

# Olimpiada Argentina de Física 2008

## Instancia Nacional

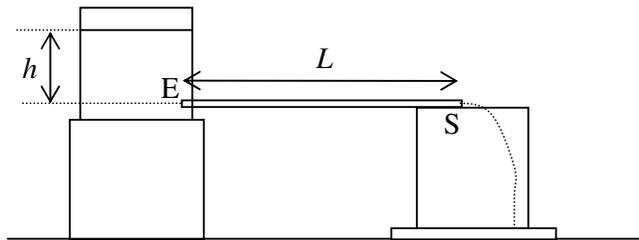
Prueba Experimental  
21 de Octubre de 2008

- Antes de empezar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- **NO escriba su nombre en ningún sitio de la prueba.**
- Escriba la solución en las hojas provistas y numérelas. Ejemplo: PE 2/5 (Prueba Experimental, hoja dos de cinco).
- Recuerde que no puede utilizar ningún elemento que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura y de geometría.
- Si necesita más hojas pídalas al Bedel. **No use hojas personales.**
- **No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.**
- Luego de finalizada la prueba, guarde el equipo utilizado en la bolsa provista.
- Entregue la prueba en el sobre de papel provisto. **En el frente de éste escriba su nombre claramente.**

# Mi tacho!!

## Determinación del valor de la viscosidad del agua

Suponga que tiene un tacho cilíndrico con agua, que se descarga a través de una manguera de largo  $L$  y diámetro interno  $D$  (ver figura).



El punto E (extremo de la manguera por donde ingresa el agua) está al mismo nivel que el punto S (extremo por donde sale el agua).

Mientras sale agua por la manguera, la altura  $h$  de agua en el tacho varía con el tiempo. El caudal  $Q$  de agua (volumen por unidad de tiempo) que sale a través de la manguera en un dado intervalo de tiempo  $\Delta t$  cumple:

$$S_T \frac{\Delta h}{\Delta t} = Q ,$$

donde  $S_T$  es la sección de tacho y  $\Delta h$  es la variación de la altura  $h$  en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

Si el flujo de líquido en la manguera está regido por la ley de Poiseuille, el nivel de agua en el tacho en función del tiempo esta dado por:

$$h(t) = h_0 e^{-\beta t} \quad (1)$$

con

$$\beta = \frac{\rho_a g \pi R^4}{8 S_T \eta_a L} \quad (2)$$

en donde:  $L$  es la longitud de la manguera,  $R$  es el radio interno de la manguera,  $S_T$  es la sección del tacho,  $\rho_a$  es la densidad del agua,  $\eta_a$  es la viscosidad del agua (la cual sólo depende de la temperatura) y  $g$  es la gravedad.

### Materiales provistos

Tacho de plástico con regla y orificio.

Dos recipientes de plástico, uno con agua.

Manguera de diámetro interno  $D = 4,0$  mm y de longitud  $L_T$ .

Apoyo de telgopor.

Trapo para secar.

Paño absorbente.

Cinta adhesiva de papel.

Tijera.

Cronómetro.

Cinta métrica (pegada en la mesa de trabajo).

Hojas milimetradas.

Hojas blancas.

Datos útiles:

Sección del tacho con manguera

$$S_T = 164,4 \text{ cm}^2.$$

Diámetro interno de la manguera

$$D = 4.0 \text{ mm}$$

Densidad del agua

$$\rho_a = 1,00 \text{ g cm}^{-3}.$$

Gravedad

$$g = 979 \text{ cm s}^{-2}$$

➤ Armado del equipo experimental

Con los elementos disponibles arme un sistema de forma adecuada para estudiar la descarga de agua a través de una manguera de longitud  $L$ .

