

# **OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA 2004**

## **OAF'2004**

### **PRUEBA TEÓRICA - 20 de Octubre de 2004**

- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a resolver cada problema lea cuidadosamente TODO el enunciado del mismo.
- Usted dispone de 4 (cuatro) horas para realizar la prueba.

Nombre:

Número total de hojas entregadas:

### Problema 1: Viaje a las Estrellas

La serie televisiva “Viaje a las Estrellas” ha sido motivo de interesantes discusiones acerca de la viabilidad científica y tecnológica de los recursos operativos de los que dispone la tripulación de la nave Enterprise. Entre los más sobresalientes de estos recursos se destacan el generador de potencia por aniquilación de materia-antimateria, el teletransportador, el holodeck que permite construir hologramas de materia (no sólo de luz, como actualmente se puede), etc.

Un hecho sumamente llamativo, al menos para el autor de este problema, es que los ocupantes de la nave Enterprise, independientemente del lugar del espacio en donde ésta se encuentre, siempre sienten la acción de un campo gravitatorio similar al terrestre, el cual les permite desplazarse por toda la nave, sin mayores inconvenientes.

El presente problema tiene por objetivo analizar, desde el punto de vista físico, dos posibles modelos de construcción de la nave Enterprise, para que esto ocurra:

**Modelo I:** Supongamos que la nave Enterprise, de masa  $m = 2,0 \times 10^7 \text{ kg}$ , arrastra junto con ella una esfera de masa  $M$ , tal como se muestra en la Figura 1, construida de un material de altísima densidad,  $\rho$ .

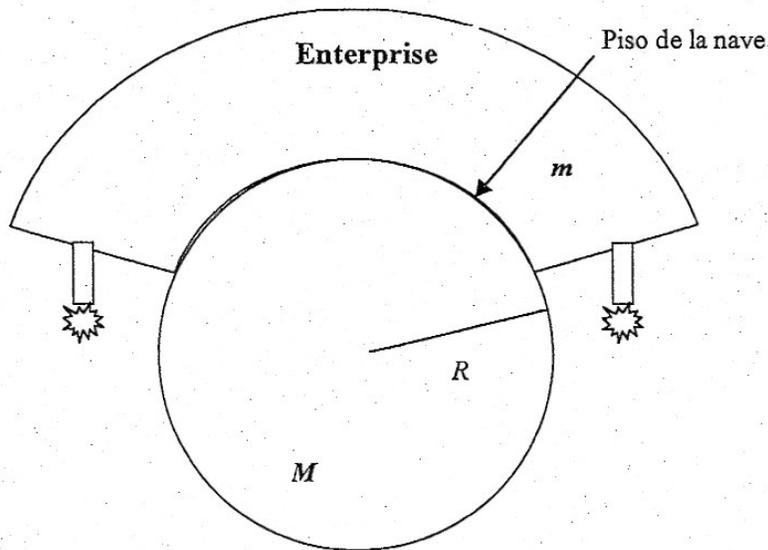


Figura 1

La esfera, de radio  $R = 500\text{m}$ , está firmemente unida a la nave. Además, ésta, posee dos motores para su propulsión.

a) Calcule la masa  $M$  de dicha esfera para que el campo gravitatorio que genera sobre el piso de la nave, corresponda a una aceleración gravitatoria igual  $0,8g$ , donde  $g$  es la aceleración de la gravedad terrestre, la cual tomaremos igual a  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Evalúe el valor de la densidad del material con el que está construida la esfera.

**Desprecie todo efecto gravitatorio debido a la masa de la nave Enterprise.**

**Modelo II:** Los motores de la nave Enterprise, también de masa  $m = 2,0 \times 10^7 \text{ kg}$ , permiten que ésta se desplace permanentemente con una aceleración  $a$  de magnitud menor o igual que  $a_{max} = 0,8g$ , de modo que esta aceleración se sienta como debida a un campo gravitatorio constante (ver Figura 2). ¡Tenga presente lo que le sucede a Ud. cuando va de pie en un colectivo y el chofer acelera!

