

**Instancia Nacional
Prueba Teórica
Nivel 1**

Problema 1

Aprovechando el viento

La energía eólica supone actualmente una fuente de energía renovable, competitiva con otras fuentes de energía renovables e incluso con las tradicionales no renovables. El aerogenerador transforma energía cinética del viento en energía mecánica (que se evidencia en el giro de las palas del generador) y luego esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica. Es decir que tenemos una máquina, que opera en modo generador de energía eléctrica, gracias al giro del eje del rotor del aerogenerador, provocado por la acción del viento sobre las palas.



- a) Si las aspas del generador tienen una longitud de 20m calcule cual es el área que barren cuando giran.
- b) Suponiendo que la velocidad del viento es de 30km/h calcule cuál es el volumen de aire por unidad de tiempo que pasa a través del área circular calculada en la consigna a).
- c) Sabiendo que la densidad del aire es de $1,2\text{kg/m}^3$ calcule la potencia del viento (energía por unidad de tiempo) que incide sobre el generador.
- d) Si el generador tiene una eficiencia teórica del 48% para transformar energía cinética del viento en energía de rotación del generador, determine la energía por unidad de tiempo (potencia), que el generador absorbe de la energía eólica.
- e) Calcule velocidad del viento en la parte posterior del generador.
- f) Se denota con la letra griega λ a un parámetro importante en los generadores. Su valor corresponde a la relación que existe entre la velocidad en los extremos de las palas y la velocidad del viento incidente. En generadores de tres palas la potencia óptima (48%) se obtiene cuando λ vale 7. Calcule la velocidad que tiene el extremo de las palas cuando se genera la potencia óptima.
- g) Calcule la aceleración centrípeta de los extremos de las palas.
- h) Calcule la velocidad angular del rotor.

Problema N°1: Aprovechando el viento (NIVEL 1)
Hoja de Respuestas (Expresar todas las respuestas en el sistema MKS)

	Puntaje
a) Valor del área	
b) Volumen de aire por unidad de tiempo	
c) Potencia del viento	
d) Potencia absorbida por el generador.	
e) Velocidad del viento	
f) Velocidad del extremo de las palas	
g) Aceleración del extremo de las palas	
h) Velocidad angular del rotor	

Problema 2

Acerca de la línea de flotación...

El grado de salinidad de las aguas en diferentes lugares de los océanos no es el mismo. Los marinos experimentados saben de esto y de cómo influye en la línea de flotación de su navío.

La densidad de una solución de agua y sal depende de la salinidad de la solución como se muestra en la Figura 1.

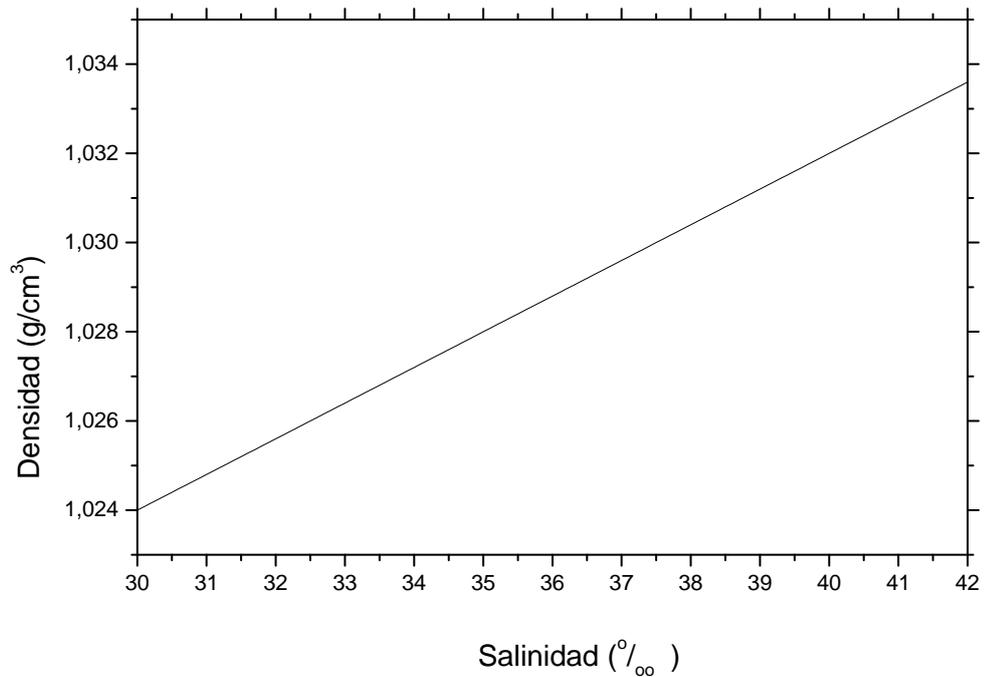


Figura 1. Dependencia de la densidad del agua con la salinidad.

En la Figura 2 se muestra un plano transversal de un buque. Considere que el mismo comenzó su travesía en algún lugar del océano atlántico próximo al este de Brasil donde hay una salinidad de $36,5\text{‰}$ y la concluyó en algún lugar del océano atlántico próximo a Puerto Santa Cruz, ubicado en la provincia argentina de Santa Cruz donde hay una salinidad de 34‰ .

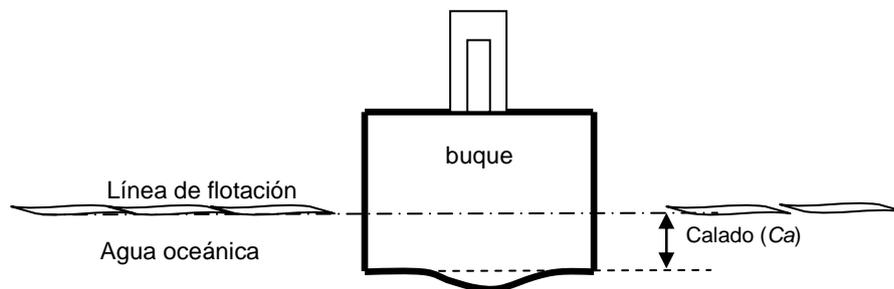


Figura 2: plano transversal de un buque

- Establecer las densidades correspondientes al lugar de salida y al lugar del fin de la travesía.

El calado (C_a) es la profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un barco; esto es, la distancia que separa la superficie del agua (línea de flotación) de la “base” o “fondo” del barco

- b) Determinar el calado al final de la travesía si al inicio de la misma era de 12m. Suponer que el buque es como el de la Figura 2. Expresar el resultado con 6 cifras significativas.