Para tener en cuenta:

- ❖ Procure que el último tramo de manguera (aproximadamente 3cm) esté dispuesto de forma horizontal y al mismo nivel que el extremo por donde ingresa el agua. El resto de la manguera puede estar arrollada. Cuide que el agua descargue en el recipiente receptor.
- ❖ Minimice las pérdidas de líquido en la unión manguera-tacho.
- ❖ Procure que no se formen demasiadas burbujas de aire en la manguera.
- ❖ Use el trapo de piso provisto como superficie de trabajo.
- ❖ No desconecte la manguera del tacho hasta finalizar todas las mediciones.
- ❖ En caso de derrame del agua, solo se rellenará el tacho una vez
- ❖ Toda actividad de secado es obligatoria para los participantes.

**1) Realice un esquema** del equipo experimental en el cual se identifiquen todos los componentes. **(0,3 pts)**

➤ Procedimiento de medición:

- a- Cargue el tacho con agua hasta que el nivel de agua sea superior a 10,0 cm (medido desde el centro del orificio de salida).
- b- Mida, en forma ininterrumpida, el tiempo que tarda el nivel de líquido en pasar de la altura  $h_0 = 9,5 \text{ cm}$  a la  $h_A = 9,0 \text{ cm}$  ( $t^A_L$ ) y a la  $h_B = 7,5 \text{ cm}$  ( $t^B_L$ ).
- c- Repita los puntos a y b para diferentes largos ( $L$ ) de la manguera de descarga, por lo menos para 10 longitudes diferentes entre el largo máximo  $L_T$  y un mínimo de aproximadamente 10 cm.

Sugerencia

Realice las mediciones para valores de  $L$  iguales a:  $L_T$ ,  $L_T - 100\text{cm}$ ,  $L_T - 200\text{cm}$ ,  $L_T - 250\text{cm}$ ,  $L_T - 300\text{cm}$ ,  $L_T - 350\text{cm}$ ,  $L_T - 370\text{cm}$ ,  $L_T - 390\text{cm}$ ,  $L_T - 410\text{cm}$ ,  $L_T - 430\text{cm}$ ,  $L_T - 450\text{cm}$ ,  $L_T - 470\text{cm}$ ,  $L_T - 490\text{cm}$ .

➤ Registro de los resultados

2) Con los datos correspondientes a los tiempos  $t_L^A$ ,  $t_L^B$  y  $L$  confeccione una tabla (TABLA 1). (4 pts)

TABLA 1

$t_L^A$ (s)	$t_L^B$ (s)	$L$ (cm)

Nota: incluya en la tabla las incertezas correspondientes.

➤ Análisis de datos, primera parte.

3) Elija de la TABLA 1 los datos correspondientes a uno de los niveles de agua considerados y justifique su elección. (0,3 pts)

4) Con los datos elegidos calcule los valores correspondientes de  $\beta$  utilizando la fórmula (1) y confeccione una tabla (TABLA 2). (2,7 pts)

TABLA 2

$t_L$ (s)	$L$ (cm)	$\beta$ (s <sup>-1</sup> )

Nota: incluya en la tabla las incertezas correspondientes.

5) A partir de los datos de la TABLA 2, determine los valores correspondientes de  $\eta_a$  en función de  $L$  y confeccione una tabla (TABLA 3). (2,5 pts)

TABLA 3

$L$ (cm)	$\eta_a$ (s <sup>-1</sup> )

Nota: incluya en la tabla las incertezas correspondientes.

6) Grafique los valores  $\eta_a$  en función de  $L$ . (4 pts)

7) A partir del gráfico anterior y suponiendo que la temperatura ambiente se mantuvo constante durante el transcurso de todas las mediciones, determine un rango de longitudes de manguera ( $L_{min}$ ,  $L_{max}$ ) para las cuales es adecuada la hipótesis de flujo de Poiseuille. Indíquelo en el gráfico. Explícite el criterio que utilizó. (2 pts)

8) A partir del rango elegido en el punto anterior, determine el valor de la viscosidad del agua y su error. Explícite el procedimiento que realizó y justifíquelo. (2 pts)

➤ Análisis de datos, segunda parte.

