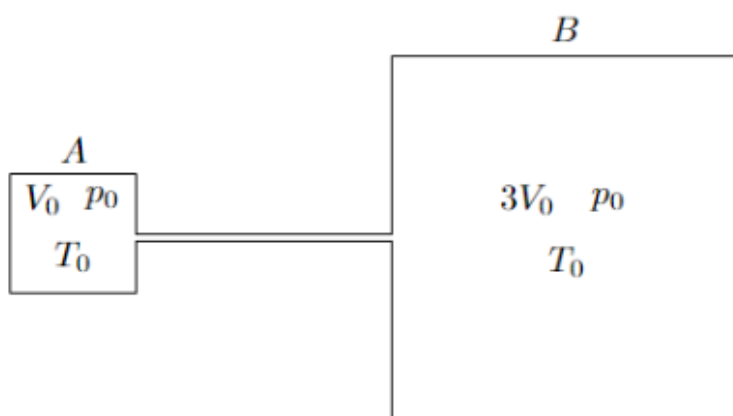


Gases

Dos recipientes cerrados A y B se encuentran unidos por medio de un tubo delgado de volumen despreciable (ver dibujo). Inicialmente, cada uno de ellos contiene hidrógeno molecular (H_2) a una temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$ y una presión $p_0 = 1\text{atm}$. Los recipientes tienen un volumen fijo. El recipiente A tiene un volumen $V_0 = 2 \cdot 10^{-3}\text{cm}^3$, mientras que el recipiente B tiene el triple de este volumen. La masa molar del hidrógeno es $M_H = \frac{1\text{g}}{\text{mol}}$.

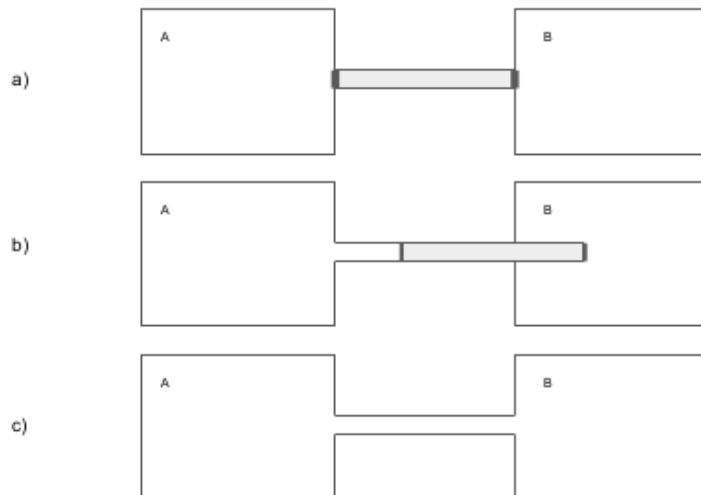
- Hallar el número de moles contenido en cada recipiente (n_A y n_B) y el número total de moles (n_T) del sistema completo. ¿Cuál es la relación entre n_A y n_B ? Hallar la masa de H_2 contenida en el sistema completo.
- Si el recipiente A se mantiene a la misma temperatura y el recipiente B se sumerge en un baño de vapor a 100°C . ¿Cuál es el número de moles de hidrógeno molecular en cada recipiente en esta nueva situación de equilibrio? ¿Cuánto varió n_A ? ¿cuál es la presión del gas?
- Considerando $T_B = 100^\circ\text{C}$ ¿Cuál debería haber sido la temperatura del recipiente A para que el n_A de la configuración final sea igual a $\frac{n}{4}$? ¿cuál sería la presión en esta situación?



Datos del problema: $T_0 = 0^\circ\text{C}$, $p_0 = 1\text{atm}$, $V_A = 2 \cdot 10^{-3}\text{cm}^3$, $V_B = 3V_A$, $M_H = \frac{1\text{g}}{\text{mol}}$.

Dos recipientes cerrados A y B se encuentran unidos por medio de un tubo con un tapón que ocupa todo su volumen y se encuentra fijo en el lugar (ver imagen). Inicialmente, cada uno de ellos contiene hidrógeno molecular (H_2) a una temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$ y una presión $p_0 = 1\text{ atm}$. Los recipientes tienen un volumen fijo $V_0 = 3 \cdot 10^{-3}\text{ cm}^3$. La masa molar del hidrógeno es $M_H = \frac{1\text{ g}}{\text{mol}}$.

