

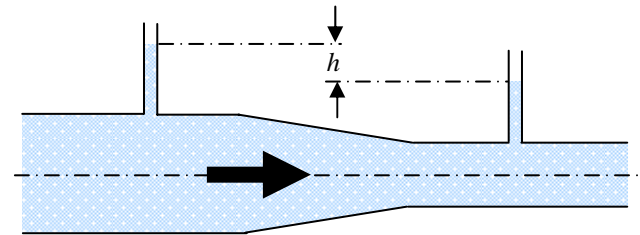
Apellidos y nombre _____

TEORÍA (3 p)

- Principio de Arquímedes: enunciado y explicación breve.
- Conteste *razonadamente* a la siguiente pregunta: en un vaso lleno de agua hasta el borde hay un cubito de hielo que flota sobresaliendo una pequeña parte del mismo porque el hielo es menos denso que el agua. Si se deja transcurrir el tiempo suficiente para que el cubito se derrita, ¿bajará el nivel de agua en el vaso, se derramará una parte del contenido o se mantendrá su nivel invariable?

PROBLEMA 1 (3 p)

Una tubería horizontal de 200 cm^2 que transporta un flujo constante de agua de 30 litros por segundo tiene una sección más estrecha donde su área se reduce a la mitad. Se han colocado tubos abiertos en ambas secciones (ver esquema) y se observa que entre ellos hay una diferencia de nivel de 420 mm. Se pide:



- Sabiendo que la distancia horizontal entre los dos tubos abiertos es 2.5 m, determinar la pérdida de carga en unidades de presión por metro de tubería.
- Suponiendo que los rozamientos fuesen despreciables, ¿cuál debería ser la diferencia de nivel de los tubos?

PROBLEMA 2 (4 p)

Un depósito de aire comprimido de 750 litros está presurizado a 32 bar y $17 \text{ }^\circ\text{C}$. El aire puede considerarse como un gas ideal de masa molecular 29 g/mol . La constante universal de los gases es $R = 8,314 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$.

- Determinar cuántos kilos de aire contiene el depósito.
- Suponiendo que se inyecta aire en el depósito manteniendo la temperatura constante hasta que la presión es 37.6 bar, determinar cuantos kilos de aire se han añadido.
- Si por la noche la temperatura baja hasta $0 \text{ }^\circ\text{C}$, ¿cuál es la presión dentro del depósito?
- ¿Qué trabajo hay que aplicar para comprimir isotérmicamente el gas a 32 bar a la mitad de su volumen?

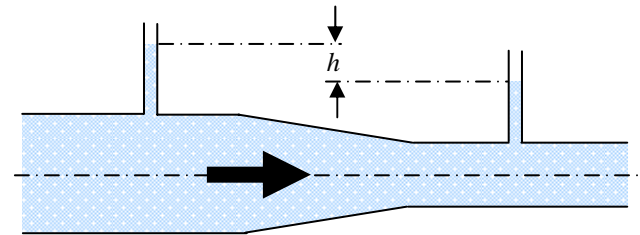
Apellidos y nombre _____

TEORÍA (3 p)

- Principio de Arquímedes: enunciado y explicación breve.
- Conteste *razonadamente* a la siguiente pregunta: en un vaso lleno de agua hasta el borde hay un cubito de hielo que flota sobresaliendo una pequeña parte del mismo porque el hielo es menos denso que el agua. Si se deja transcurrir el tiempo suficiente para que el cubito se derrita, ¿bajará el nivel de agua en el vaso, se derramará una parte del contenido o se mantendrá su nivel invariable?

PROBLEMA 1 (3 p)

Una tubería horizontal de 200 cm^2 que transporta un flujo constante de agua de 30 litros por segundo tiene una sección más estrecha donde su área se reduce a la mitad. Se han colocado tubos abiertos en ambas secciones (ver esquema) y se observa que entre ellos hay una diferencia de nivel de 420 mm. Se pide:



- Sabiendo que la distancia horizontal entre los dos tubos abiertos es 2.5 m, determinar la pérdida de carga en unidades de presión por metro de tubería.
- Suponiendo que los rozamientos fuesen despreciables, ¿cuál debería ser la diferencia de nivel de los tubos?

PROBLEMA 2 (4 p)

Un depósito de aire comprimido de 750 litros está presurizado a 32 bar y $17 \text{ }^\circ\text{C}$. El aire puede considerarse como un gas ideal de masa molecular 29 g/mol . La constante universal de los gases es $R = 8,314 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$.

