



Termodinámica (LFIS 224)

Licenciatura en Física

Profesor: J.R. Villanueva

e-mail: jose.villanueva@uv.cl

Tarea 3

1. Si un alambre experimenta un cambio infinitesimal desde un estado inicial de equilibrio a otro final, también de equilibrio, demostrar que la variación de tensión es

$$d\tau = -\alpha AY dT + \frac{AY}{L} dL.$$

2. (a) Un hilo metálico de 0.0085 cm^2 de sección está sometido a una tensión de 20 N, a la temperatura de 10°C , entre dos soportes rígidos separados 1.2 m. ¿Cuál es la tensión final, si la temperatura se reduce a 8°C ? (Suponer que α e Y tienen valores constantes e iguales a $1.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ y $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, respectivamente.)
 (b) La frecuencia fundamental de vibración de un alambre de longitud L , masa m y tensión τ es

$$\nu = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\tau L}{m}}.$$

¿Con qué frecuencia vibrará el hilo del apartado (a) a 20°C ? ¿y a 8°C ? (la densidad del alambre es $9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.)

- (c) Si además de las condiciones mencionadas en (a) los soportes se acercan 0.012 cm, ¿cuál será la tensión final?
3. La ecuación de estado de una sustancia elástica ideal es

$$\tau = kT \left(\frac{L}{L_0} - \frac{L_0^2}{L^2} \right),$$

siendo k una constante y L_0 (el valor de L a tensión nula) sólo función de la temperatura.

- (a) Encuentre el valor del módulo de Young isotérmico.
- (b) Demuestre que el módulo de Young isotérmico a tensión nula es

$$Y_0 = \frac{3kT}{A}.$$

- (c) Demuestre que el coeficiente de dilatación lineal viene dado por

$$\alpha = \alpha_0 - \frac{\tau}{AYT} = \alpha_0 - \frac{1}{T} \frac{L^3/L_0^3 - 1}{L^3/L_0^3 - 2},$$

siendo α_0 el valor del coeficiente de dilatación lineal a tensión nula, o sea,

$$\alpha_0 = \frac{1}{L_0} \frac{dL_0}{dT}.$$

- (d) Para una cierta muestra de caucho, suponer los siguientes valores: $T = 300$ K, $k = 1.33 \times 10^{-2}$ N/K, $A = 10^{-6}$ m², $\alpha_0 = 5 \times 10^{-4}$ K⁻¹. Calcular τ , Y y α para $L/L_0 = 0.5, 1, 1.5, 2$. Demostrar gráficamente cómo estas cantidades dependen de la razón L/L_0 .
4. Calcule el trabajo ejercido por un gas ideal y un gas de Van der Waals en un proceso: (a) isocórico; (b) isobárico; (c) isotérmico; (d) adiabático; Explique brevemente en qué consiste cada uno.
5. Durante la expansión cuasiestática adiabática de un gas ideal, la presión en cualquier momento está dada por la ecuación

$$PV^\gamma = K, \quad (1)$$

donde K y γ son constantes. Muestre que el trabajo realizado para ir de un estado (P_i, V_i) a otro estado (P_f, V_f) es

$$W = \frac{P_i V_i - P_f V_f}{\gamma - 1}. \quad (2)$$

Si $P_i = 10^6$ Pa, $V_i = 10^{-3}$ m³, $P_f = 2 \times 10^5$ Pa y $V_f = 3.16 \times 10^{-3}$ m³, ¿cuánto trabajo se ha realizado para un gas cuya $\gamma = 1.4$?