Problema Nº2: Acerca de la línea de flotación... (NIVEL 1)**Hoja de Respuestas****Expresar todas las respuestas en el sistema MKS**

	Puntaje
a) densidad correspondiente al lugar de salida $1028,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ densidad correspondiente al lugar del fin de la travesía $1026,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	2 + 2
b) calado al final de la travesía $m g = e_i = e_f$ (empujes) $e_i = C a_i L a \rho_i = C a_f L a \rho_f = e_f$ $C a_f = \frac{\rho_i}{\rho_f} C a_i = 12,0234 m$	5 + 1(cifras)

Problema 3

El Pato bebedor.

El pato bebedor es un juguete, patentado en 1946, en el cual una figura con forma de pato simula beber de un vaso ubicado al frente. Este juguete es una máquina térmica simple y muy ingeniosa.

El pato está hecho de vidrio y consta de dos esferas conectadas por un tubo como se muestra en la figura 1. La esfera inferior, que simula el cuerpo del pato, contiene una sustancia volátil, cuya temperatura de ebullición es cercana a la temperatura ambiente. La esfera superior, que simula la cabeza, está cubierta de un material absorbente. El pato puede rotar alrededor de un eje, el cual está apoyado sobre una estructura que simula las patas del pato.

Para iniciar el movimiento se moja la cabeza del pato con agua, y luego de unos momentos, el pato se inclina para beber agua del vaso, luego recupera su posición vertical. Unos segundos después, el pato se inclina nuevamente a beber y repite este movimiento mientras haya agua en el vaso. En la figura 1, se esquematiza el movimiento del pato.

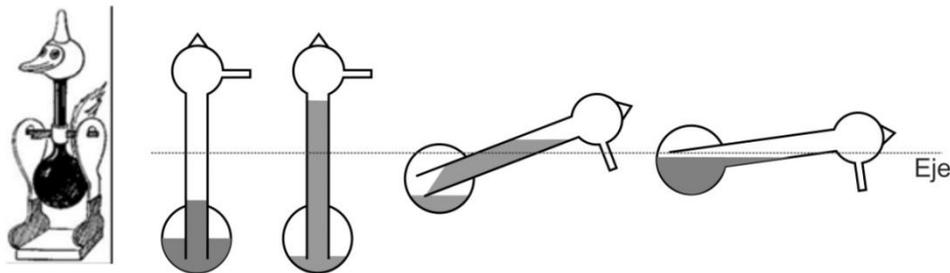


Figura 1. Pato bebedor.

Para entender su funcionamiento, primero tenemos que entender la mecánica del movimiento. En la esfera inferior (cuerpo) coexisten líquido y vapor de la misma sustancia, por lo que para una dada temperatura se tendrá una determinada presión. En la esfera superior (cabeza) sólo hay vapor de dicha sustancia, aunque coexistiendo con el líquido presente en el cuello. Esto es, la presión del vapor en la cabeza estará determinada por su temperatura de coexistencia. Si se establece una pequeña diferencia de temperatura entre la cabeza y el cuerpo del pato, se producirá una diferencia de presión entre ambos recintos. Para contrarrestar esta diferencia de presión, parte del líquido asciende o desciende por el tubo (cuello del pato) hasta que se alcance una situación de equilibrio en la que no fluye más líquido. Esta redistribución de líquido produce un cambio en la posición del centro de masa del pato. Debido a la forma en la que está construido el pato, el cambio en la posición del centro de masa tiene asociado un torque tal que produce la oscilación del pato.

La diferencia de temperatura entre la cabeza y el cuerpo del pato se establece por la evaporación del agua que moja la cabeza del pato. La provisión de agua que se evapora desde la cabeza se consigue con cada inclinación del pato para beber.

Modelo

En la figura 2 se muestra nuestro modelo del pato bebedor. La parte inferior del pato está formada por un cubo de **6 cm** de lado y la parte superior (cabeza) por una esfera de **4 cm** diámetro. Ambas partes están conectadas por un tubo de **2 cm** de diámetro y de **12 cm** de largo, *medido desde la parte superior del cubo hasta la parte inferior de la cabeza.*

El cubo contiene un líquido cuya temperatura de ebullición es 40°C y cuya densidad es 1.336 g cm^{-3} . El resto del pato está lleno del vapor de la misma sustancia que llena el cuerpo.

En nuestro modelo se considerará como cuerpo del pato a la porción del cubo llena de líquido y como cuello a la parte del tubo que va desde la superficie del líquido, contenido en el cubo, hasta la parte inferior de la cabeza.

Como se muestra en la figura 2, el tubo se extiende hacia el interior del líquido de manera que el vapor contenido en el cubo está aislado del vapor contenido en el resto del pato generando dos recintos con vapor aislados.

Sobre la cabeza, el pato tiene un sombrero de 80 g simulado por un cilindro de 4 cm de diámetro y 5 cm de alto. El eje alrededor del cual nuestro pato puede rotar está ubicado a 2 cm por arriba del cubo y es paralelo al plano del dibujo (Ver figura 2).

Tanto la masa del vidrio que forma al pato como la masa de vapor contenida en él, son despreciables frente a las masas del sombrero y del líquido contenido en el cubo.

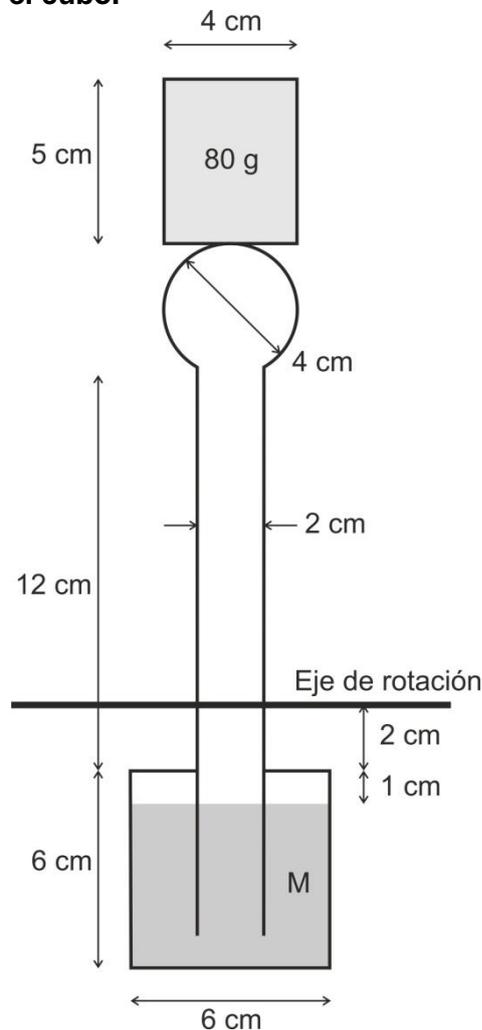


Figura 2. Modelo del Pato bebedor.

