

Serie 3

Primer Principio de la Termodinámica

1. Se tiene un sistema simple descrito por las variables termodinámicas \mathbf{x} y T . Se conoce que para cada valor de \mathbf{x} mantenido constante, la energía interna del sistema es una función monótona creciente de T : U

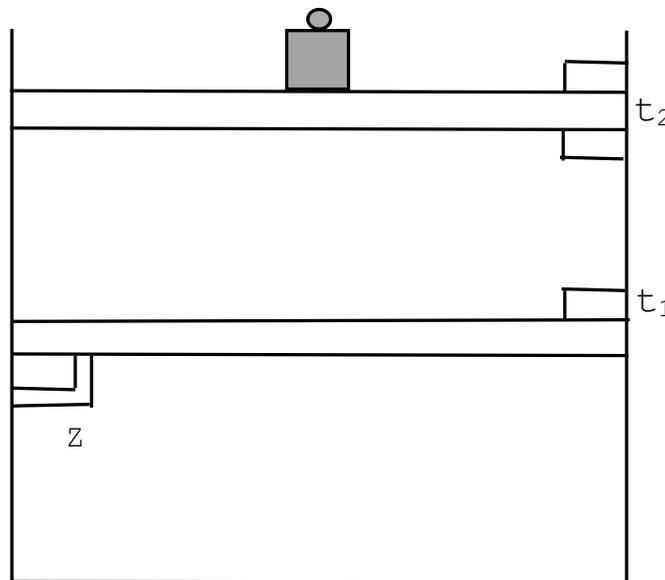
$$U = \mathbf{x}_o(T) \quad \text{para} \quad \mathbf{x} = \mathbf{x}_o$$

- (a) el sistema pasa del estado A (\mathbf{x}_A, T_A) a otro con $\mathbf{x} = \mathbf{x}_B$ en forma adiabática reversible, realizando un trabajo W_I . ¿Cuanto vale la energía interna del sistema?
 - (b) si el sistema hubiese pasado del mismo estado A a tener el mismo \mathbf{x}_B , en forma adiabático pero irreversible, entregando un trabajo $W_{II} < W_I$, ¿Cuanto habrá variado la energía interna del sistema? La temperatura final alcanzada sería igual, mayor o menor que en i)? Recordar: $U_B = U_A + \Delta U_{AB}$.
2. Se tiene un sistema simple encerrado en un cilindro, cuya ecuación de estado no se conoce. Se quiere medir la diferencia de U entre los estados $V_1 = 10 \text{ l}$, $T_1 = 300^\circ\text{K}$ y $V_2 = 20 \text{ l}$, $T_2 = 400^\circ\text{K}$. Se dispone de un cilindro provisto de un pistón aislante, pesas, arena, una resistencia eléctrica que se puede sumergir en el cilindro, un amperímetro, un voltímetro, pilas, papel de amianto (aislante térmico), trabas para el pistón, termómetro, etc. ¿Cmo procedería en los siguientes casos ?
 - (a) comienza con el sistema en el estado 1, aísla el cilindro y deja que se expanda contra la presión ambiente. Al llegar a $V_2 = 20 \text{ l}$, observar que la temperatura bajo a 280°K ¿Qu debe hacerse para llevarlo al estado 2? ¿Cmo se calcula $U(2) - U(1)$?
 - (b) parte del estado 2 y comprime reversiblemente, hasta $V_1 = 10 \text{ l}$ ¿Cmo se debe proceder?, pero obtiene una temperatura superior a 400°K . ¿Es posible llegar a 300°K con el cilindro aislado y utilizando los elementos a su disposición?
 3. Un gas se halla dentro de un cilindro, provisto de un pistón sin peso que puede deslizar sin frotamiento, de 100 cm^2 de área. Tanto el cilindro, como

el pistón son aislantes perfectos del calor. Sobre el pistón hay un peso de 100 gr. El gas se halla a la presión de 10 atm y el pistón es mantenido inmóvil por medio de una traba (t1 en la figura). La presión exterior es de 1 atm.

I) en cierto instante se saca la traba t1, expandiéndose el gas hasta que el pistón es detenido por la traba t2, la cual se halla a 10 cm. por encima de t1.

- (a) ¿ Es reversible este proceso?
- (b) ¿ Cunto vale la fuerza que impulsa el pistón hacia arriba en el instante de quitar la traba t1?
- (c) ¿ Cunto vale el trabajo entregado por el gas durante la expansión?
¿ Puede usarse la expresión $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$, siendo p la presión termodinámica del gas? ¿Por qué?



Z: zapata de freno a considerar solo para el punto II. Para el punto I. no existe.

II) Si ahora, en lugar que el pistón pueda deslizar sin frotamiento, se coloca una zapata de freno sumergida en el gas, que roza contra la pared interior del cilindro con una fuerza de 10000 dinas,

- (d) ¿ Cunto valdrá ahora la fuerza que acelera el pistón hacia arriba en el instante de sacar la traba t1?

