Física 2 – EXAMEN
13 de febrero de 2023

Justifique y explique claramente las hipótesis y aproximaciones que utilice.
Indique las unidades de las magnitudes en los resultados intermedios y finales. Identifique y revise su trabajo antes de entregar. Para aprobar es necesario que se cumplan, como mínimo, las siguientes dos condiciones: (i) de los tres problemas hay que realizar bien un problema y medio; (ii) dentro del problema y medio realizado tiene que estar el problema de termodinámica.

- Velocidad del sonido en el aire: $v_s = 343$ m s^{-1}
- Presión atmosférica: $P_0 = 101325$ Pa
- Constante de los gases ideales: $R = 8,31$ J mol^{-1}K^{-1}

Ejercicio 1 - Fluidos

En la figura se muestra una tubería descargando agua con un gasto de 1,5 litros por segundo en un tanque A que tiene un radio de 60 cm. A su vez, este tanque descarga a través de una llave de paso con radio de 0,64 cm a otro tanque B de 30 cm de radio y 90 cm de altura. El tanque A se encuentra sobre un pedestal a una altura $h_2 = 1{,}5$ m sobre el nivel del suelo. El tanque B se encuentra sobre el suelo. Calcular:

a) La altura a la cual el nivel de agua en el tanque A se estabiliza.

b) La velocidad del agua al llegar a la boca del tanque B, o sea el punto 3 de la figura.

c) Asumiendo que la altura del tanque A está estabilizada y que inicialmente el tanque B está vacío, calcule el tiempo en que tarda en llenarse el tanque B.

Solución Ejercicio 1

a) La ecuación de Bernoulli entre 1 y 2 se reduce a:

$$\rho g h_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

De ahí se obtiene $v_2 = \sqrt{2g\Delta h}$ donde $\Delta h = h_1 - h_2$. También tenemos que $Q_1 = Q_2 = A_2 v_2$ y por lo tanto:

$$\Delta h = \frac{Q_1^2}{2gA_2^2} = 7,2 \text{ m}$$

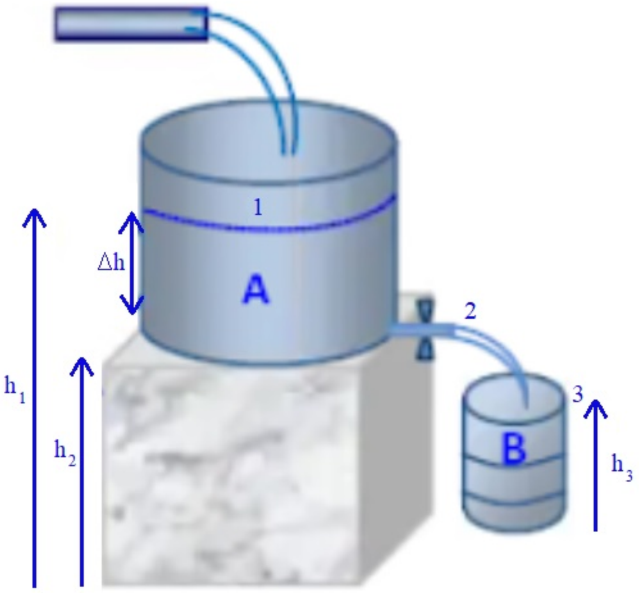
b) Usando Bernoulli en los puntos 2 y 3:

$$0 = \frac{1}{2}\rho(v_3^2 - 2g\Delta h) - \rho g(h_2 - h_3),$$

donde $h_3 = 0{,}9$ m. Despejando la velocidad se obtiene

$$v_3 = \sqrt{2g(\Delta h + h_2 - h_3)} = 12,3 \text{ m/s}.$$

c) El caudal se define como $Q = V/t$, por lo tanto, t=V/Q=170 s.



Ejercicio 2 - Ondas

Una maquinista de tren espera en un andén de ferrocarril, mientras dos trenes se aproximan desde la misma dirección a iguales velocidades de 8,0 m/s. Los dos trenes suenan sus silbatos ambos de frecuencia idéntica, f_0, y un tren está a cierta distancia detrás del otro. Después de que el primer tren pasa frente a la maquinista, pero antes de que el segundo tren lo haga también, ella escucha pulsaciones de 4 Hz de frecuencia.

a) Calcula, en función de f_0, la frecuencia que la maquinista oiría si solamente el tren que se *aleja* de ella emitiera el sonido.

b) Calcula, en función de f_0, la frecuencia que la maquinista oiría si solamente el tren que se *aproxima* a ella emitiera el sonido.

c) Determina cuál es la frecuencia f_0 de los silbatos de los trenes.

d) Determina la frecuencia de la onda resultante de la interferencia de los dos silbatos y bosqueja su forma indicando las frecuencias relevantes.

