OLIMPIADA ARGENTINA DE FISICA 2002

OAF'2002

PRUEBA TEÓRICA - 23 de Octubre de 2002

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

Nombre:

Número de hojas entregadas:.

Problema 1: El Termómetro de Galileo

En búsqueda de un método preciso de medición de temperaturas, en el año 1597 Galileo desarrolló el primer termómetro científico. Si bien con el paso de los años el desarrollo original de Galileo fue cambiando, su forma actual es escencialmente la misma que la propuesta por el sabio italiano.

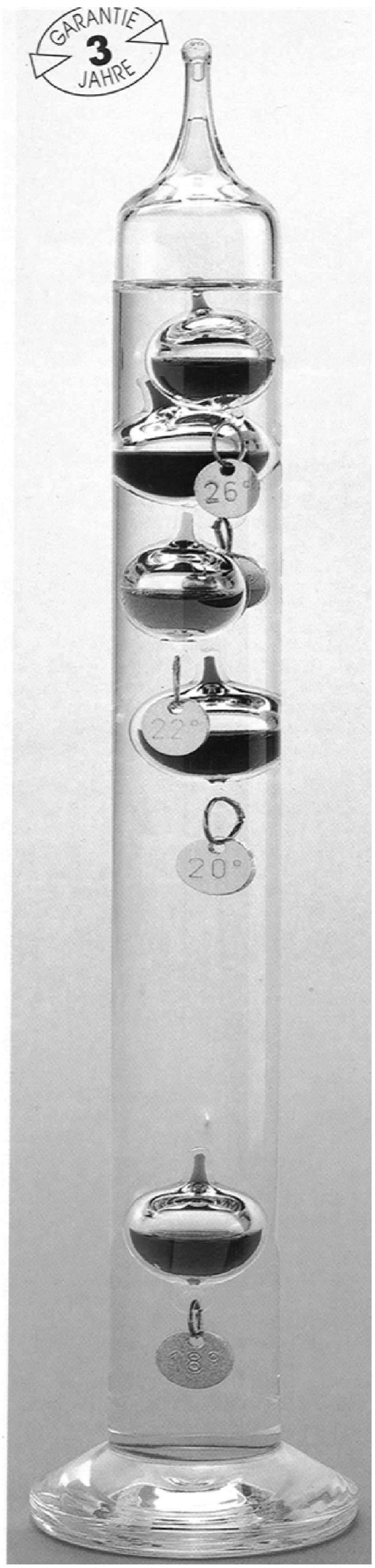
El termómetro de Galileo consiste de un tubo de vidrio vertical, cerrado en ambos extremos, que contiene un líquido en el que se encuentran varias esferas flotantes, etiquetadas con distintos valores de temperatura (ver figura adjunta). Cada una de estas esferas posee un peso particular. El principio de funcionamiento del termómetro está basado en la dilatación y contracción del líquido contenido en el tubo, debido a sus cambios de temperatura. Como consecuencia de ello, la densidad del líquido varía con la temperatura, produciéndose, así, cambios en el estado de flotación de las esferas. Esto nos indicará los distintos valores de temperatura a las que se encuentra el líquido en el cual están sumergidas las esferas.

Suponga que Ud. debe diseñar y construir un termómetro de Galileo. Para ello se le entrega:

1) una cierta cantidad de alcohol, el cual deberá usar como líquido en el que se sumergen las esferas; 2) cinco esferas vacías de 3 cm de diámetro cuando están a 18 ^{0}C, de 6 gr de masa cada una y de pared con espesor despreciable; 3) cierta cantidad de agua destilada con la cual podrá rellenar las esferas en distintas cantidades con el objeto de obtener un peso diferente para cada una de ellas y 4) una tabla de densidades para el alcohol a distintas temperaturas.

