

Problema 1: La fuente del conocimiento

Un paisajista le encarga a usted la siguiente tarea: determinar las dimensiones de un cilindro que rodee a una fuente giratoria (altura y radio). Para determinar el radio (R) se pide que el agua que sale de ella no salpique (o al menos no considerablemente) las paredes de dicho recipiente. Para determinar el alto (H) se pide que la altura máxima alcanzada por el fluido quede contenida en el mismo.

Usted comienza haciendo ciertas averiguaciones. La velocidad que se le imprime al agua al salir de la fuente es v_0 , que puede ser orientada con un ángulo arbitrario ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$). Pero además de la distancia que dicho elemento de fluido puede alcanzar a partir del impulso inicial, entregado por la fuente, debe considerar los posibles rebotes en la propia superficie del líquido. Para ello usted averigua que el choque que se produce entre una gotita y la superficie del líquido es inelástico, conservándose sólo una cuarta parte de la energía, y que la resistencia con el aire resulta despreciable en este caso.

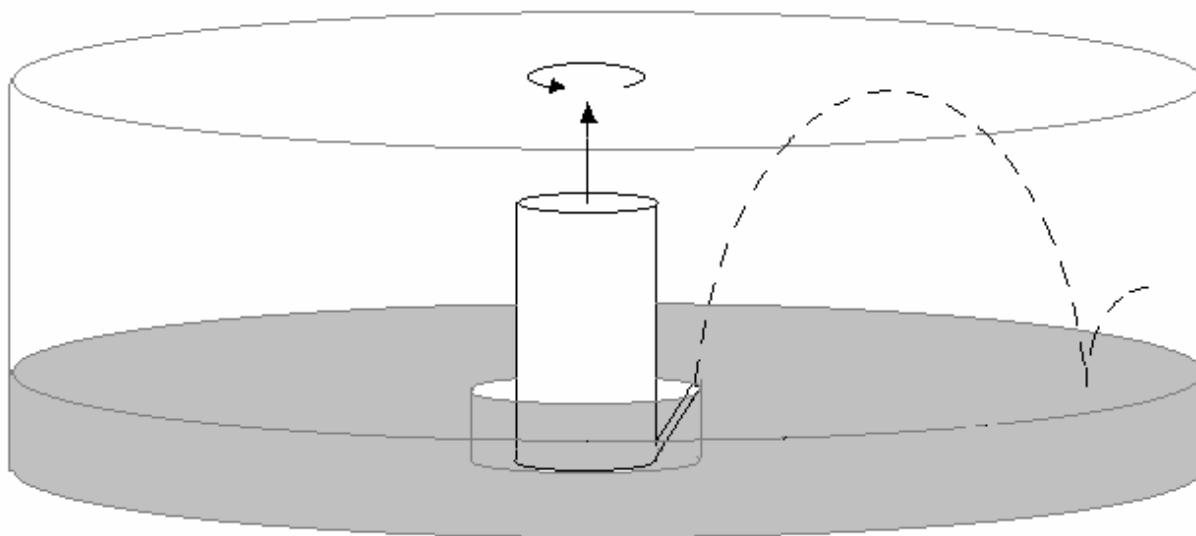


Figura 1: Esquema de la fuente con el reservorio que lo alimenta y cilindro que contiene el conjunto. La rotación de la fuente es casi estacionaria (es decir se mueve muy lentamente).

Piense entonces: i) ¿Cuántos rebotes cree necesario considerar y con qué criterio? ii) ¿Qué distancia recorre en cada uno de ellos? iii) ¿Qué altura alcanza la gota en las sucesivas caídas?

- Finalmente provéale al paisajista los datos necesarios para la construcción del recipiente considerando que el agua puede ser dirigida en un ángulo arbitrario. Halle una expresión de la altura (H) y el radio (R) en función de la mínima cantidad de parámetros posibles.