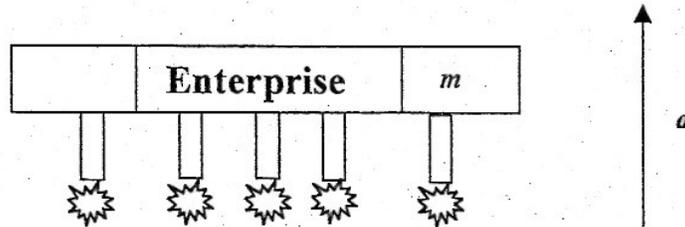


Figura 2

Suponga que la misión de la tripulación de la Enterprise sea recorrer en línea recta una distancia  $D = 6,0 \times 10^{11} \text{ km}$  en un tiempo  $T = 1,6 \times 10^7 \text{ s}$ . Dependiendo de cual de los dos modos de construcción de la Enterprise se utilice, el Capitán debe realizar distintos planes de vuelo.

Si la nave ha sido construida de acuerdo al modelo I, el viaje se planifica de la siguiente forma: la nave, **inicialmente en reposo**, se acelera durante un tiempo  $T_a$  con una aceleración igual a  $0,6g$ ; luego, durante un tiempo  $T_u$  el viaje se realiza a velocidad constante,  $v_f$ .

b) Calcule los tiempos  $T_a$  y  $T_u$  y determine el módulo de la velocidad  $v_f$  a la cual se recorre el trayecto en el que el movimiento es a velocidad constante.

c) Calcule la energía total consumida por los motores de la nave en este caso.

Si la nave Enterprise ha sido construida de acuerdo al modelo II,

d) Determine la aceleración que se debe impartir a la nave, para cumplir con la misión propuesta. Suponga nuevamente que la nave está inicialmente en reposo.

e) En este caso, calcule la energía total consumida por los motores de la nave.

f) Si Ud. fuese a financiar los viajes de la Enterprise, ¿cuál de los dos modos de construcción exigiría? Justifique su respuesta.

En todos los casos suponga que la nave sólo viaja en trayectos rectos y que no realiza movimientos de rotación. Además, no considere etapas de frenado, pues la misión consiste sólo en aproximarse a un sitio ubicado a una distancia  $D$ ; no en posarse sobre un planeta ubicado en el sitio.

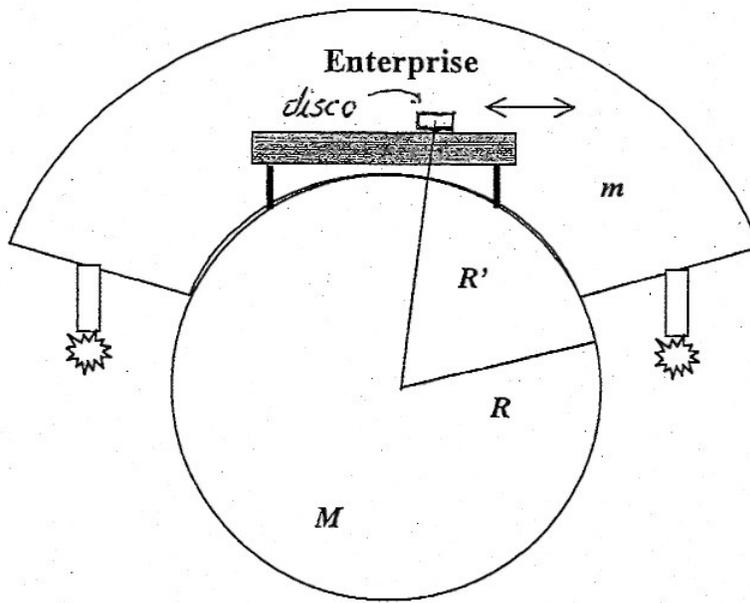


Figura 3

Suponga ahora que en el primer modelo de la nave Enterprise, se coloca una mesa con una pista recta sobre la cual puede **deslizar sin rozamiento**, sobre una de sus caras, un disco pequeño de masa  $\mu = 1 \text{ kg}$  ; ver figura 3 (El dibujo no está a escala ¡!). Este disco se deja en reposo sobre la pista cerca del borde de la mesa y se observa que realiza un movimiento oscilatorio, sin caerse de la mesa.

g) *Justifique que tal movimiento oscilatorio es posible y calcule el período de oscilación de dicho movimiento. Para esto último, distinga las dos situaciones: i) cuando el movimiento de la nave es uniforme, y ii) cuando la nave está acelerada.*

Considere que el módulo de la fuerza total que actúa sobre el disco es constante, despreciando de esta manera la distancia entre el centro del disco y el suelo de la nave, es decir considere  $R' \approx R$ .