Ud. podrá cerrar fácilmente y herméticamente cada una de las esferas de forma tal que el líquido contenido en ellas no pueda derramarse ni evaporarse. Inicialmente supondremos que el material con el que están construidas las esferas no se dilata ni se contrae con los cambios de temperatura. Los rótulos que usará para identificar a cada una de las esferas tienen peso despreciable.

a) **Exprese la condición de flotación, para cualquiera de las esferas, a una cierta temperatura dada, T.**



b) Calcule la masa de agua que debe colocar en cada una de las esferas para que las mismas permitan medir las temperaturas de 18^0C, 20^0C, 22^0C, 24^0C y 26^0C. Suponga que la densidad del agua destilada es 1,0 gr/cm^3 y que no cambia con la temperatura en ese rango**.**

c) Suponga ahora que desea construir el termómetro de Galileo como una instrumento de medición más preciso. Para ello ha decidido tomar en cuenta la dilatación (o contracción) del material con el que están construídas las esferas. El coeficiente de dilatación volumétrica de ese material es α= 6,8 x 10^{-5} 1/ ^{0}C. **¿En cuánto difieren los valores de temperatura anteriormente asignados, a cada una de las esferas, con los que resultan al tener en cuenta la dilatación (o contracción) de las esferas?**

Suponga en este caso también que la densidad del agua destilada es constante en el rango de temperaturas considerado.

Problema 2: Birra y algo más...

Un conocido Pub vende cerveza en jarros de diseño propio. Estos jarros son de base cuadrada de 10 cm de lado y 15 cm de alto. La base del jarro es de 2 cm de espesor, mientras que las paredes laterales son de 3 mm de espesor (ver figura). Los jarros están hechos de vidrio de densidad 2,6 g/cm^3.
Un asiduo concurrente, luego de haber consumido su cerveza, retorna el jarro al cantinero, que se encuentra a 1,5 m de distancia, haciéndolo deslizar sobre la barra que es de madera encerada.

a) **Determine el peso del jarro vacío suponiendo que la aceleración de la gravedad en el lugar es de 9,8 m/s^2.**

b) **Calcule la fuerza con la que el cliente debe empujar el jarro, suponiendo que inicialmente está en reposo, para que se detenga justo en frente al cantinero. Suponga que el coeficiente de rozamiento dinámico entre el vidrio y la madera encerada es 0,19 y que el cliente le aplica al jarro una fuerza constante durante los primeros 30 cm de recorrido y luego lo suelta.**

El cantinero llena el jarro con cerveza (densidad de la cerveza 1.004 g/cm^3) hasta 3 cm del borde superior y le devuelve el jarro al cliente. Sabiendo que cuando el jarro está acelerado la superficie del líquido no permanecerá horizontal y suponiendo que la cerveza es un líquido ideal,

c) Considere un elemento de volumen en la superficie del líquido y grafique cualitativamente las fuerzas que actúan y la aceleración a la cuál está sometido la masa de líquido contenida en ese volumen, mientras el jarro es empujado por el cantinero. **Basado en ese dibujo, diga cual es la forma que adopta la superficie del líquido.**

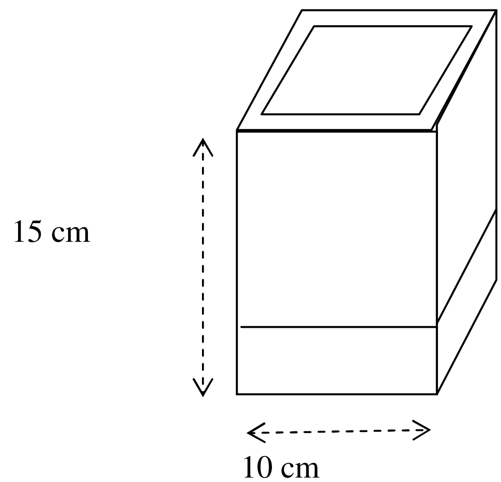
d) **Calcule en un punto de la superficie del líquido el ángulo de inclinación de dicha superficie, respecto de la horizontal, en función de su aceleración.**

e) **Calcule la fuerza máxima que se puede aplicar al jarro, sin que se derrame cerveza.**

f) **Determine, si aplicando esa fuerza máxima, el cantinero puede hacer llegar el jarro frente al cliente.** (Suponga nuevamente que el cantinero aplica una fuerza constante en los primeros 30 cm del recorrido).