NOTA: Considere que la velocidad a la que rota la fuente no introduce variaciones en la forma de la superficie del agua ni tampoco le agrega una componente tangencial en la

velocidad de la partícula de fluido que deba ser considerada en los cálculos.

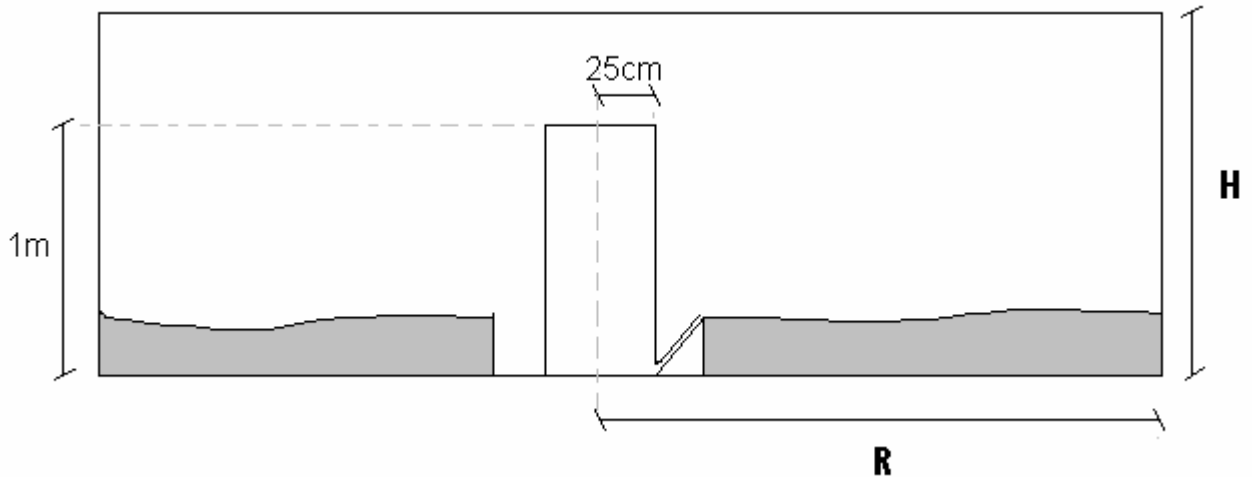


Figura 2: Vista lateral de la fuente con el reservorio. Se indican los datos requeridos (H y R).

Suponga que el agua que sale por el orificio se encontraba en un reservorio abierto que contiene una columna de agua de 1m de altura. De modo que al abrir la llave de paso, que alimenta dicha fuente, un elemento de fluido (de 1cm^3 de volumen) que se encontraba en el fondo del recipiente (en reposo) es impulsado a través de una pequeña tubería de 0.1cm de radio y 20cm de largo.

- **A partir de estos datos estime el valor de la velocidad con que salen las partículas de fluido del orificio (con $\alpha=30^\circ$).**

DATOS QUE PUEDEN SER ÚTILES

$\delta_{\text{H}_2\text{O}}$ (densidad del agua) = 1kg/lt

p_0 (presión atmosférica) = 1013 HPa

Problema 2: Puesta en órbita

Una nave tiene como misión poner en órbita un satélite de comunicaciones. Si se requiere que el satélite permanezca sobre un mismo punto del ecuador de la Tierra describiendo una órbita circular calcule:

- a) la altura a la que debe ubicarse para que esto sea posible;
- b) la velocidad que posee.

Si dicha nave se encontraba originalmente en una órbita a 10000km de altura (medida desde la superficie de la Tierra):

- c) ¿cuál es, en porcentaje respecto de la inicial, la diferencia de energías potenciales?

Suponga que el satélite debe reflejar un haz que le es enviado desde el punto P en la dirección normal. Pero es preciso tener en cuenta que la superficie reflectora forma con la tangente a la órbita un ángulo de ϕ . Suponga que la atmósfera puede pensarse como franjas de medios uniformes cuyos coeficientes se observan en la Fig. 3.