La constante de gravitación universal es  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / (\text{kg s}^2)$ .

## Problema 2: Un termómetro novedoso

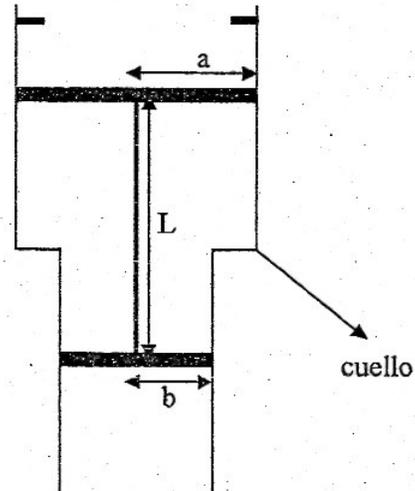
Considere un tubo vertical abierto por ambos extremos y con secciones diferentes arriba y abajo como se muestra en la figura. En su interior se encuentran dos émbolos de masas  $M = 0,35 \text{ kg}$  y  $m = 0,15 \text{ kg}$  respectivamente, unidos por una barra rígida de peso y volumen despreciable y longitud  $L$ . En el espacio comprendido entre los émbolos hay  $0,1$  moles de un gas ideal. El radio del émbolo de mayor área es  $a = 13,47 \text{ cm}$  y el del émbolo de menor área es  $b = 12,47 \text{ cm}$ . Considere efectos de rozamiento despreciables. La presión atmosférica es  $P_0$ .

- a) Demuestre que la presión del gas correspondiente al sistema en equilibrio a una temperatura  $T$  es:

$$P_G = P_0 + \frac{(M + m)g}{\Delta S}$$

donde  $\Delta S$  es la diferencia entre áreas de los émbolos.

- b) Encuentre una expresión que relacione la variación de temperatura con la variación de volumen ocupado por el gas.
- c) Cuánto cambiará la posición de los émbolos si la temperatura varía en  $1^\circ \text{C}$ ?
- d) Cuánto tiene que valer  $L$ , para que la división correspondiente al  $0^\circ \text{C}$  corresponda a una posición de equilibrio del émbolo mayor ubicado en el cuello del dispositivo?
- e) Con estas condiciones hasta qué temperatura podrá ser utilizado el termómetro?



### Datos útiles

$$R = 8,31 \text{ J/(mol K)}$$

$$P_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

### Problema 3: Energía Solar

En la escuela rural de Cachiyuyo (paraje inhóspito del norte cordobés) a la cual asisten 15 alumnos desde 1° a 6° grado hay uno de los 200 convertidores (distribuidos en tantas escuelas rurales cordobesas) de energía luminosa a energía eléctrica. Estos convertidores se denominan paneles solares.

La energía eléctrica producida en los paneles solares, si no es utilizada por algún artefacto eléctrico, es almacenada en un grupo de baterías de 12 V. El esquema de conexión del circuito implementado en la escuela está expuesto en la figura 1.

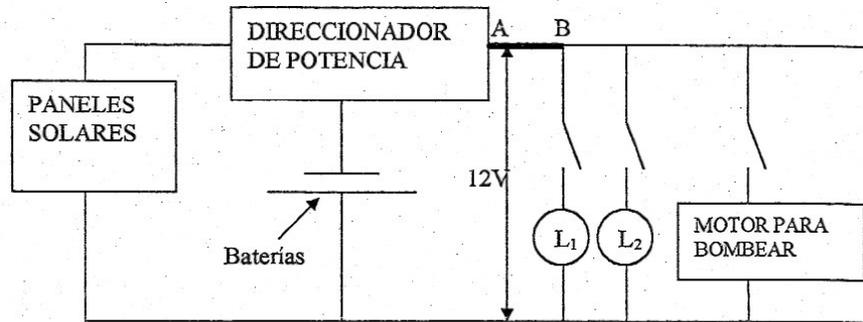


Figura 1

La potencia eléctrica producida por los paneles solares depende de la insolación del día. En la figura 2 se graficó la potencia entregada por los paneles solares. El área marcada en la figura corresponde a la energía producida por los paneles, durante las horas de luz (entre las 8hs y las 18hs).