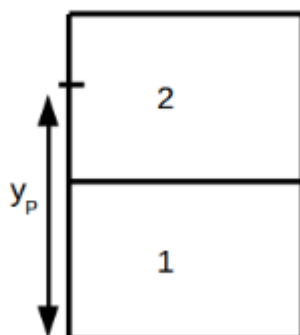
- Si se eleva la temperatura de uno de los recipientes hasta T_1 de tal forma que su presión cambia a $p_1 = 2\text{ atm}$. ¿Cuál es el valor de T_1 ? ¿Cuántos moles hay en dicho recipiente ANTES del cambio de temperatura? ¿Cambia al modificar la temperatura?
- Se deja libre el tapón. Calcule el nuevo volumen del recipiente A y B . ¿Cuanto vale la presión del gas en el equilibrio?
- Considere que, en lugar de liberar el tapón, lo retira. Calcule la masa y los moles de H_2 que se transfieren entre los recipientes. ¿Cuanto vale la presión en este caso? ¿Es igual al punto b? (Considere que el volumen del tubo es despreciable frente al de los recipientes)



Datos del problema: $T_0 = 0^\circ\text{C}$, $p_0 = 1\text{ atm}$, $V_0 = 3 \cdot 10^{-3}\text{ cm}^3$, $M_H = \frac{1\text{ g}}{\text{mol}}$, $R = 82 \frac{\text{ atm} \cdot \text{ cm}^3}{\text{ mol} \cdot \text{ K}}$.

Un recipiente se encuentra inicialmente dividido en dos partes iguales de 1 L cada una mediante un pistón móvil (no adiabático ni permeable) de sección 100 cm^2 . Se sabe que hay A moles en la división inferior y 1 mol en la superior.

- Calcule y grafique cualitativamente el volumen final (en el equilibrio) de la región inferior en función de A .
- Halle el rango de A para que, en el equilibrio, el pistón se ubique debajo del punto P ubicado a 15 cm de la tapa inferior del recipiente. *Sugerencia: al escribir el volumen, también incluya las unidades.*
- Calcule cuantos moles hay que incorporar al recipiente 2 para que el sistema vuelva a la condición inicial (y quede en equilibrio) desde el último estado analizado.



Calorimetría

Problema 1 (3 pts). Un trozo de cobre de 400 gramos se retira de un tanque de nitrógeno líquido cuando está a -180° C y se lo coloca rápidamente en un calorímetro que contiene una masa de agua desconocida. Considere que el calorímetro *ideal* tiene una masa de 300 gramos, que está hecho de aluminio y que tanto éste como el agua en su interior están inicialmente a 15° C . Sabiendo que el equilibrio se alcanza a una temperatura de 0° C , y que en el proceso una quinta parte de la masa inicial de agua se transforma en hielo:

- Indique cuál es el sistema y cuál el entorno en este problema. ¿Interviene el entorno en el cambio de energía?
- A partir del sistema definido en el ítem anterior, describa cuáles componentes del sistema entregan calor y cuáles absorben calor.
- Determine el valor de la masa inicial de agua en el calorímetro.

$$C_p^{\text{agua}} = 1 \text{ KCal/Kg}^\circ\text{C}, C_p^{\text{hielo}} = 0.5 \text{ KCal/Kg}^\circ\text{C}, L_f^{\text{agua}} = 79.7 \text{ KCal/Kg}$$

$$C_p^{\text{cobre}} = 0.093 \text{ KCal/Kg}^\circ\text{C}, C_p^{\text{aluminio}} = 0.22 \text{ KCal/Kg}^\circ\text{C}$$

Problema 2

Se colocan 100 g de agua a 25 °C y 25 g de hielo a −20 °C en un calorímetro perfecto. El calorímetro, que tiene una masa de 250 g y un calor específico de 0.2 cal/g°C, inicialmente se encuentra a 30 °C. Cuando el sistema llega al equilibrio, se mide su temperatura.