Para que se establezca el flujo de Poiseuille en la manguera, el agua debe recorrer una longitud mayor que  $L_*$ , dada por la expresión:

$$L_* = 0.05 D \text{ Re}$$

Donde Re es el número de Reynolds definido como:

$$\text{Re} = \frac{\rho_a D v_m}{\eta_a}$$

y  $v_m$  es la velocidad media del agua en la manguera.

**Consignas**

Usando el valor de viscosidad del agua que determinó en “8)” y **considerando una manguera de longitud  $L_{min}$** , extremo inferior del rango de validez que determinó en “7)”:

**9) Calcule el valor de  $v_m$  y su error. (1 pts)**

**10) Calcule el valor de  $L_*$  y su error. Escriba el valor de  $L_{min} - L_*$ . (1 pts)**

**11) Determine el porcentaje de la manguera en el cual el flujo es de Poiseuille. (0,2 pts)**

# Olimpiada Argentina de Física 2008

## Instancia Nacional

Prueba Teórica  
23 de Octubre de 2008

- Antes de empezar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- **NO escriba su nombre en ningún sitio de la prueba.**
- Escriba la solución en las hojas provistas y numérelas. Ejemplo: PT1 2/5 (Problema teórico 1, hoja dos de cinco).
- Recuerde que no puede utilizar ningún elemento que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura y de geometría.
- Si necesita más hojas pídalas al Bedel. **No use hojas personales.**
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Entregue la prueba en el sobre de papel provisto. **En el frente de éste escriba su nombre claramente.**

## Problema 1: Un problema de transporte

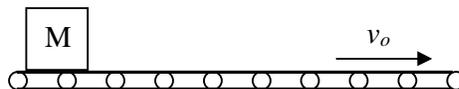
Una caja cúbica de lado  $L$  y masa  $M$  se deposita suavemente, en el instante  $t = 0s$ , sobre una cinta transportadora. La cinta está en posición horizontal y se desplaza, respecto a tierra, a velocidad constante  $v_o$  (ver figura). El motor que mueve la cinta entrega la potencia necesaria para mantener su velocidad constante en todo instante de tiempo. Entre la base de la caja y la cinta hay rozamiento y sus coeficientes estático y dinámico son  $\mu_e$  y  $\mu_d$ , respectivamente.

En el instante  $t = t_f$  la caja alcanza la velocidad de la cinta, es decir la velocidad relativa entre la cinta y la caja es cero.

Datos numéricos:  $M = 4 \text{ kg}$ ,  $\mu_d = 0,5$ ,  $v_o = 2 \text{ m/s}$ ,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

### Consignas:

- a) Haga un dibujo de la caja con las fuerzas que actúan sobre ella cuando:
  - i) La caja desliza respecto a la cinta transportadora. (1pt)
  - ii) La caja ya adquirió la misma velocidad  $v_o$  de la cinta transportadora. (1pt)
- b) Calcule la aceleración de la caja. (1pt)
- c) Calcule el desplazamiento de la caja, respecto a un referencial fijo en tierra, desde que es depositada hasta que adquiere la misma velocidad de la cinta transportadora. (1,5pts)
- d) Calcule el trabajo realizado por la fuerza de roce dinámico. (1pt)
- e) Calcule la potencia que entrega el motor para permitir que la cinta se siga moviendo a velocidad constante. (1pt)
- f) Calcule la energía disipada en el sistema. (1,5pts)
- g) Calcule el máximo valor que puede tener el coeficiente de rozamiento dinámico de manera que la caja no vuelque. (2pts)