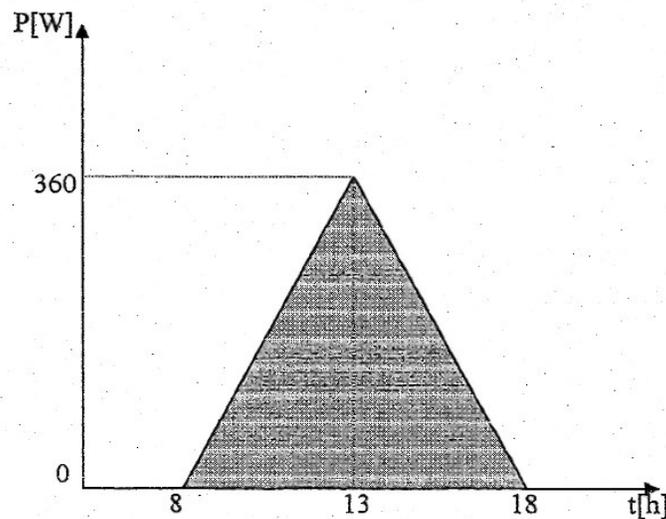


Figura 2

Si la lámpara  $L_1$  está encendida todo el día (24hs).

a) ¿Cuántos joules de energía consume durante un día?

Suponga que además de la lámpara  $L_1$  está encendida la lámpara  $L_2$ .

b) ¿Cuánta corriente circula por el conductor AB señalado en la figura 1?

La eficiencia  $\eta$  de un sistema (máquina) se define como el cociente entre el trabajo realizado ( $W$ ) sobre la energía ( $E$ ) entregada a ese sistema. Eso es  $\eta = W/E$ .

La disposición del sistema de bombeo de la escuela está graficado en la figura 3. Se necesita bombear 300 litros de agua desde la napa de agua hasta el tanque de agua de la escuela. Considerando que todo el tramo vertical del caño que lleva agua al tanque está lleno de agua cuando arranca el motor y queda lleno de agua una vez que se vertieron los 300 litros de agua en el tanque:

c) *¿Cuánto tiempo demora el motor en elevar los 300 litros de agua desde el pozo al tanque si la eficiencia del sistema de bombeo es  $\eta = 0,1$ ?*

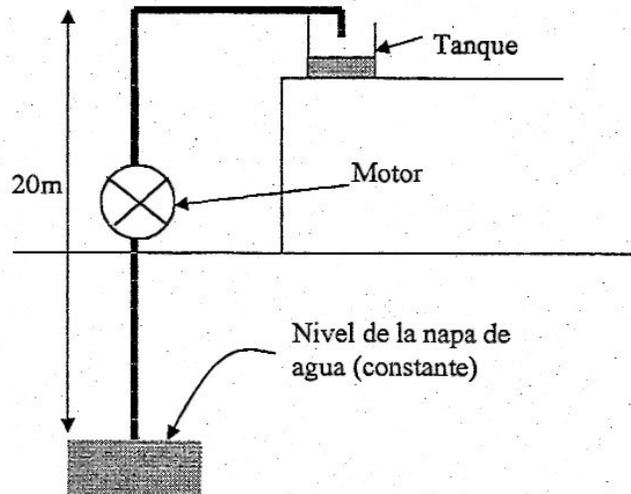


Figura 3

Suponga que cierto día a las 18hs cuando la escuelita de Cachiyuyo se cierra y se apagan todos los artefactos eléctricos excepto la lámpara  $L_1$  las baterías tienen almacenada una energía  $E_0 = 2 \times 10^6 J$ . Al otro día sale el sol a las ocho de la mañana y comienza a aportar energía eléctrica según lo indicado en la figura 2.

d) *¿A qué hora del día las baterías alcanzan el mínimo de energía si solo sigue encendida  $L_1$ ?*

e) *¿Cuánto vale esa energía? (Expresa su resultado en joules).*

Es usual que durante el invierno haya varios días nublados. Suponga que esa fue la causa por la que todas las baterías perdieron toda la energía almacenada. Por suerte amanece soleado justo el día en que es impostergable dar de beber a los animales de la granja de la escuela. Para ello se debe encender el motor de la bomba de agua que tiene un consumo constante  $P_m$ . Este motor funciona solo si se le suministra toda la potencia que necesita,  $P_m$ , si no es así, no funciona, se apaga.