6. Un cilindro, con un pistón dentro, contiene un gas a una presión P . La sección transversal del pistón es de 10 cm². El pistón se empuja 1 mm, comprimiendo el gas. El trabajo requerido para desplazar el pistón es de 0,025 cal. Encuentre la presión P en atmósferas.
7. Un líquido se comprime isotérmicamente dentro de una cámara, sin cambiar su temperatura. Obtenga una expresión para la cantidad total de trabajo requerido si el proceso de compresión es cuasiestático y está dado por la ecuación

$$\ln \frac{V}{V_0} = -A(P - P_0). \quad (3)$$

8. ¿Cuál es el precio de la energía requerida para elevar una tonelada de material a lo alto del *Costanera Center* (300 m de altura) si la energía se compra al precio de 364 CLP/kWh?
9. 1 kg de agua se comprime isotérmicamente a 20°C desde 1 atm a 20 atm.
- (a) ¿Cuánto trabajo es requerido?
- (b) ¿Cuánto calor se expulsa?

Asuma que la compresibilidad isothermal media del agua durante el proceso es $\kappa_T = 0.5 \times 10^{-4}$ atm⁻¹ y la expansividad termal media del agua durante este proceso es $\alpha_P = 2 \times 10^{-4}$ °C⁻¹.

10. Calcular el trabajo realizado por un mol de gas durante una expansión isotérmica cuasiestática desde un volumen inicial v_i hasta un volumen final v_f , si la ecuación de estado es
- (a) $P(v - b) = RT$, ($R, b = \text{constantes}$)
- (b) $Pv = RT(1 - B/v)$, ($R = \text{constante}$; $B = B(T)$)
11. (a) La tensión de un alambre se aumenta isotérmicamente y cuasiestáticamente desde τ_i hasta τ_f . Si la longitud, la sección transversal y el módulo de Young isotérmico permanecen constantes, demostrar que el trabajo realizado es

$$W = \frac{L}{2AY} (\tau_f^2 - \tau_i^2).$$

- (b) La tensión de un alambre de 1 m de longitud y de 10^{-7} de sección transversal, a 0°C , se aumenta isotérmicamente y cuasiestáticamente desde 10 N a 100 N. ¿Cuál es el trabajo realizado? (Módulo de Young isotérmico a 0°C es $2.5 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$)
12. Se eleva de modo isotérmicamente y cuasiestáticamente la presión ejercida sobre 0.1 kg de metal desde 0 hasta 10^8 Pa . Suponiendo que la densidad y la compresibilidad isotérmica se mantienen constantes en los valores 10^4 kg/m^3 y $6.75 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$, respectivamente, calcular el trabajo realizado.
13. Calcular el trabajo necesario para comprimir una sustancia elástica ideal desde $L = L_0$ hasta $L = L_0/2$ cuasiestáticamente e isotérmicamente.
14. Demostrar que el trabajo necesario para henchir una burbuja esférica de jabón de radio R por un proceso isotérmico y cuasiestático, a la presión atmosférica, es igual a $8\pi\sigma R^2$.
15. La ecuación de estado de un dieléctrico viene dada por

$$\frac{P}{V} = \chi E$$

donde χ es una función de la temperatura. Demostrar que el trabajo realizado en un cambio de estado isotérmico y cuasiestático viene dado por

$$W = \frac{1}{2V\chi} (P_f^2 - P_i^2) = \frac{V\chi}{2} (E_f^2 - E_i^2).$$

16. (a) Encuentre el trabajo realizado durante un cambio de estado cuasiestático e isotérmico de una sustancia paramagnética que se rige por la ecuación de Curie.
- (b) Un volumen de $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ de sustancia paramagnética se mantiene a temperatura constante, mientras se aumenta de forma isotérmica y cuasiestáticamente un campo magnético de 0 a 10^6 A/m . Suponiendo que se cumple la ecuación de Curie y que la constante de Curie por unidad de volumen es 0.15 grado.
- ¿Qué trabajo se realizaría si no hubiese sustancia?
 - ¿Qué trabajo se realiza para variar la imanación del material cuando la temperatura es de 300 K y cuando es de 1 K?
 - ¿Qué trabajo realiza, a ambas temperaturas, el agente que produce el campo magnético?