Suponga ahora que el cliente recibe un llamado urgente y se retira del local llevando uno de los jarros, con autorización del cantinero, el cual ha sido llenado con agua hasta 3 cm del borde superior. El jarro dentro del auto se fija sobre una superficie horizontal de manera que el jarro no desliza ni se tumba.

g) **Calcule la máxima velocidad con la que puede tomar una curva horizontal de 50 m de radio sin que se derrame el agua en el vehículo.** Suponga que el auto no desliza en la curva, que la masa del auto es de 1500 kg. y la masa del cliente es de 90 kg.



Problema 3: La Ciudad Sumergida

A varios años del fin de la década de la Oscuridad, la raza de los Brokos descubrió el punto débil de la cúpula de la Ciudad Sumergida.
Dicha ciudad era un cilindro con una cúpula muy delgada, aparentemente sólo transparente a la luz visible, en forma de semiesfera, con un radio de 100m (ver figura). La ciudad contenía una atmósfera de aire. La virtud de la cúpula era su material, impermeable a todo tipo de proyectil mecánico y electromagnético utilizado por sus ancestrales enemigos, los Brokos. Luego de muchos intentos, un espía pudo vulnerar el secreto de la ciudad, y descubrió que la cúpula era permeable a las bolitas de paraíso. Con esta información, los Brokos decidieron atacar con dichas bolitas y posteriormente con un láser de He-Ne. La primera misión fue molestar al líder de la ciudad.
La tarea fue asignada a Brok, el molesto. Él se ubicó en el agua, justo por encima del vértice, V, de la cúpula, a una distancia de 200m de ella, sobre la dirección vertical (ver figura).

a) Brok ve al líder en la ciudad, debajo del vértice de la cúpula, a una distancia de 200m del vértice según la vertical.

¿Cuál es la distancia real desde el vértice de la cúpula hasta la posición del líder?

Brok se distrae un instante cargando sus armas y cuando vuelve a mirar, ve al líder que se ha desplazado en dirección horizontal una distancia , que según él, es de 10m.

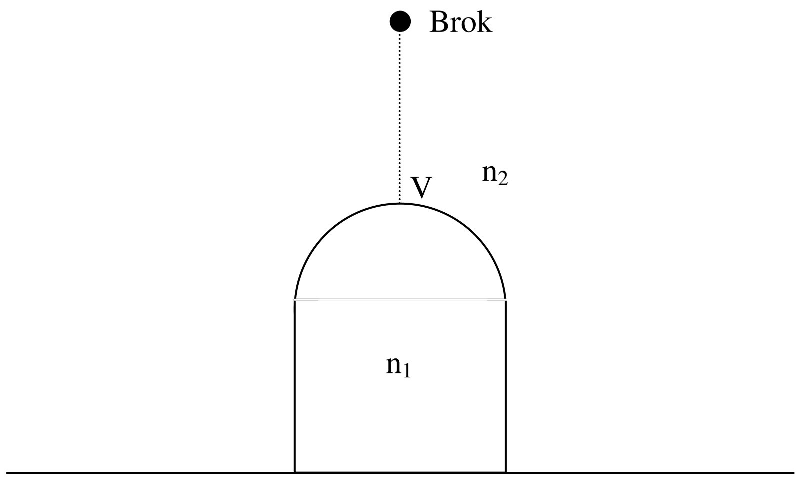
b) ¿Cuánto se ha desplazado realmente el líder?

Como Brok no sabía física, pide ayuda al centro de mando preguntando en qué dirección debía apuntar sus armas para acertar a su objetivo.

c) ¿Con qué ángulo, respecto de la vertical, debe apuntar Brok su arma que dispara bolitas de paraíso?

d) Como Brok era muy molesto, decide seguir molestando al líder pero ahora con su arma láser de He-Ne.

¿Con qué ángulo, respecto de la vertical, debe apuntar Brok su arma que dispara un rayo láser de He-Ne?