- (a) Encuentre la temperatura de equilibrio del sistema.
 - (b) Un tiempo más tarde, el sistema completo se encuentra con el hielo totalmente derretido y en un nuevo equilibrio, a 15 °C, distinto al del ítem anterior. A continuación, se introduce también en el interior del calorímetro una muestra de 250 g de plata (sólida; $T_{\text{fusion;Ag}} = 961.8^\circ\text{C}$) que originalmente se encuentra a 53 °C, con el objetivo de medir su calor específico. La temperatura final, cuando se llega nuevamente al equilibrio, es 18 °C. Calcule el calor específico (en cal/g°C) de la muestra de plata.
1. Una masa desconocida de aluminio líquido en su temperatura de fusión (T_f^{Al}) es rociada con agua a 20°C hasta que la temperatura del metal llegue a 100°C. En total se utilizaron 2 kg de agua para este fin. Tenga en cuenta que al evaporarse el agua deja de estar en contacto con el metal.

- a) Halle la masa de aluminio.
- b) Calcule la variación de entropía para el agua, el aluminio y el universo.

Datos del problema: $C_e^{\text{Al}} = 0,21 \text{ cal/g K}$; $L_f^{\text{Al}} = 96 \text{ cal/g}$; $T_f^{\text{Al}} = 660^\circ\text{C}$;
 $C_e^{\text{Agua}} = 1 \text{ cal/g K}$; $C_e^{\text{Vapor}} = 0,5 \text{ cal/g K}$; $L_v^{\text{Agua}} = 540 \text{ cal/g}$

En un calorímetro a 20°C se colocan dos mezclas en equilibrio: una con una masa de 2 kg con partes iguales de hielo y agua, la otra con 1 kg de agua y 0,5 kg de vapor.

- a) Si la temperatura final del sistema es de 60°C, encuentre la capacidad calorífica π del calorímetro.
- b) Calcule la variación de entropía para cada mezcla, el calorímetro y el universo.

Datos del problema: $C_e^{\text{Cu}} = 0,092 \text{ cal/g K}$; $C_e^{\text{Agua}} = 1 \text{ cal/g K}$; $C_e^{\text{Vapor,Hielo}} = 0,5 \text{ cal/g K}$;
 $L_v^{\text{Agua}} = 540 \text{ cal/g}$; $L_f^{\text{Agua}} = 80 \text{ cal/g}$

Ciclos termodinámicos

Problema 2. Una máquina reversible lleva 1 mol de gas ideal monoatómico ($c_V = \frac{3}{2}R$, $\gamma = 5/3$) a través del ciclo $ABCD$, con las siguientes características en cada una de las etapas:

AB : expansión isotérmica hasta duplicar el volumen $V_B = 2V_A$

BC : expansión adiabática hasta disminuir la temperatura a la mitad, $T_C = \frac{T_B}{2}$

CD : compresión hasta $V_D = V_A$ a presión constante

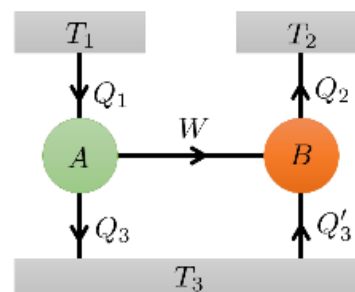
DA : cierre del ciclo por proceso isocórico aumentando la presión hasta p_A

- (a) Graficar cualitativamente el diagrama p - V correspondiente.
- (b) Calcular cuánto valen cada una de las variables de estado (p , V , T) en los estados A , B , C y D .
- (c) Indicar los signos de Q , W y ΔU en cada proceso y en el ciclo completo.

Datos: $p_A = 16.2$ atm, $V_A = 2$ l.

Problema 3. Una máquina térmica reversible, A , opera entre dos fuentes a temperaturas T_1 y T_3 . El trabajo que extrae, W , alimenta una refrigeradora, B , que trabaja entre la fuente a temperatura T_3 y otra a temperatura T_2 . Ambas máquinas trabajan en ciclos.

- (a) Sabiendo que $T_1 = 600$ K, $T_3 = 200$ K y $|Q_3| = 450$ kcal, hallar el calor que la máquina A extrae de la fuente 1 y el trabajo, W .
- (b) Si $|Q'_3| = 250$ kcal, calcular el calor que B entrega a la fuente 2 y hallar el coeficiente de rendimiento de la refrigeradora.
- (c) Considerando $T_2 = 400$ K, verificar si la máquina B es o no reversible. Calcular las variaciones de entropía de cada una de las máquinas y fuentes. ¿Cuál es la variación de entropía del universo?