Actividades

1) Determinar la masa de líquido contenida en el cubo (Masa del cuerpo, M_{cuerpo}). **Considere despreciable la masa del vidrio.**

2) La coexistencia de la fase líquida y gaseosa de cualquier sustancia ocurre a una presión de equilibrio (P) y a una temperatura (T) vinculadas por la ecuación de Clausius-Clayperon (Ecuación 1),

$$P(T) = P_0 \exp \left[-\frac{\Delta h}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_b} \right) \right] \quad (1)$$

donde $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ es la constante universal de los gases, $\Delta h = 28094,5 \text{ J mol}^{-1}$ es la " variación de entalpía de vaporización molar" de la sustancia y T_b es su temperatura de ebullición en Kelvin.

Determinar la presión en el interior de la cabeza (P_{cabeza}) y del cubo (P_{cubo}) si el pato se encuentra inicialmente a la temperatura ambiente (T_a) cuyo valor es 25°C .

3) Determinar la temperatura de la cabeza (T_{cabeza}) si ésta se moja con 10 mg de agua a temperatura ambiente. Suponga que la humedad ambiente es menor a 100%.

Suponga que todo el calor necesario para evaporar el agua es provisto por la cabeza y que ésta tiene un calor específico efectivo $C = 47.5 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Nota: En caso que la humedad ambiente es menor a 100%, el agua se evapora sin necesidad de alcanzar los 100°C (temperatura de ebullición del agua). En este caso, la energía necesaria para evaporar un gramo de agua es de 2257 J .

4) Determinar la nueva presión en el interior de la cabeza (P'_{cabeza}).

5) Determinar la altura (h) del líquido en el cuello, respecto a la superficie del líquido contenido en el cubo, para la nueva presión de equilibrio. Suponga que la temperatura del cuerpo del pato se mantiene constante e igual a la temperatura ambiente.

6) Determinaren cuanto disminuye la altura del líquido en el cubo (Δz).

7) Determinar la masa de líquido contenida en el cubo (M'_{cuerpo}) y en el cuello (M_{cuello}).

Problema N°3: El Pato bebedor. (NIVEL 1)
Hoja de Respuestas
Expresar todas las respuestas en el sistema MKS

	Puntaje
1) $M_{cuerpo} =$	
2) $P_{cubo} =$ $P_{cabeza} =$	
3) $T_{cabeza} =$	
4) $P'_{cabeza} =$	
5) $h =$	
6) $\Delta z =$	
7) $M_{cuello} =$ $M'_{cuerpo} =$	

**Instancia Nacional
Prueba Experimental
Nivel 1**

La Física del reloj de arena.

Introducción:

La **materia granular** o **materia granulada** es aquella que está formada por un conjunto de partículas macroscópicas sólidas. El tamaño de estas partículas es tal que la fuerza de interacción dominante entre ellas es la de fricción. Como ejemplos de materia granular se encuentran los granos y semillas, la nieve, **la arena**, etc.

Dentro del estudio de los medios granulares, existe un capítulo extenso que abarca los problemas del flujo de materia en forma de granos. Este interés se remonta a la antigüedad cuando se usaban, para medir el tiempo, relojes de arena.

En los líquidos que escapan a través de un orificio, el flujo, masa por unidad de tiempo, depende principalmente de la altura del líquido dentro del recipiente. El fenómeno se explica a través del teorema de Torricelli y es debido al aumento de la presión hidrostática en el fondo del recipiente al aumentar la altura del fluido. Sin embargo, en los medios granulares, la presión en el fondo del contenedor deja de incrementarse cuando el material alcanza una altura de aproximadamente dos veces el diámetro del mismo. Por esta razón si un contenedor de materia granular es perforado en su parte inferior, los granos fluirán hacia afuera de tal forma que su flujo es constante.



El flujo f (masa por unidad de tiempo) de un material granular que pasa a través de una abertura de diámetro D bajo la acción del campo gravitatorio terrestre, es:

$$f = \frac{\Delta m}{\Delta t} = cte$$

y depende del diámetro del orificio de acuerdo a la expresión:

$$f = AD^\beta \quad (1)$$

donde β y A son constantes .

Objetivo:

Determinar experimentalmente el flujo f para diferentes diámetros del orificio de salida

Elementos disponibles

- Pie porta botella
- 1 kg de arena
- Cronómetro
- Cinta de enmascarar
- Botella de plástico con tapa agujereada
- 6 chapitas circulares con orificios de distinto diámetro
- 2 bol con tapa
- Balanza
- Regla
- Un barbijo para polvo
- 1 cucharín

Procedimientos

- a) Mida el diámetro D del agujero de una chapita.

- b) Llene la botella con 750 g de arena
- c) Coloque la chapita dentro de la tapa, cuidando que el número mire hacia Ud. y tape la botella.
- d) Selle el agujero de la tapa con cinta de enmascarar.
- e) Coloque la botella con la tapa hacia abajo en el pie porta botella (ver Figura 1).
- f) Sobre la base del pie porta botella coloque la balanza y enciéndala
- g) Coloque un recipiente vacío sobre el plato de la balanza y tare la misma
- h) Saque la cinta de la tapa y mida la cantidad de masa m que cae en el recipiente en función del tiempo t . (mida cada 10 segundos aproximadamente y no menos de 5 puntos)
- i) Repita los pasos anteriores para cada chapita

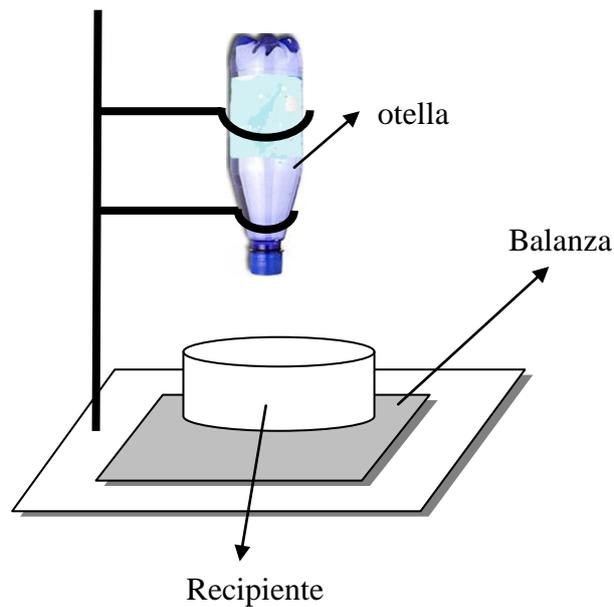


Figura 1

Consignas

1. Haga una tabla que contenga los valores de m y de t medidos para cada diámetro D .
2. Grafique los datos experimentales para cada diámetro D .
3. Determine el valor del flujo f con su correspondiente incertidumbre para cada diámetro D . Explícite el método usado.
4. Haga una tabla que contenga el valor del flujo f y diámetro D .