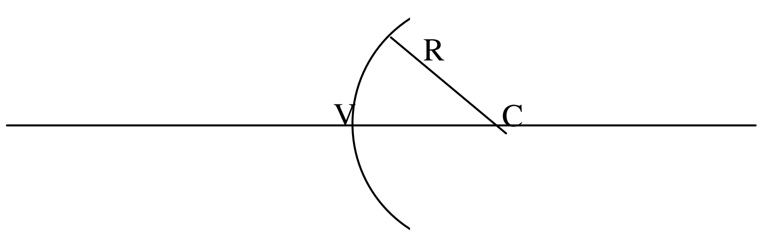
AYUDAS

<u>Refracción de la luz en una superficie esférica</u>

La ley de refracción de la luz en una interfase esférica que separa dos medios ópticos(medio 1 y medio 2) es la siguiente:

$$\frac{n_1}{S_o} + \frac{n_2}{S_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Siendo $\mathbf{n_1}$ el índice de refracción en el medio 1 (en el que se encuentra el objeto) y $\mathbf{n_2}$ el índice de refracción en el medio 2.
$\mathbf{S_o}$ es la distancia desde el objeto a **V**, $\mathbf{S_i}$ es la distancia desde la imagen a **V** y **R** es el radio de curvatura.



<u>Convención de signos</u>

$\mathbf{S_o}$ es positivo si el objeto se encuentra a la izquierda de **V**.
$\mathbf{S_i}$ es positivo si la imagen se encuentra a la derecha de **V**.
R es positivo si el centro de curvatura **C** se encuentra a la derecha de **V**.

Valores del índice de refracción para la luz visible

Índice de refracción del aire $\mathbf{n_1}$=1
Índice de refracción del agua $\mathbf{n_2}$=4/3

Otras ayudas

1) El láser de He-Ne emite luz de longitud de onda dentro del rango visible.
2) Considere bolitas ideales que no tienen rozamiento con medio alguno. Los efectos de la gravedad pueden ser despreciados.
3) Es suficiente hacer las cuentas considerando que $\alpha \cong \mathrm{sen}\alpha \cong \mathrm{tg}\alpha$.

OLIMPIADA ARGENTINA
DE FISICA 2002

OAF'2002

PRUEBA EXPERIMENTAL - 21 de Octubre de 2002

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

Nombre:

Número de hojas entregadas:.

Prueba Experimental

Conservación de la energía, flujo de líquidos y viscosidad.