Suponga que, con el sol, comienza a almacenarse energía en las baterías de acuerdo con los datos de la Figura 2 y que el único artefacto conectado es la bomba de agua (ni  $L_1$  está encendida). Con estos datos aconsejen a la maestra de la escuela de Cachiyuyo para que ella conozca:

f) *¿cuál es la hora más temprana en la que los paneles solares y las baterías estarán en condiciones de suministrar, al motor, la potencia que necesita para funcionar ininterrumpidamente?*

*g) ¿Hasta qué hora estará funcionando el motor del sistema de bombeo, teniendo en cuenta lo calculado y las condiciones de funcionamiento de la bomba impuestos en el punto f)?*

*h) ¿Cuántos litros de agua podrá bombear el sistema al tanque teniendo en cuenta que  $\eta = 0,1$ ?*

**Datos:**

Potencia consumida por:

$L_1 \quad P_1 = 30W$

$L_2 \quad P_2 = 30W$

Motor  $P_m = 200W$

Aceleración de la gravedad  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Densidad del agua  $\delta = 1 \text{ g/cm}^3$

# **OLIMPIADA ARGENTINA DE FÍSICA 2004**

## **OAF'2004**

PRUEBA EXPERIMENTAL - 18 de Octubre de 2004

- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a resolver cada problema lea cuidadosamente TODO el enunciado del mismo.

Nombre:

Número total de hojas entregadas:

# Campos magnéticos – momentos magnéticos

## 1. Objetivo

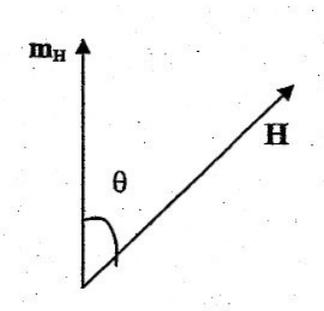
El objetivo de esta prueba experimental es determinar el momento magnético de un imán permanente y el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre.

## 2. Teoría

Un imán permanente suspendido de su centro de masa en el seno de un campo magnético externo homogéneo  $H$  se orientará, de la manera que lo hace la flecha de una brújula, en la dirección y sentido del mismo. Si se lo saca de dicha posición de equilibrio el imán comenzará a oscilar. En esta situación el campo magnético  $H$  ejerce un torque restaurador dado por:

$$\tau = m_H H \sen \theta \quad [1]$$

siendo  $m_H$  el momento magnético asociado al imán permanente y  $\theta$  el ángulo comprendido entre el vector momento magnético y el vector campo magnético externo.



En el límite de pequeñas oscilaciones, el  $\sen \theta$  se puede aproximar por  $\theta$  resultando:

$$\tau \approx m_H H \theta \quad [2]$$

A partir de las ecuaciones de movimiento que nos da la mecánica se demuestra que la frecuencia angular de oscilación está dada por la siguiente expresión:

$$\omega^2 = \frac{m_H H}{I} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \quad [3]$$

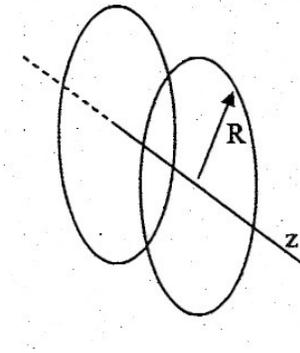
donde  $I$  es el momento de inercia del imán permanente y  $T$  es el período de oscilación.

Una forma de generar un campo magnético externo homogéneo, de magnitud igual o mayor que el campo magnético terrestre, es por medio de un sistema conocido como bobina de Helmholtz.

Una bobina de Helmholtz consiste de dos espiras circulares de radio  $R$  separadas por una distancia igual a su radio. Si ambas bobinas tienen un número de vueltas igual a  $N$  y por ambas espiras circula una misma corriente  $i$  (en el mismo sentido), se tiene que el campo magnético en el centro entre las dos espiras es uniforme dentro de un volumen de radio  $R$ . El valor de ese campo viene dado por:

$$H_z = \frac{32\pi}{\sqrt{125}} \times 10^{-6} \frac{Ni}{R} \quad [i] = mA, [H] = Gauss, [R] = m \quad [4]$$

donde  $z$  es la dirección a lo largo del eje de las bobinas. El sentido del vector  $H$  depende de la dirección de circulación de la corriente.