HOJA DE RESPUESTA NIVEL 1	Puntaje
<p>1- Tablas: Confeccione las tablas en las hojas provistas e identifíquelas claramente</p>	
<p>2- Gráficos: Haga los gráficos en las hojas milimetradas provistas e identifíquelos claramente.</p>	
<p>3- Flujos: Descripción del método y cálculos. (complete los cálculos en las hojas provistas)</p>	
<p>4- Tabla</p>	
<p>PUNTAJE TOTAL</p>	

**Instancia Nacional
Prueba Teórica
Nivel 2**

Problema 1

Aprovechando el viento.

La energía eólica supone actualmente una fuente de energía renovable, competitiva con otras fuentes de energía renovables e incluso con las tradicionales no renovables. El aerogenerador transforma energía cinética del viento en energía mecánica (que se evidencia en el giro de las palas del generador) y luego esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica. Es decir que tenemos una máquina, que opera en modo generador de energía eléctrica, gracias al giro del eje del rotor del aerogenerador, provocado por la acción del viento sobre las palas.



- Si las aspas del generador tienen una longitud de 20m calcule cual es el área que barren cuando giran.
- Suponiendo que la velocidad del viento es de 30km/h calcule cuál es el volumen de aire por unidad de tiempo que pasa a través del área circular calculada en la consigna a).
- Sabiendo que la densidad del aire es de $1,2\text{kg/m}^3$ calcule la potencia del viento (energía por unidad de tiempo) que incide sobre el generador.
- Si el generador tiene una eficiencia teórica del 48% para transformar energía cinética del viento en energía de rotación del generador, determine la energía por unidad de tiempo (potencia), que el generador absorbe de la energía eólica.
- Calcule velocidad del viento en la parte posterior del generador.
- Se denota con la letra griega λ a un parámetro importante en los generadores. Su valor corresponde a la relación que existe entre la velocidad en los extremos de las palas y la velocidad del viento incidente. En generadores de tres palas la potencia óptima (48%) se obtiene cuando λ vale 7. Calcule la velocidad que tiene el extremo de las palas cuando se genera la potencia óptima.
- Calcule la aceleración centrípeta de los extremos de las palas.
- Calcule la velocidad angular del rotor.
- Calcule el torque del generador.

La potencia de la rotación del rotor de la turbina eólica es transferida al generador a través del tren de potencia, es decir, a través del eje principal, la caja multiplicadora y el eje de alta velocidad



- j) Si fuera necesario generar corriente alterna con una frecuencia de 50Hz, calcule la relación de multiplicación que debe tener la caja multiplicadora.
- k) Suponiendo que sólo el 90% de la energía eólica absorbida se transforma en energía eléctrica y que ésta se genera a una tensión efectiva 13kV calcule cuál es la corriente efectiva que se genera.
- l) La demanda eléctrica anual del departamento Punilla Córdoba es de aproximadamente $2,5 \cdot 10^{11}$ MWh y la energía eólica anual disponible es de $2,68 \cdot 10^8$ MWh. Calcule qué porcentaje de la energía consumida en el departamento Punilla podrá ser producida por energía eólica.

Problema N°1: Aprovechando el viento (NIVEL 2)
Hoja de Respuestas (Expresar todas las respuestas en el sistema MKS)

	Puntaje
a) Valor del área	
b) Volumen de aire por unidad de tiempo	
c) Potencia del viento	
d) Potencia absorbida por el generador.	
e) Velocidad del viento	
f) Velocidad del extremo de las palas	
g) Aceleración del extremo de las palas	
h) Velocidad angular del rotor	
i) Torque	
j) Relación de multiplicación	
k) Corriente efectiva	
l) Porcentaje de la energía eléctrica a partir de la energía eólica	

Problema 2

Acerca de la línea de flotación...

El grado de salinidad de las aguas en diferentes lugares de los océanos no es el mismo. Los marinos experimentados saben de esto y de cómo influye en la línea de flotación de su navío.

La densidad de una solución de agua y sal depende de la salinidad de la solución como se muestra en la Figura 1.

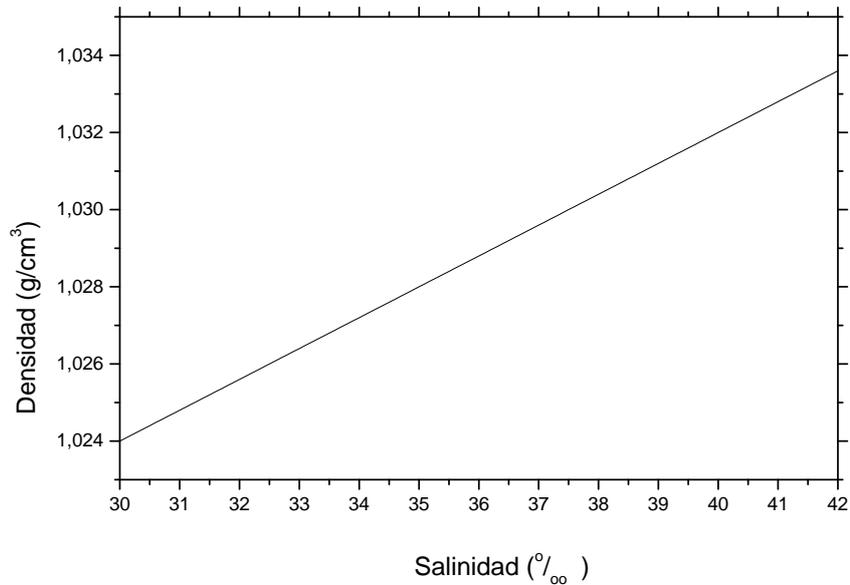


Figura 1. Dependencia de la densidad del agua con la salinidad.

En la Figura 2 se muestra un plano transversal de un buque. Considere que el mismo comenzó su travesía en algún lugar del océano atlántico próximo al este de Brasil donde hay una salinidad de 36,5 ‰ y la concluyó en algún lugar del océano atlántico próximo a Puerto Santa Cruz, ubicado en la provincia argentina de Santa Cruz donde hay una salinidad de 34 ‰.