Problema 2 (4 pts). 2,5 moles de un gas ideal diatómico ($\gamma = 7/5$) se encuentran en un recipiente con un pistón, inicialmente en equilibrio con la presión atmosférica a una temperatura de 300K. En determinado momento se aísla adiabáticamente todo el recipiente, a excepción de su base que se pone en contacto térmico con una fuente a temperatura $T = 373$ K, dejando que el gas evolucione hasta alcanzar nuevamente el equilibrio.

- (a) ¿La evolución es reversible o irreversible? Justifique adecuadamente e identifique claramente qué cantidades son dato a partir del enunciado.
- (b) Escriba los valores que toman la presión, temperatura y el volumen del gas en los instantes inicial y final del proceso. Fundamente.
- (c) Determine el trabajo realizado por el gas, el calor y la variación de energía interna. Justifique sus pasos.
- (d) Calcule la variación de entropía del sistema y del universo. Analice y discuta sus resultados según la respuesta que dio en el primer inciso.

Se utiliza una máquina para llevar un mol de gas ideal monoatómico ($c_V = \frac{3}{2}R$, $\gamma = 5/3$) a través de un ciclo $A - B - C$, el cual está conformado por las siguientes etapas:

$A \rightarrow B$: Partiendo de una presión de 6 atm y en contacto con una fuente a 300 K (de manera de mantener la temperatura constante), se expande contra una presión externa de 3 atm hasta llegar al equilibrio.

$B \rightarrow C$: Se traba el volumen en B y se pone el gas en contacto térmico con una fuente a 189 K, hasta llegar nuevamente al equilibrio.

$C \rightarrow A$: Se lo comprime en forma reversible y adiabática hasta cerrar el ciclo.

- Represente el proceso en un diagrama $P-V$, indicando con líneas punteadas cualquier etapa irreversible.
- Calcule los valores de las variables termodinámicas (P , V , T) en cada uno de los estados A , B y C .
- Calcule W , Q y ΔU en cada etapa del ciclo y en un ciclo completo.
- Extra: ¿Cuánto valdrían $W_{A \rightarrow B}$, $Q_{A \rightarrow B}$ y $\Delta U_{A \rightarrow B}$ si la etapa $A \rightarrow B$ se llevase a cabo reversiblemente?

Un mol de gas ideal ($C_V = (3/2)R$) realiza el siguiente ciclo:

AB) Partiendo de un estado de equilibrio con el medio ambiente ($P_{ext} = 5$ atm), se expande a esa presión hasta triplicar el volumen inicial de 1L.

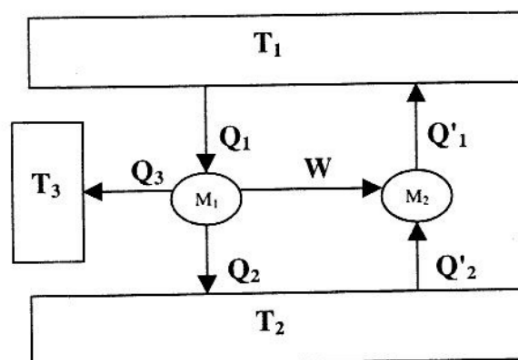
BC) Se traba el pistón y se reduce reversiblemente la presión hasta 2 atm.

CD) Se comprime a presión constante (2 atm) hasta un dado volumen V_D hasta alcanzar el equilibrio.

DA) Se lo comprime reversible e isotérmicamente hasta el estado inicial.

- Dibuje el diagrama $P-V$ del ciclo. Calcule el trabajo, el calor y la variación de la energía en cada etapa del proceso. Determine el valor de V_D .
- Calcule la variación de la entropía en cada etapa del ciclo y su suma. Haga lo mismo pero ahora en el caso que el ciclo fuese completamente reversible. Justifique el resultado.
- Calcule la eficiencia de la máquina. ¿Es una máquina térmica o es un refrigerador? Justifique.

Las máquinas M_1 y M_2 de la figura trabajan en forma conjunta. La máquina M_1 es reversible. calcule:



$$\begin{aligned} T_1 &= 600 \text{ K} \\ T_3 &= 500 \text{ K} \\ |Q_1| &= 300 \text{ cal} \\ |Q_2| &= 100 \text{ cal} \\ |Q_3| &= 125 \text{ cal} \\ |Q'_1| &= 150 \text{ cal} \end{aligned}$$

- La temperatura de la fuente T_2 .
- El trabajo W y la eficiencia de M_1 .
- El calor absorbido por M_2 de la fuente a temperatura T_2 (Q'_2).
- La eficiencia de la máquina M_2 .
- ¿Es el sistema total reversible? Justifique.