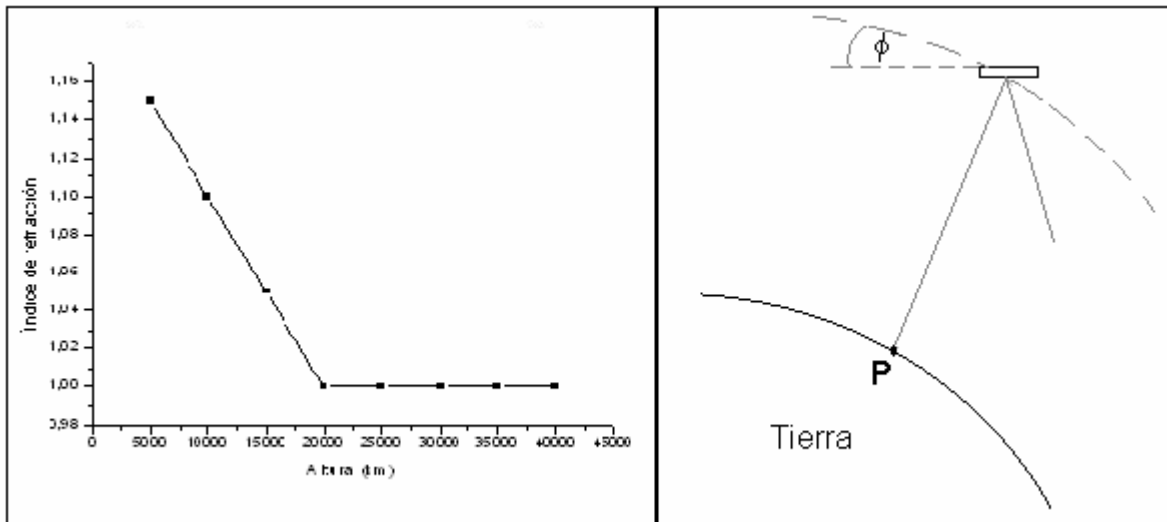


Figura 3: a) Variación del índice de refracción en función de la altura (medida desde la superficie). b) Esquema del punto P y la incidencia del haz sobre el satélite. El ángulo que forman la órbita y la orientación del satélite es ϕ .

- d) Describa el comportamiento del haz desde que es emitido hasta que regresa a la superficie terrestre. ¿A qué distancia del punto P sobre la superficie de la Tierra sería necesario ubicar el receptor de dicho haz asumiendo que ϕ es muy pequeño? Exprese el resultado en función de ϕ . Si no fuese muy pequeño, ¿existiría alguna limitación para el valor de ϕ ?



Figura 4: Representación de la incidencia de los rayos solares sobre los paneles del satélite. Asumimos que los paneles se encuentran perpendiculares a la dirección de la radiación.

El satélite cuenta con una fuente extra de energía: el calor que recibe por radiación proveniente de diversos cuerpos celestes. Sin embargo sólo consideraremos el calor del Sol ya que frente a éste los demás aportes resultan insignificantes. El calor que un cuerpo emite por radiación se calcula como: $Q = A \cdot \Delta t \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$ donde ε es un parámetro característico del cuerpo que indica cuán buen emisor resulta, σ es la constante de Boltzmann, A es el área del emisor, Δt es el tiempo que está emitiendo y T es la temperatura superficial. Suponga que el Sol es un emisor ideal ($\varepsilon=1$) e isótropo y que su temperatura superficial es $T = 5780\text{K}$, y considerando: que la órbita del satélite (vista desde el centro del Sol) es aproximadamente circular y con un radio correspondiente a la distancia Tierra-Sol, que el área de los paneles (sobre los cuales detecta la radiación) es de $13,5\text{dm}^2$, que se encuentran orientados perpendiculares a los rayos solares y que éste logra convertir en trabajo útil un 20% del calor recibido, calcule:

e) el porcentaje de energía, en forma de calor, que le llega al satélite y la cantidad de joules de los que dispone diariamente gracias a este mecanismo.