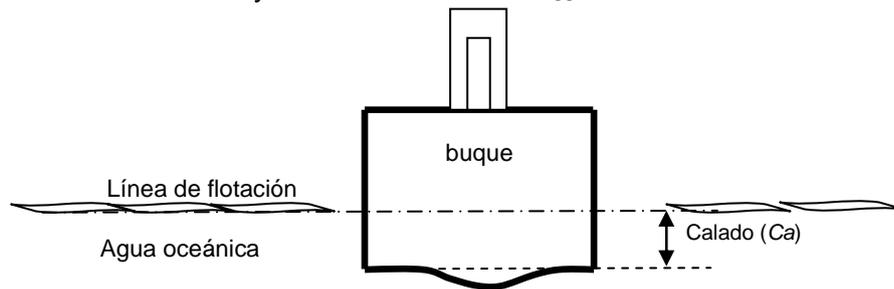


Figura 2: plano transversal de un buque

- Establecer las densidades correspondientes al lugar de salida y al lugar del fin de la travesía.

El calado (Ca) es la profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un barco; esto es, la distancia que separa la superficie del agua (línea de flotación) de la "base" o "fondo" del barco

- b) Determinar el calado al final de la travesía si al inicio de la misma era de 12m. Suponer que el buque es como el de la Figura 2. Expresar el resultado con 6 cifras significativas.

Acerca de choques entre barcos.

Los viejos lobos de mar, esto es los marinos experimentados, saben perfectamente que los barcos que navegan juntos se atraen entre sí con bastante fuerza. Por esto los capitanes tienen en cuenta este fenómeno cuando maniobran con su buque.

Trataremos de entender este fenómeno aplicando el teorema de Bernoulli (ecuación de Bernoulli) y el principio de conservación de la masa.

En la Figura 3 pueden verse dos buques iguales que navegan con velocidad $v=40\text{km/h}$ uno al lado del otro en aguas tranquilas dejando entre si un “canal” de ancho $d=20\text{m}$; esto es lo mismo que si los dos barcos estuvieran parados y el agua corriese en sentido opuesto “rodeándolos”. Suponer que la salinidad del agua es 34‰ :

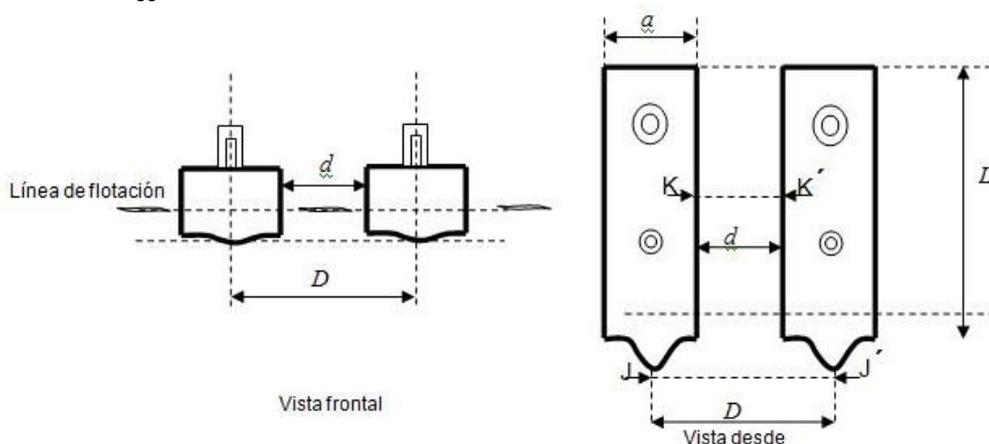


Figura 3

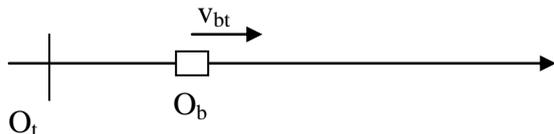
- c) Encontrar la magnitud y el sentido de la velocidad del agua vista desde un sistema de referencia que se mueve a 40km/h , paralelamente a los buques y en el mismo sentido que los buques. Realizar un gráfico explicativo en el que estén las velocidades correspondientes.
- d) Determinar, en el mismo sistema de referencia, la velocidad del agua que circula entre los buques (canal de ancho d). Suponer que toda el agua que “viene” y fluye a través de la sección “JJ” que tiene un área $A=C\alpha.D$ lo hace, al pasar entre los buques, por la sección “KK” que tiene un área $A^*=C\alpha.d$. Mientras que el agua que circula por el lado “exterior” a los buques no se ve afectada.
- e) Usando el Principio de Bernoulli, determinar la diferencia de presión que se produce entre ambos lados de cada uno de los buques.
- f) Determinar la fuerza neta sobre cada buque. Considerar los respectivos largos (L) y líneas de flotación.

Suponiendo que mediante maniobras de timón el capitán de uno de los buques puede neutralizar el efecto de esta fuerza si su módulo no supera un valor F_c .

- g) Dar una expresión de la distancia mínima (d_m) entre buques, para que no se produzca una colisión.

Datos: $L=294\text{m}$, $a=32\text{m}$, $d=20\text{m}$, $v=40\text{km/h}$

Problema N°2: Acerca de la línea de flotación... (NIVEL 2)
Hoja de Respuestas
Expresar todas las respuestas en el sistema MKS

	Puntaje
<p>a) densidad correspondiente al lugar de salida</p> $1028,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ <p>densidad correspondiente al lugar del fin de la travesía</p> $1026,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	<p>2</p> <p>+</p> <p>2</p>
<p>b) calado al final de la travesía $m g = e_i = e_f$ (empujes)</p> $e_i = C a_i L a \rho_i = C a_f L a \rho_f = e_f$ $C a_f = \frac{\rho_i}{\rho_f} C a_i = 12,0234 m$	<p>5</p> <p>+</p> <p>1(cifras)</p>
<p>c) velocidad del agua</p> <p>gráfico explicativo</p>  <p>El agua tiene respecto de tierra velocidad cero ($v_{at} = 0$). El bote tiene respecto de tierra velocidad 40 km/h (v_{bt}).</p> <p>Se cumple $v_{at} = v_{ab} + v_{bt}$</p> <p>asi, $v_{ab} = - 40\text{km/h} = - 11,11 \text{ m/s}$</p>	<p>1</p>
<p>d) velocidad del agua que circula entre los buques</p> $C a D v_{ab} = C a d v_{canal}$ $v_{canal} = \frac{D}{d} v_{ab} = \frac{52}{20} (-11,11) \frac{m}{s}$	<p>1</p>

<p>e) diferencia de presión entre ambos lados de cada uno de los buques</p> $\frac{\rho_f}{2} v_{ab}^2 + P_{ext} = \frac{\rho_f}{2} v_{canal}^2 + P_{int}$ $\Delta P = P_{ext} - P_{int} = \frac{\rho_f}{2} (v_{canal}^2 - v_{ab}^2)$ $\Delta P = \frac{\rho_f}{2} \left(\left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right) v_{ab}^2$ $\Delta P = 364904,8 \text{ Pa}$	2
<p>f) fuerza neta sobre cada buque.</p> $F = C a_f L \Delta P = 1289894483,5 \text{ N}$	1
<p>g) expresión de la distancia mínima (d_m) entre buques, para que no se produzca una colisión.</p> $F_c \geq C a_f L \Delta P_c = C a_f L \frac{\rho_f}{2} \left(\left(\frac{D}{d_m} \right)^2 - 1 \right) v_{ab}^2$ $F_c \geq C a_f L \frac{\rho_f}{2} \left(\left(\frac{a + d_m}{d_m} \right)^2 - 1 \right) v_{ab}^2$ $d_m \geq \frac{a}{\left[\frac{F_c}{C a_f L \frac{\rho_f}{2} v_{ab}^2} + 1 \right]^{1/2} - 1}$	2

Problema 3

El Pato bebedor.