### 3. Lista de materiales

- Un imán permanente.
- Una bobina de Helmholtz.
- Un cronómetro.
- Una fuente de voltaje variable.
- Un multímetro.
- Cable de conexión.
- Hojas de papel blanco y milimetrado.

Lea TODAS las instrucciones ANTES de comenzar

### 4. Procedimiento experimental

- 1- Arme el circuito como se muestra en la Figura 1.
- 2- Determine la posición de equilibrio del imán en ausencia del campo magnético generado por las bobinas. Fije, como crea conveniente, la posición relativa del imán respecto al eje de las bobinas.
- 3- Con la posición fijada en el ítem 2, cierre el circuito y mida el período de oscilación del imán permanente para distintos valores de campo magnético externo  $H$ . Esto se logra variando la corriente que circula por la bobina de Helmholtz.
- 4- Para variar la corriente que circula por las bobinas se cuenta con una fuente (ver Figura 2) que puede generar diferencias de voltajes entre 1.5 y 9 V. Además el dispositivo, donde están las bobinas, cuenta con dos salidas que permiten variar la resistencia del circuito.

### 5. Requerimientos

- a- Dibuje en la Figura 1 la dirección y el sentido de la posición de equilibrio determinada en el ítem 2 del procedimiento experimental.
- b- Registre en una tabla los valores de corriente y del período correspondiente.

- c- Calcule la magnitud del campo magnético generado por la bobina de Helmholtz para cada una de las corrientes que haya utilizado y los respectivos  $\omega^2$ . Confeccione una tabla con dichos valores.
- d- Grafique  $\omega^2$  en función del campo magnético generado por las bobinas de Helmholtz.
- e- Calcule el momento de inercia del imán.
- f- A partir de la gráfica determine el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre y el momento magnético del imán.

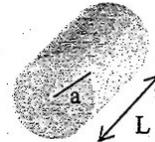
**Nota:**

- Describa detalladamente los criterios utilizados en la determinación de los errores de todas las cantidades medidas y determinadas.

**6. Datos**

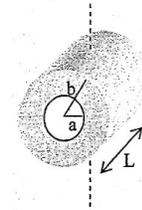
- Fórmula para el cálculo del momento de inercia de un cilindro homogéneo de masa  $m$  respecto de un eje paralelo al diámetro y que pasa por el centro de masa:

$$I = \frac{m}{4} \left[ a^2 + \frac{L^2}{3} \right]$$



- Fórmula para el cálculo del momento de inercia de un cilindro hueco de masa  $M$  respecto de un eje paralelo al diámetro y que pasa por el centro de masa:

$$I = \frac{1}{4} M \left( b^2 + a^2 + \frac{L^2}{3} \right)$$



- $b = (0,800 \pm 0,002)$  cm.     $a = (0,337 \pm 0,005)$  cm.     $m = (2,94 \pm 0,01)$  g.

$$M = (17,64 \pm 0,01)$$
 g.     $L = (1,200 \pm 0,005)$  cm.     $N = 100$

$$R = (5,5 \pm 0,1)$$
 cm

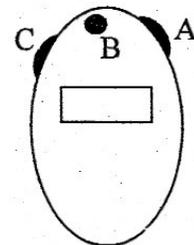
- La masa del palillo es  $m_p = (0,0270 \pm 0,0001)$  g y su largo  $l_p = (1,820 \pm 0,005)$  cm

**7. Uso del cronómetro**

**Botón A (START/STOP):** Activa y detiene el cronómetro.

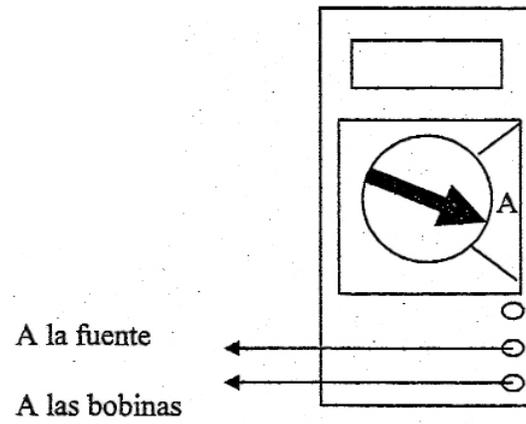
**Botón B (MODE):** Selecciona el modo del cronómetro.

