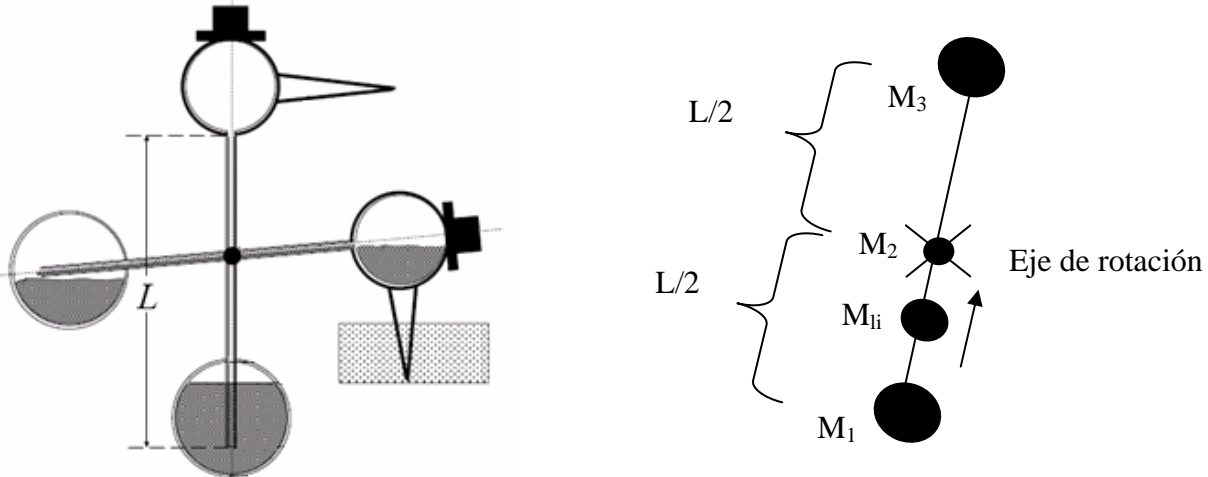


**- PROBLEMA A DESARROLLAR -**  
**- EL PAJARO BEBEDOR -**

**Introducción (descripción del problema a tratar)**

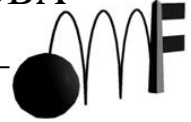


Un *pájaro bebedor* consta de dos pequeñas esferas huecas de vidrio (cabeza y cuerpo) y un tubo hueco que las conecta. Dentro de la esfera inferior hay un líquido coloreado que solo llena parcialmente el cuerpo. De esta manera (ver en la figura), cuando el pájaro está vertical, el tubo queda sumergido en el líquido sin llegar a tocar el fondo. La esfera superior de vidrio, a modo de cabeza, está recubierta de un fieltro poroso al igual que el pico (veremos más adelante que este material es necesario para el funcionamiento del dispositivo). Unido al tubo a media altura ( $L/2$ ) hay un pequeño eje metálico que, a su vez, se apoya sobre unos soportes de tal forma que todo el conjunto del pájaro puede oscilar en torno a este punto.

Cuando la cabeza del pájaro se moja con agua (el pájaro “bebe”), el líquido interno coloreado (que se encontraba en la esfera inferior) comienza a ascender por el tubo hueco. Cuando gran parte del líquido coloreado ha llegado a la cabeza el pájaro comienza a inclinarse y finalmente cae hacia delante (ver el esquema de la figura). Después de adoptar una posición casi horizontal, el extremo inferior del tubo queda situado por encima del líquido y parte del líquido coloreado de la cabeza vuelve al cuerpo. El pájaro retrocede y luego se producen una serie de oscilaciones, hasta que se repite el proceso (hasta que el pájaro vuelve a “beber”).