El pato bebedor es un juguete, patentado en 1946, en el cual una figura con forma de pato simula beber de un vaso ubicado al frente. Este juguete es una máquina térmica simple y muy ingeniosa.

El pato está hecho de vidrio y consta de dos esferas conectadas por un tubo como se muestra en la figura 1. La esfera inferior, que simula el cuerpo del pato, contiene una sustancia volátil, cuya temperatura de ebullición es cercana a la temperatura ambiente. La esfera superior, que simula la cabeza, está cubierta de un material absorbente. El pato puede rotar alrededor de un eje, el cual está apoyado sobre una estructura que simula las patas del pato.

Para iniciar el movimiento se moja la cabeza del pato con agua, y luego de unos momentos, el pato se inclina para beber agua del vaso, luego recupera su posición vertical. Unos segundos después, el pato se inclina nuevamente a beber y repite este movimiento mientras haya agua en el vaso. En la figura 1, se esquematiza el movimiento del pato.

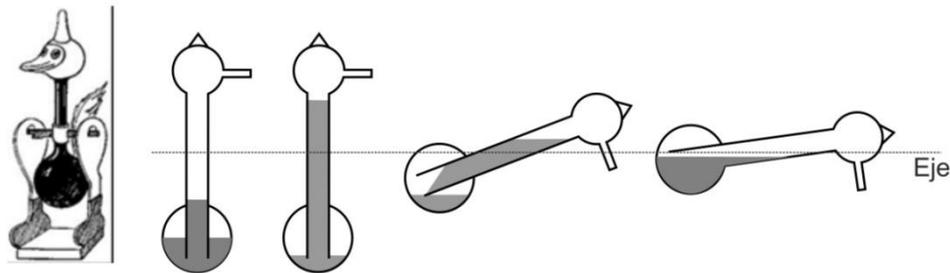


Figura 1. Pato bebedor.

Para entender su funcionamiento, primero tenemos que entender la mecánica del movimiento. En la esfera inferior (cuerpo) coexisten líquido y vapor de la misma sustancia, por lo que para una dada temperatura se tendrá una determinada presión. En la esfera superior (cabeza) sólo hay vapor de dicha sustancia, aunque coexistiendo con el líquido presente en el cuello. Esto es, la presión del vapor en la cabeza estará determinada por su temperatura de coexistencia. Si se establece una pequeña diferencia de temperatura entre la cabeza y el cuerpo del pato, se producirá una diferencia de presión entre ambos recintos. Para contrarrestar esta diferencia de presión, parte del líquido asciende o desciende por el tubo (cuello del pato) hasta que se alcance una situación de equilibrio en la que no fluye más líquido. Esta redistribución de líquido produce un cambio en la posición del centro de masa del pato. Debido a la forma en la que está construido el pato, el cambio en la posición del centro de masa tiene asociado un torque tal que produce la oscilación del pato.

La diferencia de temperatura entre la cabeza y el cuerpo del pato se establece por la evaporación del agua que moja la cabeza del pato. La provisión de agua que se evapora desde la cabeza se consigue con cada inclinación del pato para beber.

Modelo

En la figura 2 se muestra nuestro modelo del pato bebedor. La parte inferior del pato está formada por un cubo de **6 cm** de lado y la parte superior (cabeza) por una esfera de **4 cm** diámetro. Ambas partes están conectadas por un tubo de **2 cm** de diámetro y de **12 cm** de largo, *medido desde la parte superior del cubo hasta la parte inferior de la cabeza.*

El cubo contiene un líquido cuya temperatura de ebullición es 40°C y cuya densidad es 1.336 g cm^{-3} . El resto del pato está lleno del vapor de la misma sustancia que llena el cuerpo.

En nuestro modelo se considerará como cuerpo del pato a la porción del cubo llena de líquido y como cuello a la parte del tubo que va desde la superficie del líquido, contenido en el cubo, hasta la parte inferior de la cabeza.

Como se muestra en la figura 2, el tubo se extiende hacia el interior del líquido de manera que el vapor contenido en el cubo está aislado del vapor contenido en el resto del pato generando dos recintos con vapor aislados.

Sobre la cabeza, el pato tiene un sombrero de 80 g simulado por un cilindro de 4 cm de diámetro y 5 cm de alto. El eje alrededor del cual nuestro pato puede rotar está ubicado a 2 cm por arriba del cubo y es paralelo al plano del dibujo (Ver figura 2).

Tanto la masa del vidrio que forma al pato como la masa de vapor contenida en él, son despreciables frente a las masas del sombrero y del líquido contenido en el cubo.

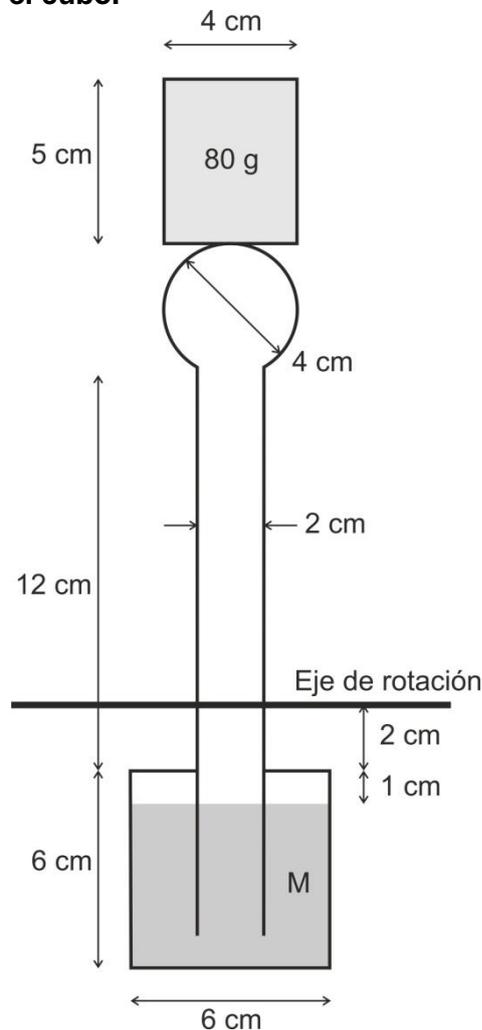


Figura 2. Modelo del Pato bebedor.