- Determinar cuántos kilos de aire contiene el depósito.
- Suponiendo que se inyecta aire en el depósito manteniendo la temperatura constante hasta que la presión es 37.6 bar, determinar cuantos kilos de aire se han añadido.
- Si por la noche la temperatura baja hasta $0 \text{ }^\circ\text{C}$, ¿cuál es la presión dentro del depósito?
- ¿Qué trabajo hay que aplicar para comprimir isotérmicamente el gas a 32 bar a la mitad de su volumen?

PROBLEMA 1

a) Conociendo el caudal y las secciones calculamos las velocidades

$$\dot{V} = S_1 \cdot c_1 = S_2 \cdot c_2 = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c_1 = \frac{\dot{V}}{S_1} = \frac{0.03 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 1.5 \text{ m/s} \quad c_2 = \frac{\dot{V}}{S_2} = \frac{0.03 \text{ m}^3/\text{s}}{10^{-2} \text{ m}^2} = 3 \text{ m/s}$$

Diferencia de presiones:

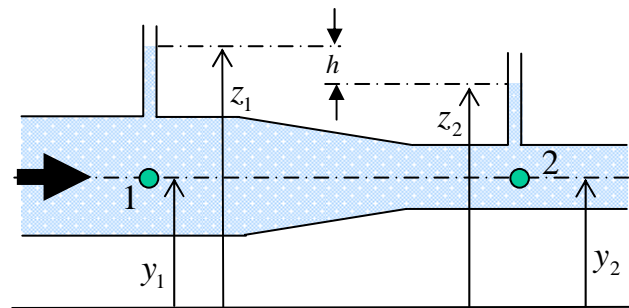
$$P_1 = P_{atm} + \rho g z_1$$

$$P_1 - P_2 = \rho g (z_1 - z_2) = \rho g h$$

$$P_2 = P_{atm} + \rho g z_2$$

Bernoulli: $P_1 + \frac{1}{2} \rho c_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho c_2^2 + \rho g y_2 + \Phi$

$$\Phi = (P_1 - P_2) + \frac{1}{2} \rho (c_1^2 - c_2^2) = \rho g h + \frac{1}{2} \rho (c_1^2 - c_2^2) = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 0.420 \text{ m} + \underbrace{\left(\frac{1}{2} \right) \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (1.5^2 - 3^2) \text{ m}^2/\text{s}^2}_{-3375} = 741 \text{ Pa}$$



Por metro de tubería

$$\frac{\Phi}{L} = \frac{741 \text{ Pa}}{2.5 \text{ m}} = 296.4 \text{ Pa/m}$$

b) En caso de que no hubiese rozamientos (líquido no viscoso), la pérdida de carga sería nula. Llamamos h_0 a la diferencia de nivel de los tubos que observaríamos entonces.

$$\rho g h_0 + \frac{1}{2} \rho (c_1^2 - c_2^2) = 0 \quad h_0 = \frac{1}{2g} (c_2^2 - c_1^2) = \frac{1}{2 \cdot 9.8 \text{ m/s}^2} \cdot (1.5^2 - 3^2) \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0.344 \text{ m}$$

PROBLEMA 2

a) Ecuación de los gases ideales: $pV = nRT$

Obtenemos el número de moles $n = \frac{pV}{RT} = \frac{32 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.75 \text{ m}^3}{8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot (273+17) \text{ K}} = 995.4 \text{ mol}$

Calculamos la masa en kg $n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \cdot M = 995.4 \text{ mol} \cdot 0.029 \text{ kg/mol} = 28.87 \text{ kg}$

b) Añadimos Δn moles de aire hasta que la presión alcanza 37.6 bar. $p_2 V = (n + \Delta n) RT$

$$(n + \Delta n) = \frac{p_2 V}{RT} = \frac{37.6 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.75 \text{ m}^3}{8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot (273+17) \text{ K}} = 1169.6 \text{ mol} \quad \Delta n = 1169.6 - 995.4 = 174.2 \text{ mol}$$

Masa de aire añadida (en kg) $\Delta n = \frac{\Delta m}{M} \rightarrow \Delta m = \Delta n \cdot M = 174.2 \text{ mol} \cdot 0.029 \text{ kg/mol} = 5.05 \text{ kg}$

c) Si la temperatura desciende hasta 0 °C, la nueva presión es

$$p_3 = \frac{(n + \Delta n) RT_3}{V} = \frac{1169.6 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 273 \text{ K}}{0.75 \text{ m}^3} = 3539586 \text{ Pa} = 35.4 \text{ bar}$$

d) Compresión isoterma del gas en las condiciones iniciales (32 bar, 17 °C) hasta reducir su volumen a la mitad

$$W = nRT \ln \frac{V_{final}}{V_{inicial}} = 995.4 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot (273+17) \text{ K} \cdot \ln \frac{1}{2} = -1.66 \cdot 10^6 \text{ J}$$