Se tienen 0.2 moles de un gas ideal diatómico ($\gamma = \frac{7}{5}$) que realizan un ciclo como el que sigue:

-AB: El gas se expande isotérmicamente hasta duplicar su volumen. Parte de una temperatura inicial de 227°C y una presión de 1 Mpa

-BC: El gas se expande adiabáticamente hasta alcanzar una temperatura de 27°C.

-CD: El gas se comprime isotérmicamente.

-DA: El gas se comprime adiabáticamente hasta su temperatura inicial.

- Calcule la presión y el volumen en los puntos A, B, C, y D. Realice el diagrama PV.
- Calcule Q, W y ΔU para todo el ciclo y en total. ¿En qué tramos el sistema está entregando calor y en cuáles absorbiendo?
- Determine la eficiencia mediante los resultados del ítem anterior. Comparar con el ciclo de Carnot.

3. Un mol de gas ideal ($C_V = (3/2)R$) realiza el siguiente ciclo reversible:

AB) Se expande a presión constante (5 atm) hasta triplicar el volumen inicial de 1L.

BC) Se traba el pistón y se reduce la presión hasta 2 atm.

CD) Se comprime a presión constante (2 atm) hasta un dado volumen (V_D)

DA) Se comprime de forma isotérmica hasta el estado inicial.

- Calcule el trabajo, el calor y la variación de la energía en cada etapa del proceso. Determine el valor de V_D . Dibuje el diagrama P-V del ciclo.
- Calcule la eficiencia de la máquina. ¿Es una máquina térmica o es un refrigerador? Justifique.
- Suponga que ahora las etapas AB y CD se realizan de forma irreversible. Calcule la variación de la energía del ciclo.

Una máquina reversible lleva 1 mol de gas ideal monoatómico ($c_V = \frac{3}{2}R$, $\gamma = 5/3$) a través del ciclo $ABCD$, con las siguientes características en cada una de las etapas:

AB : expansión isotérmica hasta duplicar el volumen $V_B = 2V_A$

BC : expansión adiabática hasta disminuir la temperatura a la mitad, $T_C = \frac{T_B}{2}$

CD : compresión hasta $V_D = V_A$ a presión constante

DA : cierre del ciclo por proceso isocórico aumentando la presión hasta p_A

- a) Graficar cualitativamente el diagrama p - V correspondiente. Justificar.
- b) Calcular cuánto valen cada una de las variables de estado (p , V , T) en los estados A , B , C y D .
- c) Indicar los signos de Q , W y ΔU en cada proceso y en el ciclo completo. Justificar.

Datos: $p_A = 16 \text{ atm}$, $V_A = 2 \text{ l}$.

La figura A muestra el diagrama P-V de 0.0406 moles de un gas ideal monoatómico ($C_V=3R/2$) que realiza un ciclo reversible, pasando por los estados A, B, C y regresando finalmente al estado A. El gas se encuentra inicialmente en el estado A con $P_A = 1 \text{ atm}$ y $V_A = 1 \text{ litro}$. Al pasar del estado A al estado B el volumen aumenta 0.5 L y el trabajo realizado por el sistema es de 75.93 J. Al pasar del estado B al estado C realiza un proceso isotérmico a 900 K de temperatura.

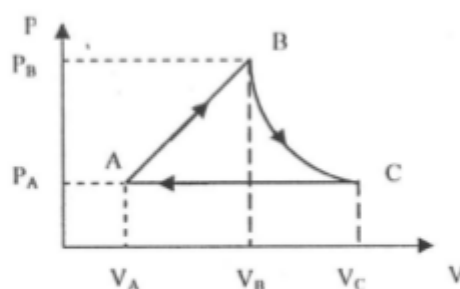


Figura A

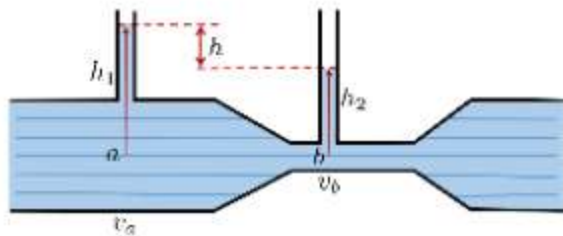
- a) Complete la siguiente tabla determinando las variables de estado para los estados A, B y C. (Si la respuesta no está claramente justificada con las ecuaciones y los cálculos necesarios en cada caso no se asignará puntaje)