Actividades

1) Determinar la masa de líquido contenida en el cubo (Masa del cuerpo, M_{cuerpo}). **Considere despreciable la masa del vidrio.**

2) La coexistencia de la fase líquida y gaseosa de cualquier sustancia ocurre a una presión de equilibrio (P) y a una temperatura (T) vinculadas por la ecuación de Clausius-Clayperon (Ecuación 1),

$$P(T) = P_0 \exp \left[-\frac{\Delta h}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_b} \right) \right] \quad (1)$$

donde $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ es la constante universal de los gases, $\Delta h = 28094,5 \text{ J mol}^{-1}$ es la " variación de entalpía de vaporización molar" de la sustancia y T_b es su temperatura de ebullición en Kelvin.

Determinar la presión en el interior de la cabeza (P_{cabeza}) y del cubo (P_{cubo}) si el pato se encuentra inicialmente a la temperatura ambiente (T_a) cuyo valor es 25°C .

3) Determinar la temperatura de la cabeza (T_{cabeza}) si ésta se moja con 10 mg de agua a temperatura ambiente. Suponga que la humedad ambiente es menor a 100%.

Suponga que todo el calor necesario para evaporar el agua es provisto por la cabeza y que ésta tiene un calor específico efectivo $C = 47.5 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Nota: En caso que la humedad ambiente es menor a 100%, el agua se evapora sin necesidad de alcanzar los 100°C (temperatura de ebullición del agua). En este caso, la energía necesaria para evaporar un gramo de agua es de 2257 J .

4) Determinar la nueva presión en el interior de la cabeza (P'_{cabeza}).

5) Determinar la altura (h) del líquido en el cuello, respecto a la superficie del líquido contenido en el cubo, para la nueva presión de equilibrio. Suponga que la temperatura del cuerpo del pato se mantiene constante e igual a la temperatura ambiente.

6) Determinaren cuanto disminuye la altura del líquido en el cubo (Δz).

7) Determinar la masa de líquido contenida en el cubo (M'_{cuerpo}) y en el cuello (M_{cuello}).

8) Determinar la posición inicial del centro de masa del pato respecto del eje de rotación cuando todo el sistema se encuentra a T_a .

Ayuda: Para un cuerpo con densidad uniforme, el centro de masa coincide con su centro geométrico.

a) En el esquema mostrado en la hoja de respuesta, señale la posición del centro de masa del cuerpo, de la porción de líquido contenida en el cuello y del sombrero (**en el esquema el eje y se encuentra perpendicular a la superficie de la hoja**). En la Tabla I, indique las posiciones, respecto del eje de rotación, de cada centro de masa señalado junto con el valor de masa correspondiente.

b) En base al punto anterior, determine la posición del centro de masa del sistema.

9) Determine el modulo (τ) del torque generado por el peso del pato si éste se inclina un ángulo de 5° respecto a la vertical. Suponga que el ángulo es suficientemente pequeño de modo de poder considerar que la posición del

centro de masa no cambia debido al desplazamiento del líquido producido por la inclinación.

10) Determine la aceleración angular inicial (γ) del pato cuando está inclinado 5° respecto de la vertical.

Ayuda

El momento de inercia para un paralelepípedo recto rectangular de masa M respecto de un eje como el mostrado en la figura 3a es,

$$I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$$

El momento de inercia de un cilindro de masa M respecto de un eje como el mostrado en la figura 3b es,

$$I = \frac{1}{12}M(3R^2 + L^2)$$

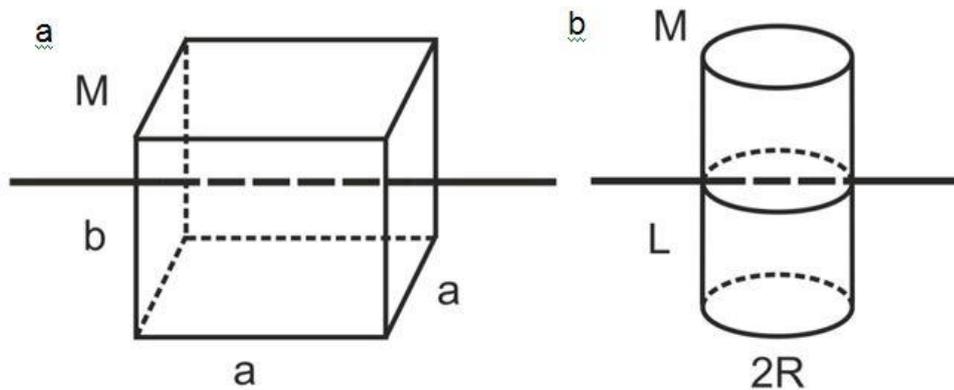


Figura 3a. Paralelepípedo recto rectangular, b. Cilindro de masa M

Datos y constantes

Parámetro	Valor	Unidad
P_0	1.013×10^5	Pa
Δh	28094.5	$J mol^{-1}$
R	8.3145	$J k^{-1} mol^{-1}$
ρ	1.336	$g cm^{-3}$
T_b	40	$^\circ C$
C	47.5	$J ^\circ C^{-1}$
L_v	2257	$kJ kg^{-1}$
c_{agua}	4.1813	$J g^{-1} ^\circ C^{-1}$
g	9.8	$m s^{-2}$
T_a	25	$^\circ C$
m_{agua}	10	mg
m	80	g

Problema N°3: El Pato bebedor. (NIVEL 2)
Hoja de Respuestas
Expresar todas las respuestas en el sistema MKS