Solución Ejercicio 2

a) Aplicando Doppler para una fuente movil que se *aleja*: $F_1 = f_1 \frac{v_s}{v+v_s}$ en donde v_s es la velocidad del sonido y v la velocidad de la fuente. Así tenemos $F_1 = \frac{343}{351} f_0$

b) Aplicando Doppler para una fuente movil que se *acerca*: $F_2 = f_2 \frac{v_s}{v_s - v}$ así tenemos $F_2 = \frac{343}{335} f_0$

c) La onda resultante de la interferencia de las dos bocinas tiene una frecuencia rápida de vibración y una envolvente que marca los pulsos cada 4Hz. Haciendo uso de esta información y llamando F_p a la frecuencia de los pulos, tenemos: $F_p = |F_2 - F_1|$ entonces $4\text{Hz} = |(343/335–343/351) f_0| \Rightarrow f_0 = 85{,}70$ Hz *d*) $F_{\text{sonido}} = \frac{F_1+F_2}{2} \Rightarrow F_{\text{sonido}} = 85,75$ Hz. La onda resultante tiene una frecuencia rápida de vibración de $85,75$ Hz y una envolvente que marca los pulsos cada 4Hz (separación entre nodos, mitad de la frecuencia de la envolvente).

Ejercicio 3 - Termodinámica

Considere el sistema pistón-cilindro mostrado en la figura. Este consiste en un pistón de masa m_p desconocida y sección $A = 0,1$ m^2 que se conecta, por medio de un resorte de constante elástica $k = 80$ kN/m y longitud natural también desconocida, a la base del cilindro. El cilindro contiene dos moles de gas ideal monoatómico, inicialmente ocupando un volumen $V_1 = 40$ litros a una temperatura $T_1 = 350^o$C. Se deja que el sistema intercambie calor con el ambiente, que se encuentra a una temperatura $T_0 = 20^o$C, hasta que se alcanza el equilibrio térmico. Suponga que el proceso es cuasiestático y que no hay fricción entre las paredes del cilindro y el pistón. Además, asuma que el pistón desciende durante todo el proceso. Para el proceso descrito:

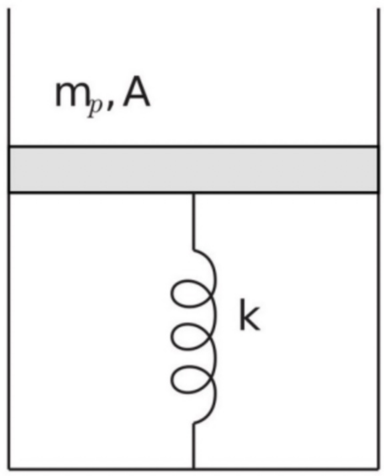
a) Halle la presión y el volumen del gas en el estado final.

b) Dibuje el diagrama $P - V$.

c) Calcule el trabajo realizado sobre el gas.

d) Halle el calor intercambiado entre el gas y la atmósfera.

e) Halle la variación de entropía del universo.



Solución Ejercicio 3

a) Luego de hacer diagrama de cuerpo libre sobre el pistón se puede mostrar que $P(V) = k/A^2V + \beta$, donde β es una constante que puede determinarse a partir del estado inicial:

$$P_1 = k/A^2V_1 + \beta$$

Por otra parte $P_1 = nRT_1/V_1 = 258981$ Pa, de donde $\beta = -61019$ Pa. En el estado final, tenemos que $P_2 = k/A^2V_2 + \beta$. Por otra parte usando que $P_2 = nRT_0/V_2$ y sustituyendo en la ecuación anterior se llega a que

$$nRT_0 = k/A^2V_2^2 + \beta V_2.$$

Resolviendo la ecuación anterior se obtiene $V_2 = 29$ litros. Y, a partir de $P_2 = nRT_0/V_2$ se llega a que $P_2 = 169258$ Pa.

b) Ver la figura.

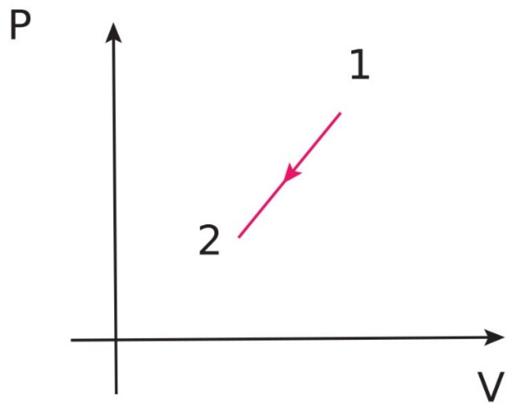


Figura 1:

c) El trabajo puede hallarse como el área debajo de la recta en el diagrama P-V, teniendo en cuenta, además, que por tratarse de una compresión el signo del trabajo es positivo: $W = (P_1 + P_2)(V_1 - V_2)/2 = 2,4$ kJ.

d) Aplicando la primera ley de la termodinámica, el calor puede calcularse como:

$$Q = \Delta U - W = 3/2nR(T_0 - T_1) - W = -10632 \text{ J}.$$

e) $\Delta S_{univ} = \Delta S_{gas} + \Delta S_{amb}$

$$\Delta S_{gas} = nCv \log(T_0/T_1) + nR \log(V_f/V_1) = -24,3 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{amb} = -Q/T_0 = 36,3 \text{ J/K}.$$

Por lo tanto, $\Delta S_{univ} = 12$ J/K.