1. Teoría

El caudal Q de líquido que lleva una tubería, se puede expresar como

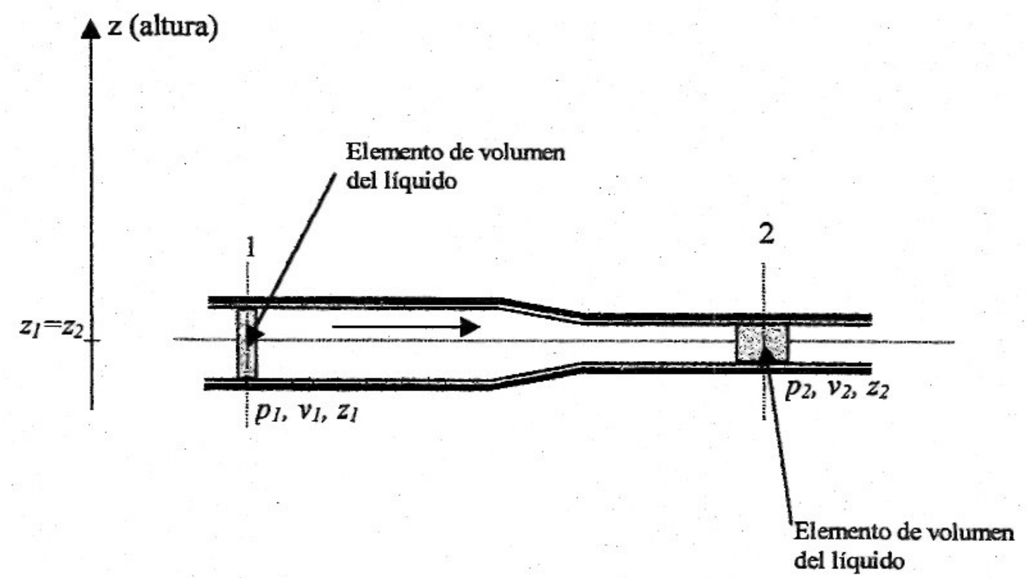
$$Q = v\,A \qquad [1]$$

donde v es la velocidad del líquido en un punto de la tubería y A el área de la sección transversal de la tubería en dicho punto. Si el líquido es incomprensible, el caudal a lo largo de toda la tubería, que puede ser de sección variable, es constante.

Por otro lado, la conservación de la energía aplicada a un elemento de volumen de un líquido incomprensible, en el caso que la tubería sea horizontal, permite obtener la siguiente ecuación

$$\frac{p_1 p_2}{\delta} = \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + W_{1-2} \qquad [2]$$

donde (p_1, v_1) y (p_2, v_2) indican respectivamente, la presión y velocidad del elemento de volumen del líquido, cuando está en el punto 1 y en el punto 2 de la tubería. δ representa la densidad del líquido, mientras que $W_{1\text{-}2}$ es la pérdida de energía cinética, a causa de la viscosidad del líquido, cuando el elemento de volumen del líquido va desde el punto 1 al 2 (ver figura).



La diferencia de presión entre los puntos 1 y 2 se puede expresar por p_1-p_2 = $g\delta\,(h_1$-$h_2)$, donde h_1 y h_2 representan las alturas de columnas de líquido en los tubos verticales (manómetros) conectados con la tubería en los puntos 1 y 2 respectivamente, g es la aceleración de la gravedad con lo cual la fórmula [2] se escribe como

$$h_1 - h_2 = \frac{1}{2g}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{W_{1-2}}{g} \qquad [3]$$

Si la velocidad del líquido en el punto 1 es baja comparada con v_2, se puede demostrar que $W_{1\text{-}2} = \alpha\, v_2$, donde α es un coeficiente de proporcionalidad. Por lo tanto, despejando α resulta:

$$\frac{\alpha}{g} = \frac{h_1 - h_2}{v_2} - \frac{1}{2gv_2}(v_2^2 - v_1^2) \qquad [4]$$

Consideremos ahora el dispositivo experimental que nos ocupa. El líquido es agua y está contenido en una botella de sección A_B y circula por una tubería de plástico y metal de sección reducida. Recordando que el caudal es constante, tanto en la botella como a lo largo de toda la tubería, sabemos que $v_B A_B = v_1 A_1 = v_2 A_2$, con lo cual [4] se puede rescribir como

$$\frac{\alpha}{g} = \frac{A_2}{A_B}\frac{(h_1 - h_2)}{v_B} - \frac{A_B}{2gA_2}\left[1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}\right]v_B \qquad [5]$$

donde v_B representa la velocidad del agua en la botella (por ejemplo, de un punto de la superficie horizontal del agua).
De esta manera con la expresión [5], conociendo A_B, A_1, A_2, g y midiendo h_1, h_2 y v_B, se determina el valor de α.

2. Lista de materiales

- Una botella llena de agua de la que sale una tubería horizontal.
- Dos manómetros de columna de agua adosados a la tubería con escala graduada en milímetros.
- Una llave para regular el caudal de agua en la tubería.
- Un tapón en el extremo de la tubería para bloquear el flujo de agua.
- Un cronómetro. (Ver hoja donde se explica su funcionamiento).
- Un vaso plástico dentro de otro recipiente mayor.
- Hojas de papel blanco y milimetrado.

3. Procedimiento experimental

Lea TODAS las instrucciones ANTES de comenzar

i) Verifique que el nivel del agua en la botella y en los dos manómetros sea el mismo.