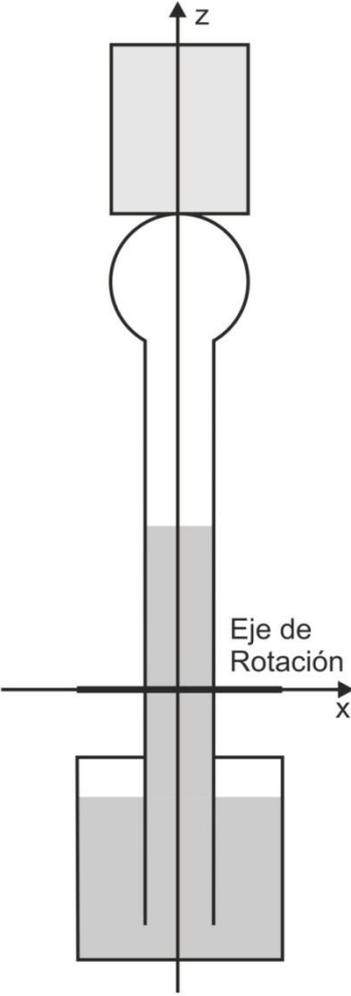
	Puntaje
1) $M_{cuerpo} =$	
2) $P_{cubo} =$ $P_{cabeza} =$	
3) $T_{cabeza} =$	
4) $P'_{cabeza} =$	
5) $h =$	
6) $\Delta z =$	
7) $M_{cuello} =$ $M'_{cuerpo} =$	
8a)	Puntaje
	

Tabla I	Posición del Centro de Masa			Masa
	x	y	z	
Sombrero				
Cuerpo				
Líquido contenido en el Cuello				
8b) $x_{CM} =$				
$y_{CM} =$				
$z_{CM} =$				
9) $\tau =$				
10) $\gamma =$				

**Instancia Nacional
Prueba Experimental
Nivel 2**

La Física del reloj de arena.

Introducción:

La **materia granular** o **materia granulada** es aquella que está formada por un conjunto de partículas macroscópicas sólidas. El tamaño de estas partículas es tal que la fuerza de interacción dominante entre ellas es la de fricción. Como ejemplos de materia granular se encuentran los granos y semillas, la nieve, **la arena**, etc.

Dentro del estudio de los medios granulares, existe un capítulo extenso que abarca los problemas del flujo de materia en forma de granos. Este interés se remonta a la antigüedad cuando se usaban, para medir el tiempo, relojes de arena.

En los líquidos que escapan a través de un orificio, el flujo, masa por unidad de tiempo, depende principalmente de la altura del líquido dentro del recipiente. El fenómeno se explica a través del teorema de Torricelli y es debido al aumento de la presión hidrostática en el fondo del recipiente al aumentar la altura del fluido. Sin embargo, en los medios granulares, la presión en el fondo del contenedor deja de incrementarse cuando el material alcanza una altura de aproximadamente dos veces el diámetro del mismo. Por esta razón si un contenedor de materia granular es perforado en su parte inferior, los granos fluirán hacia afuera de tal forma que su flujo es constante.



El flujo f (masa por unidad de tiempo) de un material granular que pasa a través de una abertura de diámetro D bajo la acción del campo gravitatorio terrestre, es:

$$f = \frac{\Delta m}{\Delta t} = cte$$

y depende del diámetro del orificio de acuerdo a la expresión:

$$f = AD^\beta \quad (1)$$

donde β y A son constantes .

Objetivo:

Determinar experimentalmente el exponente β

Elementos disponibles

- Pie porta botella
- 1 kg de arena
- Cronómetro
- Cinta de enmascarar
- Botella de plástico con tapa agujereada
- 6 chapitas circulares con orificios de distinto diámetro
- 2 bol con tapa
- Balanza
- Regla
- Un barbijo para polvo
- 1 cucharín

Procedimientos

- Mida el diámetro D del agujero de una chapita.
- Llene la botella con 750 g de arena
- Coloque la chapita dentro de la tapa, cuidando que el número mire hacia Ud. y tape la botella.
- Selle el agujero de la tapa con cinta de enmascarar.
- Coloque la botella con la tapa hacia abajo en el pie porta botella (ver Figura 1).
- Sobre la base del pie porta botella coloque la balanza y enciéndala
- Coloque un recipiente vacío sobre el plato de la balanza y tare la misma
- Saque la cinta de la tapa y mida la cantidad de masa m que cae en el recipiente en función del tiempo t . (mida cada 10 segundos aproximadamente y no menos de 5 puntos)
- Repita los ítem anteriores para cada una de las chapitas.

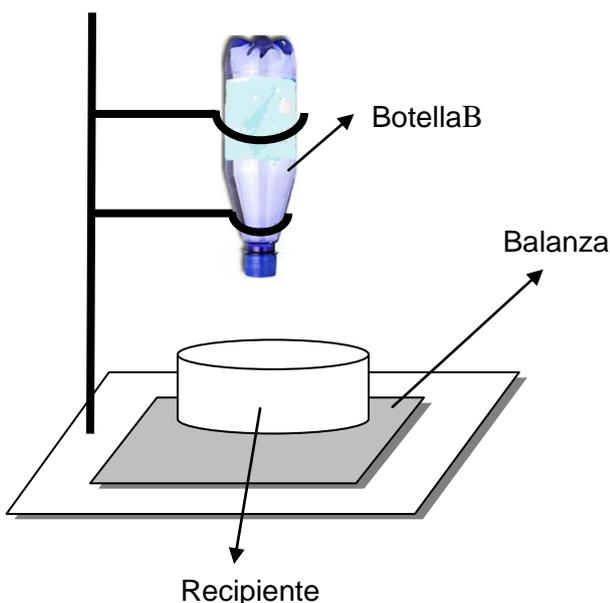


Figura 1

Consignas

- Haga una tabla que contenga los valores de m y de t medidos para cada diámetro D .
- Grafique los datos experimentales para cada diámetro D .
- Determine el valor del flujo f con su correspondiente incertidumbre para cada diámetro D . Explícite el método usado.
- Haga una tabla que contenga el valor del flujo f y diámetro D .
- Grafique estos datos experimentales de tal manera de obtener una relación lineal. Use para ello la expresión (1) y los datos útiles.
- A partir del gráfico determine el valor de β con su correspondiente incertidumbre.
- Compare el valor obtenido con el valor teórico $\beta=5/2$ y diga si son indistinguibles.

Datos útiles

Propiedades de la función logaritmo natural (\ln):

$$\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$$

$$\ln(a^b) = b \ln(a)$$

Incerteza asociado a la función logaritmo natural (\ln) es:

$$\Delta(\ln(a)) = \frac{\Delta a}{a}$$

HOJA DE RESPUESTA NIVEL 2	Puntaje
<p>1- Tablas: Confeccione las tablas en las hojas provistas e identifíquelas claramente</p>	
<p>2- Gráficos: Haga los gráficos en las hojas milimetradas provistas e identifíquelos claramente.</p>	
<p>3- Flujos: Descripción del método y cálculos. (complete los cálculos en las hojas provistas)</p>	
<p>4- Tabla</p>	
<p>5- Relación lineal</p>	

<p>Gráfico: Haga el gráfico en las hojas milimetradas provistas e identifíquelo claramente</p>	
<p>6- Determinación de β</p>	
<p>7- Comparación del valor obtenido de β</p>	
<p>PUNTAJE TOTAL</p>	