temperatura de la placa se incrementa de T_i a T_f , el orificio se dilata de la misma forma que si en él hubiese un círculo del mismo material llenándolo. El diámetro de este círculo hipotético, inicialmente D_{oi} y luego dilatado D_{of} , cumple:

$$D_{of} = D_{oi} (1 + \lambda_{\text{cu}} (T_f - T_i))$$

- c) Para que la esfera deslice por el agujero, luego de calentar la esfera y la placa hasta una misma temperatura, se debe cumplir:

$$D_{\text{ef}} \leq D_{of}$$

Analicemos la igualdad, que nos dará el valor de temperatura mínima a la que se deben tener ambos objetos para que la esfera deslice por el orificio.

$$D_{\text{ef}} = D_{e0} (1 + \lambda_{\text{porc}} (T_f - T_i)) = D_{oi} (1 + \lambda_{\text{cu}} (T_f - T_i)) = D_{of}$$

Luego:

$$T_f = \frac{D_{\text{ef}} - D_{e0}}{D_{e0} \lambda_{\text{cu}} - D_{\text{ef}} \lambda_{\text{porc}}} + T_i$$

Problema Experimental

Hoja de respuestas.

Experimento 1

inciso		puntaje
a)	Tabla con los resultados (diámetros)	3p
b)	Determinación de la formula de la presión atmosférica en función de los diámetros medidos	3p
c)	Tabla con los resultados (presión atmosférica)	2p
d)	Evaluación del método de determinación	2p

Solución 1

Primero encontraremos una expresión teórica que conecte las mediciones de los diámetros, la tensión superficial y la presión atmosférica. Una de las hipótesis sobre las que realizaremos esto es: el aire, a las temperaturas y presiones en las que trabajaremos, se comporta como un gas ideal.

La hipótesis anterior nos permite escribir la siguiente expresión para la masa m de aire contenida en la pompa de jabón:

$$m = \frac{M V (P_a + \Delta P)}{R_g T_a}$$

Donde P_a es la presión atmosférica, ΔP es la presión adicional debido a la tensión superficial, V es el volumen de la pompa de jabón, T_a es la temperatura ambiente y R_g la constante universal de los gases.

La idea es juntar dos pompas, una de masa m_1 y otra de masa m_2 , y formar una única pompa de masa m_3 . Bajo el supuesto de que durante el proceso no se pierde gas, se debería cumplir que:

$$m_3 = m_1 + m_2$$

Recordando que para una gota se cumple que la presión en su interior es mayor que la del exterior en una cantidad:

$$\Delta P_g = \frac{2\sigma}{R}$$

Y que una pompa de jabón tiene dos interfaces líquido aire (la externa y la interna), para una pompa la diferencia de presión ΔP viene dada por:

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{R}$$

Se puede escribir:

$$m_3 = \frac{M V_3(P_a + \Delta P)}{R_g T_a} = \frac{M V_1(P_a + \Delta P)}{R_g T_a} + \frac{M V_2(P_a + \Delta P)}{R_g T_a}$$

Y a partir de esta:

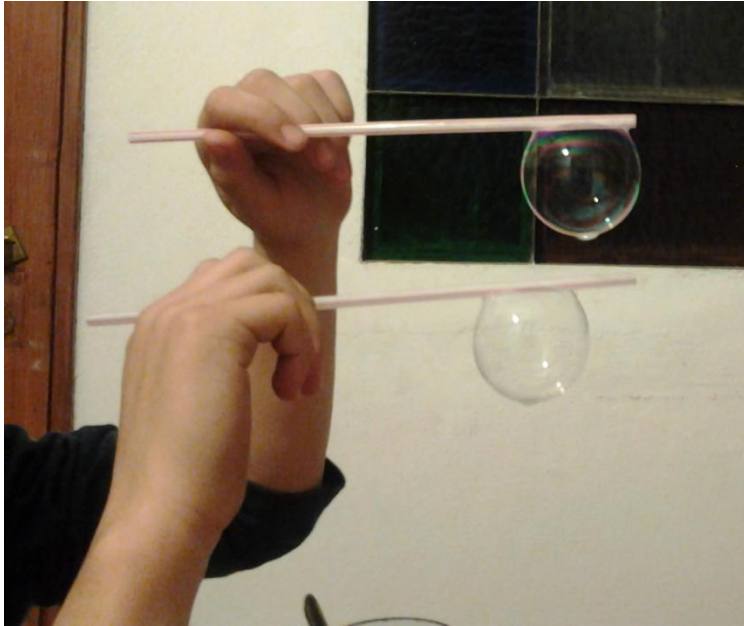
$$\begin{aligned} \frac{M V_3(P_a + \Delta P)}{R_g T_a} &= \frac{M V_1(P_a + \Delta P)}{R_g T_a} + \frac{M V_2(P_a + \Delta P)}{R_g T_a} \\ R_3^3 \left(P_a + \frac{4\sigma}{R_3} \right) &= R_1^3 \left(P_a + \frac{4\sigma}{R_1} \right) + R_2^3 \left(P_a + \frac{4\sigma}{R_2} \right) \end{aligned}$$

Y finalmente una expresión para la presión atmosférica:

$$P_a = \frac{4\sigma(R_1^2 + R_2^2 - R_3^2)}{(R_3^3 - R_1^3 - R_2^3)}$$

Luego, si se conoce el valor de σ , a partir de la mediciones de los radios de la pompas se podría determinar el valor de P_a o viceversa.

Se realizaron experimentos en los que se fotografiaron las pompas de jabón antes de ser “unidas” y se fotografió la pompa resultante. Se midieron los diámetros sobre las fotos usando el programa GEOGEBRA. Las fotografías fueron tomadas mediante la cámara de un teléfono celular.



Calculo de las incertezas.

$$\Delta \left[\frac{P_a}{4\sigma} \right] = \left[\frac{P_a}{4\sigma} \right] \left\{ \left| \frac{\Delta [R_1^2 + R_2^2 - R_3^2]}{(R_1^2 + R_2^2 - R_3^2)} \right| + \left| \frac{\Delta [R_3^3 - R_1^3 - R_2^3]}{(R_3^3 - R_1^3 - R_2^3)} \right| \right\}$$

$$\Delta [R_3^3 - R_1^3 - R_2^3] = \Delta [R_3^3] + \Delta [R_1^3] + \Delta [R_2^3]$$

$$\Delta [R_1^2 + R_2^2 - R_3^2] = \Delta [R_3^2] + \Delta [R_1^2] + \Delta [R_2^2]$$

$$\Delta [R^3] = 3 R^2 \Delta [R]$$

$$\Delta [R^2] = 2 R \Delta [R]$$

Tabla de las mediciones realizadas.

$(D1 \pm 0,1)(cm)$	$(D2 \pm 0,1) (cm)$	$(D3 \pm 0,1) (cm)$	$\frac{P_a}{8\sigma}(cm^{-1})$
4	5	5	-2 ± 2
5	5	6	$-0.6 \pm 0,3$
5	4	5	$-0.4 \pm 0,1$
5	5	6	$-0.3 \pm 0,1$
4	5	5	$-0.3 \pm 0,1$
5	4	6	$0.4 \pm 0,3$
5	5	6	$-0.5 \pm 0,2$
5	5	6	$-0.20 \pm 0,04$
4	6	7	-1 ± 1
5	4	6	$-0.30 \pm 0,03$
3	4	6	$-0.1 \pm 0,1$
4	4	5	$0.1 \pm 0,1$
3	4	5	0 ± 5
3	5	5	$-2.6 \pm 0,1$
3	4	4	$-0.40 \pm 0,05$

Como se desprende de la tabla, los resultados obtenidos no sustentan el análisis teórico realizado. Valores de presión atmosférica negativos no son posibles, además están determinados con un error relativo muy grande. La hipótesis que posiblemente no se cumple es la de conservación de la masa. Es posible que en el momento en el que se unen las pompas de jabón haya pérdida de aire y que esta sea la razón de que el volumen de la pompa resultante sea menor que el esperado.