DATOS QUE PUEDEN SER ÚTILES

d_{ST} (distancia Sol-Tierra) = 150 millones de km

M_T (masa de la Tierra) = $5,97 \times 10^{24}\text{kg}$

R_S (radio del Sol) = $6,96 \times 10^8\text{ m}$

$G = 6,674 \times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

σ (cte. de Boltzmann) = $5,67 \times 10^{-8}\text{ W} / (\text{m}^2\cdot\text{K}^4)$

Superficie de la esfera: $4\pi R^2$

R_T (radio terrestre) = 6300km

Problema 3: Proyecto CONAE

Los dispositivos eléctricos que llevan los satélites espaciales se encuentran sujetos a condiciones muy desfavorables, por ejemplo están sometidos a radiación ionizante y, fundamentalmente, a bruscas variaciones de temperatura (considere la diferencia entre estar expuestos a los rayos solares y estar bajo la sombra que nuestro planeta les produce). Es por ello que es necesario realizar pruebas a los dispositivos antes de ser enviados al espacio. Para simular esas condiciones en los laboratorios de la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales), que trabaja en colaboración con la NASA, se utilizan los denominados ciclados térmicos. Estos procesos consisten en analizar la respuesta eléctrica de los dispositivos mientras son mantenidos alrededor de una temperatura determinada. Para lograrlo se utiliza: un circuito calefactor y, para enfriar, se hace circular nitrógeno líquido ($T = -200^{\circ}\text{C}$ aprox.). En la Fig. 5 pueden verse algunos de los componentes del dispositivo experimental.