**Botón C (LAP/RESET):** Vuelve a cero el cronómetro cuando se lo ha detenido. También permite realizar una lectura de un tiempo parcial. Presionándolo una vez, después de haber iniciado la medición con el botón A, permite visualizar el tiempo parcial sin que se detenga el cronómetro, volviendo a presionar, se continúa visualizando la medición del tiempo.



## 8. Uso del multímetro

- Asegúrese de colocar el selector central en la escala de 200 m (DCA)
- Los cables de conexión al equipo tienen que ser colocados en los lugares indicados en el dibujo.



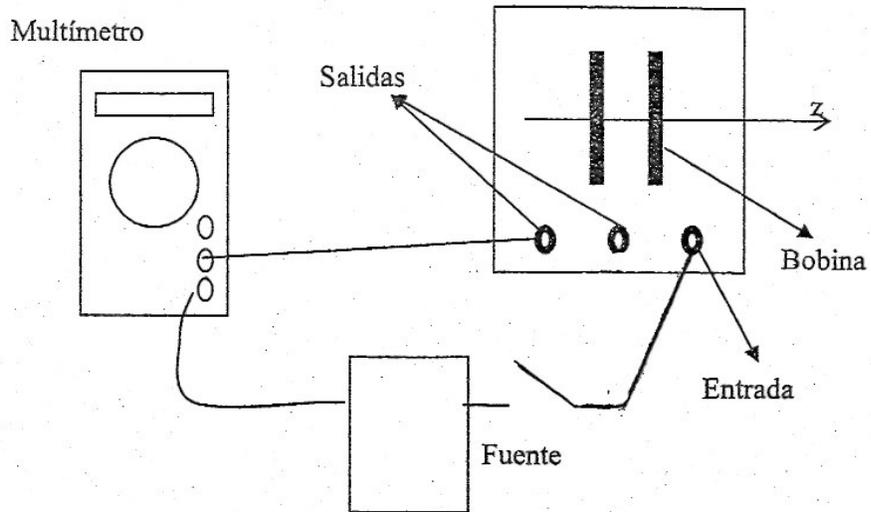


Figura 1

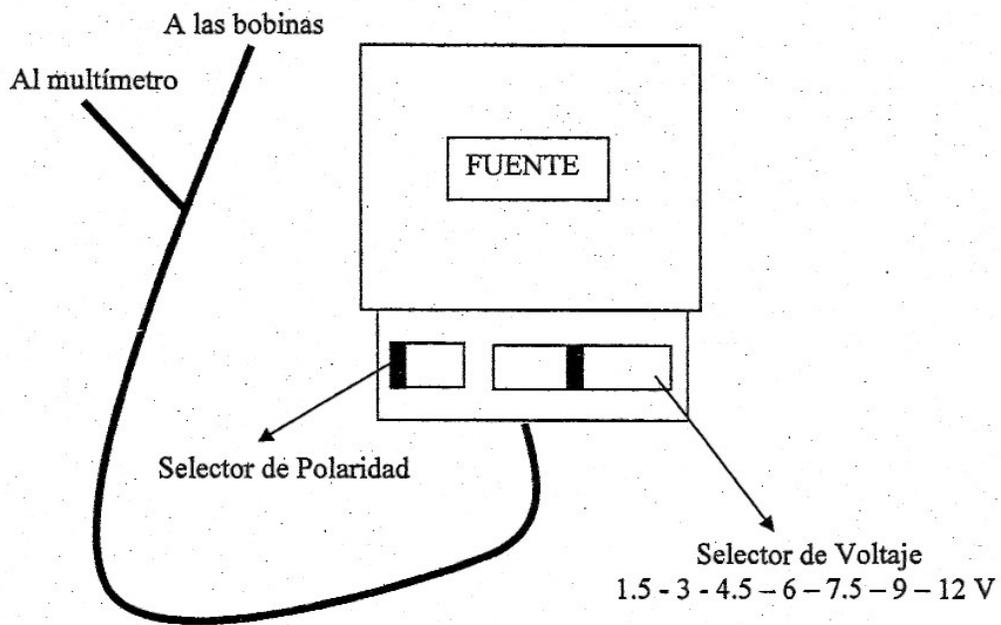


Figura 2