Por lo arriba dicho, este método no es bueno para determinar la presión atmosférica o la tensión superficial.

Experimento 2

inciso		puntaje
a)	Tabla con resultados (altura de agua, volumen inicial, volumen final)	3
b)	Tabla con resultados (la presión interior final)	3
c)	Tabla con resultados (numero de moles)	2
d)	Tabla con resultados(temperaturas iniciales)	2

Solución 2

Lo primero que notamos es que cuando comenzamos a sumergir el vaso en el agua sin permitir que se escape aire del interior del mismo (y sin tener fuego presente), el agua no entra al vaso en forma apreciable. Esto es una muestra más de que el aire que ocupa el vaso esta a presión atmosférica (también está a temperatura ambiente). A medida que sumergimos más el vaso, comienza a ingresar agua en el mismo.

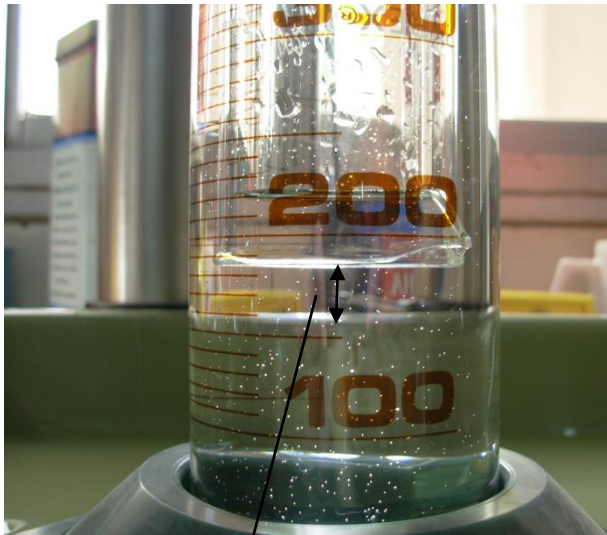
Si contamos con un recipiente suficientemente profundo, entonces al ir sumergiendo el vaso, la columna de agua incrementara la presión en forma notable y entrara más agua al vaso. Midiendo las alturas correspondientes y bajo el supuesto de que hemos realizado una compresión isotérmica, podemos estimar la presión atmosférica (P_{atm}).

$$P_{atm} = \frac{g \rho \Delta H V_h}{(V_0 - V_h)}$$

Donde ρ es la densidad del agua, g es la aceleración de la gravedad, V_0 es el volumen capaz de contener el vaso, V_h el volumen del gas luego de

sumergir el vaso, ΔH la altura de agua por sobre el nivel del liquido dentro del vaso.

Se determino la presión atmosférica mediante este método.