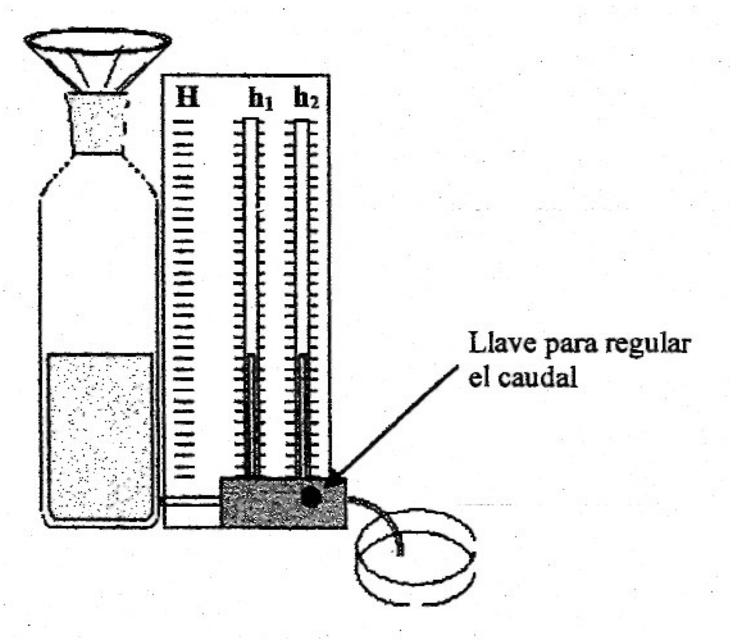
ii) Saque el tapón del extremo de la tubería y regule la llave de paso (tornillo con arandela soldada) de modo que aparezca una diferencia de altura entre las dos columnas manométricas.

iii) Recoja el agua que va cayendo en el vaso plástico.

iv) Vuelva a colocar el tapón *sin modificar* la posición de la llave que regula el caudal y retorne a la botella el agua recogida en el vaso.

v) Saque nuevamente el tapón, espere unos segundos hasta que h_1-h_2 se estabilice y mida la altura H del agua en la botella, en función del tiempo, a partir de $H_0=H(t=0)$ y hasta que $H\approx H_0$-$2cm$ (el símbolo ≈ indica aproximadamente). Recoja esos datos en una tabla.

vi) Coloque nuevamente el tapón, retorne el agua del vaso a la botella y repita v) pero ahora para medir h_1 en función del tiempo. Recoja esos datos en una tabla.
Repita el procedimiento para medir h_2 en función del tiempo. Recoja esos datos en una tabla.
IMPORTANTE: Para medir $h_1(t)$ y $h_2(t)$ arranque el cronómetro cuando el nivel del agua en la botella sea H_0.



4. Requerimientos

1- Grafique los datos obtenidos de H, h_1 y h_2 en función del tiempo.
2- Con la ayuda de los gráficos determine h_1-h_2 y v_B.
3- Calcule α (con su error) haciendo uso de la ecuación [5].
4- Repita los puntos 1, 2 y 3 anteriores para diversos caudales (diversos v_2).
5- Grafique α en función de v_2.

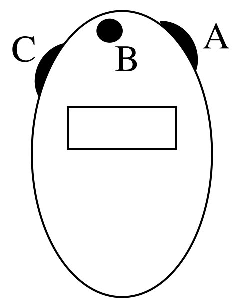
Nota: - Describa detalladamente los criterios utilizados en la determinación de los errores.

5. Datos

- $g = (9.8 \pm 0.1)\text{m/s}^2$
- Sección de la botella $A_B = (8080 \pm 50)\text{mm}^2$
- Sección de la tubería en el punto 1 $A_1 = (78.5 \pm 0.5)\text{mm}^2$
- Sección de la tubería en el punto 2 $A_2 = (4.1 \pm 0.1)\text{mm}^2$

6. Uso del cronómetro

Botón A (START/STOP): Activa y detiene el cronómetro.
Botón B (MODE): Selecciona el modo del cronómetro **(NO TOCAR)**
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.



RECOMENDACIONES:
- No permita que le entre aire a la tubería porque es muy difícil sacar las burbujas que quedan atrapadas.

- Sea cuidadoso en el manejo de todo el equipo. Sobre todo no toque la escala graduada con las manos mojadas ni la salpique porque se correrá la tinta.