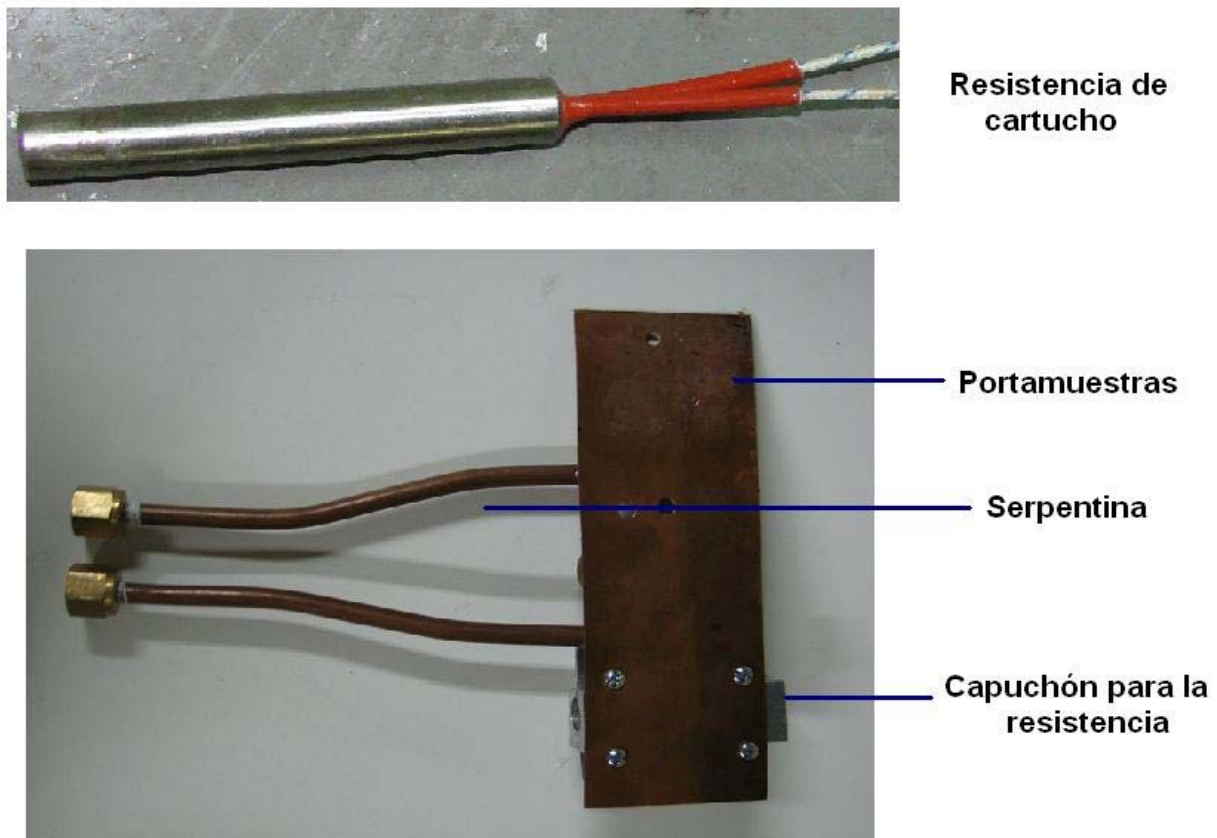


Figura 5: Se observa un detalle de: el portamuestras, donde son ubicados los dispositivos; la serpentina, por el que se hace circular nitrógeno líquido (a $T = -200^{\circ}\text{C}$, aprox.); y el capuchón en el que se introduce la resistencia (alimentada por el circuito que muestra la Fig.6). El flujo de nitrógeno líquido tiene como función refrigerar mientras que la resistencia, calefacciona.

El circuito calefactor contiene una fuente que entrega una diferencia de potencial constante de 20V, un controlador de temperatura ($R_{\text{int}} = 3\Omega$) y una resistencia de cartucho calefactora de 20Ω , a temperatura ambiente (Ver la Fig. 6).

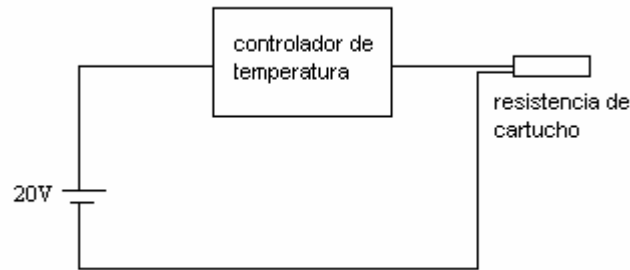


Figura 6: Circuito calefactor, alimenta la resistencia de cartucho ($R=20\Omega$ a temperatura ambiente considerándola a 25°C). El controlador posee una pequeña resistencia interna de 3Ω .

a) Suponga que usted trabaja en dicho laboratorio. Una de las principales medidas de seguridad tiene que ver con conocer el valor de corriente que circula. Averígüela.

Cada dispositivo que se quiere estudiar es ubicado sobre el portamuestras (de cobre) de modo que se mantienen en contacto con la resistencia y con la serpentina. El controlador de temperatura posee dos posiciones: ACTIVADO y DESACTIVADO. Cuando se encuentra ACTIVADO, permite la circulación de corriente por el circuito calefactor, aumentando así la temperatura (notar que al circular corriente la resistencia calefactora disipa calor) e impidiendo el flujo de nitrógeno líquido. Mientras la resistencia esté calentando asumiremos que el dispositivo se encuentra en equilibrio térmico con ella. Cuando se encuentra DESACTIVADO, no permite la circulación de corriente (por el circuito de la Fig. 6) y abre la válvula para permitir la circulación de nitrógeno. De modo que ahora comienza a descender su temperatura (refrigeración). Para determinar cuándo se debe cambiar de posición hay una termocupla que constantemente sensa la temperatura sobre el circuito y maneja dichas posiciones. Al controlador se le ingresa un valor de temperatura fijo de modo que por encima de él permanece DESACTIVADO mientras que por debajo permanece ACTIVADO.