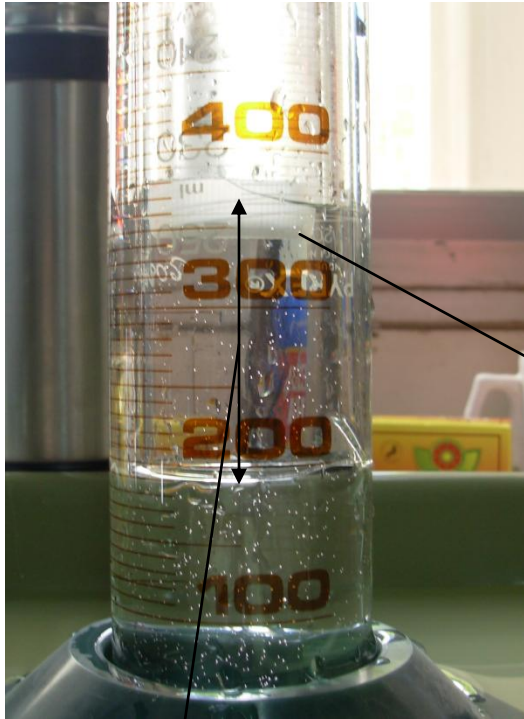
Ingreso de agua sin
calentar



$V_0(\text{cm}^3)$	$V_h(\text{cm}^3)$	$\Delta H(\text{cm})$	$P_{\text{atm}}(\text{Pa})$
304 ± 1	293 ± 1	$33,1 \pm 0.2$	$(9 \pm 2) 10^4$
304 ± 1	294 ± 1	$33,2 \pm 0.2$	$(10 \pm 2) 10^4$
304 ± 1	293 ± 1	$33,1 \pm 0.2$	$(9 \pm 2) 10^4$

Luego de esto, introducimos en nuestro vaso un “barquito” que contenía unas gotas de alcohol y lo encendimos. Lo tapamos con nuestro “vaso” y lo hundimos completamente. Durante este paso del experimento, siempre, tuvimos perdidas del aire del interior del vaso, siempre se escaparon burbujas de aire. Los resultados de las mediciones y los valores de la variación de presión (ΔP_{int}), en el interior del frasco, calculados se presentan en la siguiente tabla:

$V_0(\text{cm}^3)$	$h(\text{cm})$	$V_h(\text{cm}^3)$	$\Delta H(\text{cm})$	$\Delta P_{\text{int}}(\text{Pa})$
304 ± 1	6.4 ± 0.2	247 ± 1	28.1 ± 0.2	$(12.0 \pm 0.6) 10^3$
304 ± 1	4.5 ± 0.2	264 ± 1	30.0 ± 0.2	$(20 \pm 1) 10^3$
304 ± 1	5.5 ± 0.2	255 ± 1	29.0 ± 0.2	$(14.9 \pm 0.8) 10^3$
304 ± 1	4.7 ± 0.2	262 ± 1	29.8 ± 0.2	$(18 \pm 1) 10^3$
304 ± 1	6.0 ± 0.2	251 ± 1	28.5 ± 0.2	$(13.2 \pm 0.6) 10^3$
304 ± 1	5.2 ± 0.2	258 ± 1	29.3 ± 0.2	$(16.1 \pm 0.9) 10^3$
304 ± 1	5.5 ± 0.2	255 ± 1	29.0 ± 0.2	$(14.9 \pm 0.8) 10^3$



Ingreso de agua,
calentando

Barquito



Para calcular los valores de presión final en el interior del frasco se usó como valor de presión atmosférica $P_{atm} = (10 \pm 2) 10^4$ Pa. El número de moles iniciales (n_i) que había en el frasco antes de calentar el gas y el número de moles finales (n_f) de gas, se calcularon usando un valor de temperatura ambiente T_a igual a (298 ± 1) K. En la siguiente tabla se presentan estos valores junto con los estimados para la temperatura inicial (calentando el gas). Para estimar la temperatura inicial T_i se supuso que n_f ocupaba todo el frasco a presión atmosférica.

Así:

$$T_i = T_a \frac{n_i}{n_f}$$

n_i	n_f	T_i (K)	P_{int} (Pa)
0.012 ± 0.003	0.011 ± 0.002	$(3 \pm 2) 10^2$	$(112 \pm 2) 10^4$
	0.013 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(120 \pm 2) 10^4$
	0.012 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(114 \pm 2) 10^4$
	0.013 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(118 \pm 2) 10^4$
	0.011 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(113 \pm 2) 10^4$
	0.012 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(116 \pm 2) 10^4$
	0.012 ± 0.002	$(3 \pm 1) 10^2$	$(114 \pm 2) 10^4$

Notar: Con nuestros errores experimentales no podemos detectar el escape de burbujas.