## Problema 2: Un calefactor

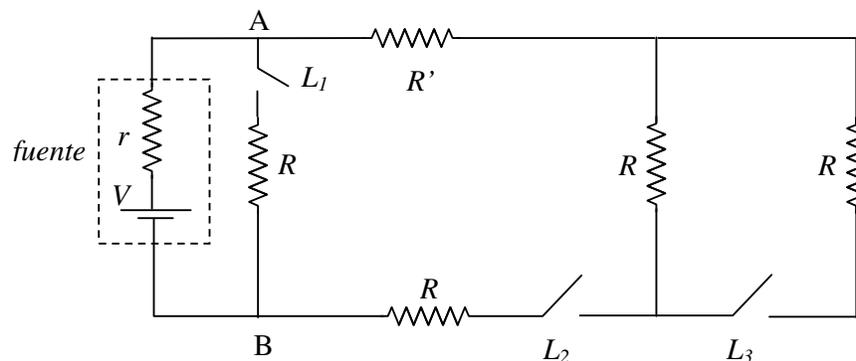
Un circuito está construido con una fuente de tensión  $V = 1,5 \text{ V}$  (con resistencia interna  $r = 2,5 \Omega$ ), cuatro resistencias iguales de valor  $R = 1 \Omega$ , y una resistencia de valor  $R' = 2 \Omega$  (ver el circuito de la figura). En el circuito están intercalados tres interruptores  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  conectados a un selector que permite obtener distintos valores de la potencia entregada por la fuente, y disipada en las cinco resistencias externas a la fuente, según  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  estén cerradas o abiertas.

### Se pide:

- Con las llaves  $L_1$  cerrada y  $L_2$  abierta, escriba la expresión de la diferencia de potencial entre A y B, en términos de los datos del problema, y calcule su valor. (2pts)
- Dé todas las combinaciones posibles de los estados de las llaves  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  (cerradas o abiertas) que correspondan a circuitos eléctricos distintos (no equivalentes). Calcule los valores de la resistencia equivalente de estos circuitos entre los puntos A y B. (3pts)
- Para los circuitos del punto b) calcule los distintos valores de la potencia total disipada en las resistencias externas a la fuente. (2,5pts)
- Proponga **una** combinación posible de los estados de las llaves  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  (cerrados o abiertos) y un valor de  $R'$  para que la potencia total disipada en las resistencias externas a la fuente sea la máxima posible. Calcule el valor de dicha potencia. (2,5pts)

### Sugerencia:

Puede ser útil saber que la función  $f(x) = x + 1/x$  tiene un valor mínimo en  $x = 1$ .



### Problema 3: ¡Oh, se reventó el globo!

Un globo esférico e inflado con un gas de densidad menor que la del aire, asciende verticalmente en la atmósfera para la cual la temperatura  $T$  en función de la altura  $h$  es:

$$T = T_0 - \lambda h ,$$

donde  $T_0$  es la temperatura de la atmósfera, en grados Kelvin, a nivel del suelo y  $\lambda = 4 \times 10^{-3} \text{ K/m}$  (valor válido para el día del ascenso del globo).

Suponga que:

- 1) El globo es de un material tal que durante el ascenso la presión elástica de éste se mantiene despreciable frente a la presión atmosférica.
- 2) El aire en el exterior y el gas en el interior del globo se comportan como gases ideales y están en equilibrio térmico entre sí.
- 3) La densidad del material del globo no depende de su espesor.
- 4) El globo se revienta cuando el espesor de su pared alcanza el valor igual a la mitad del espesor inicial, es decir inflado a nivel del suelo.
- 5) La dependencia de la presión  $p$  del aire con la temperatura  $T$  está dada por

$$p(h) = p_0 (T / T_0)^{(Mg/R\lambda)} ,$$

donde:

$M$ : masa molar promedio del aire.

$g$ : aceleración de la gravedad supuesta constante con  $h$ .

$R$ : constante universal de los gases ideales.

$p_0$ : valor de  $p$  a nivel del suelo.

### Se pide:

- a) Calcule la fuerza de sustentación del globo. Muestre que ésta no depende de la altura alcanzada. (4 pts)  
(Desprecie el volumen del material del globo frente al volumen del globo inflado).
- b) Determine la temperatura y la altura a la cual el globo se revienta. (6pts)

Datos numéricos:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 ; M = 29,0 \text{ g/mol} ; R = 8,31 \text{ J/mol K} ; T_0 = 293 \text{ K}$$