Estado	Presión	Volumen	Temperatura
A	1 atm	1 litro	
B			
C			

- b) Complete la siguiente tabla para cada uno de los procesos, realizando los cálculos necesarios. Indique claramente si el sistema realiza trabajo y si absorbe o cede calor. (Si la respuesta no está claramente justificada con las ecuaciones y los cálculos necesarios en cada caso no se asignará puntaje)

Proceso	ΔU	W	Q	¿Realiza trabajo el sistema?	Absorbe/pierde calor
A \rightarrow B		75.93 J			
B \rightarrow C					
C \rightarrow A					

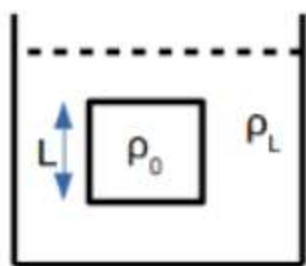
Problema 1. Por el tubo de Venturi de la figura fluye un líquido de densidad ρ . La diferencia de altura entre las superficies libres del agua en los tubos verticales, medida desde una línea en el centro del tubo es $h = h_1 - h_2$. Si se denota con a a la parte ancha del tubo, y con b a la parte estrecha del tubo, se pide:



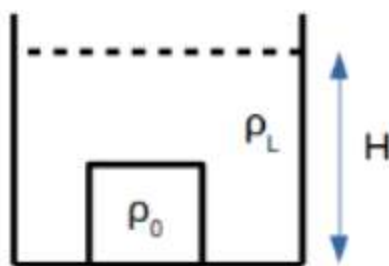
- Escribir la diferencia de presiones entre los puntos a y b en términos de v_a , ρ y las áreas A_a y A_b .
- Si $v_a = 0.5 \text{ m/s}$ ¿Cuál debe ser la relación entre A_a y A_b para que $h = 20 \text{ cm}$? ¿Depende este resultado de ρ ?
- En ese caso, determinar cuánto vale la velocidad en el punto b . ¿Es posible hallar el valor del caudal?

Dentro de un recipiente que contiene un líquido de densidad ρ_L se coloca un cubo de lado L y densidad ρ_0 , tal como se muestra en la figura.

- a) Encuentre la ecuación de movimiento del cubo y exprese en términos del volumen sumergido (V_S), ρ_L y ρ_0 . Suponiendo que inicialmente se encuentra totalmente sumergido, determine qué relación que debe existir entre ρ_L y ρ_0 para que i) quede quieto, ii) ascienda y iii) descienda respecto de su posición inicial.
- b) Asumiendo que $\rho_L = 2\rho_0$ y que inicialmente el cubo se encuentra quieto en el fondo del recipiente (ver figura b), determine si es posible que llegue a la superficie y, en ese caso, ¿cuanto tarda en hacerlo?
- c) Asumiendo que la presión atmosférica aumenta al doble. Discuta si esto afecta los resultados de los items anteriores. ¿Y si la gravedad se reduce a la mitad?



(a)



(b)

Datos del problema: ρ_L , ρ_0 , L y H .

1. La figura muestra dos tanques con agua, conectados por una válvula. La superficie del líquido en el tanque superior se encuentra abierta al exterior, y a una altura H del tanque inferior. A su vez, el tanque inferior posee un tubo abierto al exterior de longitud L , inclinado un ángulo θ con respecto de la horizontal (ver figura 1). Se considera que el área de la sección transversal del tanque superior es muy grande en comparación con la que del tubo de salida.

- Suponiendo que la válvula se abre, escribir la ecuación de Bernoulli para dos puntos del fluido, expresada en términos de H , L , y θ . Justificar.
- ¿Cuál es la velocidad del chorro de agua al salir por el tubo de la derecha?
- ¿Cuál es la altura máxima alcanzada por el chorro de agua al salir de dicho tubo con respecto de la base del tubo de la derecha?