**DATOS:**

- Masas** La masa del cuerpo del pájaro es  $M_B = 0,6g$ ,  
 la del tubo  $M_T = 0,27g$   
 y la de la cabeza (incluido el gorro y el pico)  $M_H = 1,4g$ .
- Volumenes** El volumen del cuerpo es  $V_B = 2,74cm^3$ ,  
 el volumen del tubo  $V_T = 0,6cm^3$ ,  
 el volumen de la cabeza (interno)  $V_H = 2,13cm^3$   
 y el volumen inicial del líquido coloreado es  $V_l = 2,5 cm^3$ ,
- Líquido** ,su densidad es  $\rho_{Li} = 1,336g/cm^3$   
 y la temperatura de ebullición en condiciones normales  $T_{Lb} = 313,15K$  .
- Agua** Calor específico del agua  $C_{H_2O} = 4,186 J/(g \cdot ^\circ C) = 1 Cal/(g \cdot ^\circ C)$   
 Calor latente de vaporización del agua  $L_{H_2O} = 540cal/g$
- Columna** La longitud del tubo es  $5cm$
- Ambiente** La temperatura ambiente para el problema es de  $293K$



### Nivel inicial

**1** – Suponiendo que inicialmente el pájaro se encuentra inclinado levemente (ver en la figura), decida cómo debe estar distribuido el líquido para que el pájaro se incline a beber.

Para simplificar el problema, desde el punto de vista mecánico, pensemos al pájaro como cuatro masas puntuales:

- $M_1$  el cuerpo con una parte de líquido dentro,
- $M_2$  el tubo,
- $M_3$  la cabeza del pájaro con líquido dentro si este sube y
- $M_{li}$  la masa del líquido en el tubo.

Para el caso de  $M_2$  y  $M_{li}$ , podemos suponer que toda la masa está concentrada en el centro de masa. De esta forma, la posición de  $M_{li}$  varía dependiendo de cuán alta sea la columna de líquido en el tubo y la de  $M_2$  está en el punto medio del tubo.

**2** – Ahora vamos a hacer cálculos para ver por qué la columna de líquido sube. Al estar mojada la cabeza del pájaro, el agua de la misma se evapora extrayendo la energía necesaria del pájaro. De esta forma, lo que sucede es que disminuye la temperatura de la cabeza. Al ocurrir esto, la presión interna de la cabeza baja y la presión del vapor del líquido en el cuerpo es mayor y hace subir la columna de agua. A partir de la condición obtenida en el punto anterior, ¿cuál debe ser la diferencia de temperaturas para que el pájaro llegue a inclinarse?

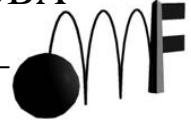
Utilice la ecuación de Clausius Clayperon para un líquido con dos fases en equilibrio (válida para un  $\Delta T$  pequeño):  $\Delta T = \Delta P / B$  con  $B = 2,07 \cdot 10^3 \text{ Pa} / \text{K}$  de acuerdo a los datos del problema. Calcule  $\Delta P$  en términos de la variación de la columna de líquido. Obtenga numéricamente el valor de  $\Delta T$ .

**3** - Calcule cuál es la masa de agua que se tuvo que evaporar de la cabeza del pájaro siendo la energía utilizada para evaporarla la correspondiente utilizada para elevar la columna de líquido. Desprecie el trabajo realizado por el vapor dentro del pájaro.

**4** – ¿Es este un móvil de movimiento perpetuo? ¿Por qué? ¿Podría decir entonces que con este tipo de dispositivos se solucionaría la crisis energética que atraviesa nuestro país?

**1** – La distribución de líquido para que el pájaro se incline a beber son:

Puntaje : \_\_\_\_\_



2 – La diferencia de temperatura para que el pájaro llegue a inclinarse es:

$$\Delta T =$$

donde (en función de la altura de líquido)  $\Delta P =$

**Puntaje :** \_\_\_\_\_

3 – La masa de agua que tuvo que evaporarse es:

$$m_{H_2O} =$$

**Puntaje :** \_\_\_\_\_

4 – Desarrolle y justifique su respuesta a este ítem

**Puntaje :** \_\_\_\_\_