La resistencia funciona básicamente disipando calor. El controlador está fijado en 90°C pero el valor de la resistencia del cartucho calefactor se modifica con la temperatura como $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$, donde $\alpha = 3,92 \cdot 10^{-4} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ y R_0 es el valor de la resistencia a alguna temperatura T_0 conocida. Calcule:

b) la corriente que circula por el circuito justo antes de cortar el suministro.

Hasta aquí hemos hecho un análisis un tanto simplificado. Suponga que exactamente a los 90°C el circuito se encuentra funcionando y, a la vez, se produce circulación de nitrógeno líquido. En ese caso se observan las mesetas (también llamadas plateaux) de la Fig. 7. Durante ese plateau, calcule:

c) la potencia disipada por la resistencia y la energía entregada por la misma en forma de calor.

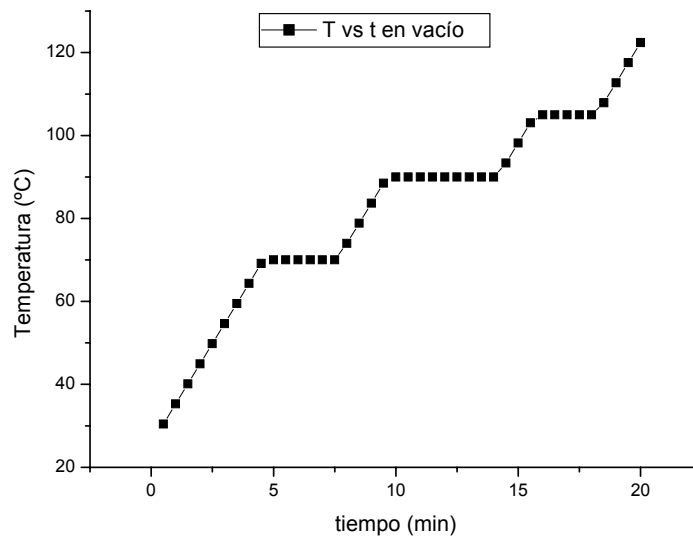


Figura 7: Dependencia de la temperatura con el tiempo. Se observan los plateaux de distintas duraciones.

La interpretación del plateau sería que todo el calor que la resistencia está disipando está siendo absorbido por: la masa de nitrógeno que circula en ese intervalo de tiempo, el portamuestras y el dispositivo. Un 75% de la potencia disipada es consumida por el nitrógeno. El porcentaje restante es transmitido a través del portamuestras al dispositivo. Supongamos que al cabo de un segundo han pasado por la serpentina, estando en contacto con la resistencia calefactora, 7dl de nitrógeno. Y, por otro lado, considere que el calor transmitido por conducción en una unidad de tiempo se calcula como: $\frac{Q}{t} = K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$ siendo K la conductibilidad del material (del que está hecho el portamuestras), A la sección del material que conduce y ΔT la diferencia de temperaturas entre los extremos del material conductor que se encuentran separados por Δx .

- d) la tasa de variación de la temperatura del nitrógeno por unidad de tiempo;
- e) la temperatura efectiva a la que se encuentra el dispositivo asumiendo que se encuentra sobre el portamuestras, de $5 \times 10^{-5} \text{m}^2$ de sección, pero a 15cm de la posición de la resistencia.

DATOS QUE PUEDEN SER ÚTILES

K_{Cu} (conductividad del cobre) = 372,1 W / (m.K)

C_{eN_2} (calor específico del nitrógeno) = 29,12 J / (kg.K)

δ_{N_2} (densidad del nitrógeno) = 1,251 gr / lt (lo tomaremos como constante aunque en realidad dependa de la presión y la temperatura)