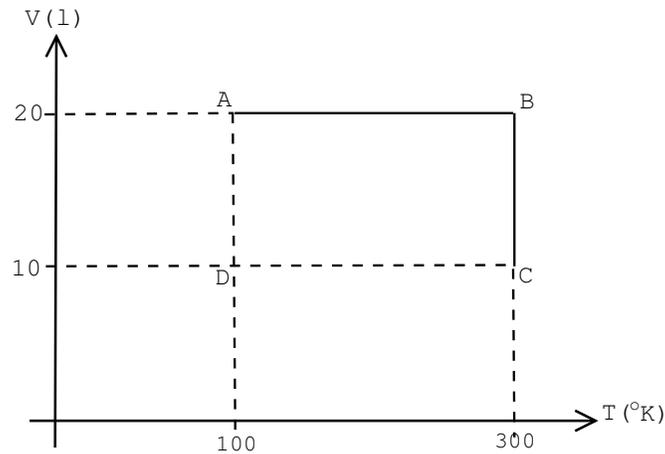
- (e) ¿ Cuanto vale el trabajo entregado por el gas?
- (f) ¿ Cuanto vale la variación de energía interna del gas en los casos I) y II) ?
4. Medio kg de gas es comprimido a una presión constante de 7 atm en un cilindro de 25 cm de diámetro. El pistón se desplaza 50 cm y pasan 5 kcal del cilindro a una camisa de agua durante la compresión. ¿Cuál es la variación de energía interna del proceso? Si hubieran salido 6 kcal desde el cilindro, cuál hubiese sido la variación de energía interna?
5. Una bolita de masa m y cuyo calor específico es de $0.1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ cae desde una altura de $h = 19.5 \text{ m}$, en un lugar donde la aceleración de la gravedad vale $g = 980 \text{ cm/s}^2$, sobre un plano horizontal más o menos elástico. La bolita rebota, se eleva a una altura h/n y se calienta. El plano no se calienta ni adquiere una deformación permanente. Calcular el aumento de temperatura de la bolita, suponiendo que su energía interna varía de la forma $\Delta U = c \theta$, siendo c la capacidad calorífica y θ la variación de temperatura. Analizar los valores que puede tomar n , los valores máximos y mínimos posibles de θ , y en particular calcular numéricamente el valor de θ para $n = 9$.
6. Un mol de gas diatómico ($U = cte. + 5/2 R T$) es llevado de un estado inicial cuya temperatura y volumen son, respectivamente, 291°K y 21000 cm^3 , a un estado final en el cual la temperatura y el volumen son 305°K y 12000 cm^3 . La transformación está representada en el plano pV por una línea recta.
- (a) ¿Es reversible la transformación? ¿Por qué?
- (b) Encontrar el trabajo realizado y el calor absorbido por el sistema.
7. Un gas tiene la ecuación de estado: $p = \left(\frac{RT}{V}\right) \left(1 + \frac{aT}{V}\right)$, siendo su energía interna de la forma:

$$U(V, T) = U_o(T) + \frac{RaT^2}{V}; \quad a = cte.$$

- (a) Hallar el trabajo entregado por el gas durante una expansión isotérmica reversible desde V_o hasta $3V_o$.
- (b) Idem durante una expansión isotérmica contra una presión exterior constante p_o , desde V_o hasta $3V_o$.

- (c) Hallar la variación de energía interna y el calor absorbido por el gas en los casos a) y b).

8. Un mol de gas diatómico ($U = cte. + 5/2 R T$), realiza el proceso A B C.



Calcular:

- (a) el trabajo W realizado por el gas, la variación ΔU de energía interna y el calor absorbido Q para los procesos AB y BC.
- (b) ¿Cuál es la variación de energía interna al pasar del estado C al A?
- (c) si al ir de C a A por un camino especificado, el gas realiza un trabajo $W = -10$ joule, ¿ cuál es el calor absorbido en ese proceso?
9. Un cilindro lleno de gas está provisto de un pistón y paletas agitadoras que pueden ser operadas externamente. Notemos con \mathbf{x} y \mathbf{f} la posición y la fuerza que se ejercen sobre el pistón. Consideremos dos procesos I y II. Ambos comienzan en $\mathbf{x} = i 0.2$ m y terminan en $\mathbf{x} = 0.3$ m y en ambos casos \mathbf{f} permanece constante e igual a 1000 N. En el proceso I el cilindro se mantiene aislado adiabáticamente y se gastan 250 J en remover el gas con las paletas. En el proceso II el cilindro no es aislado adiabáticamente y se gastan 350 J en hacer girar las paletas de manera tal de llegar a la misma temperatura final que en el proceso I. Para cada uno los procesos calcule:

- (a) el trabajo hecho por el sistema

- (b) el cambio de energía interna
 - (c) el calor intercambiado
10. Se comprime un mol de aire desde $p = 1 \text{ atm}$, $T = 273^\circ\text{K}$ en forma reversible e isotérmica hasta reducir su volumen a la mitad, y luego se expande adiabática y reversiblemente hasta su presión inicial. Hallar:
- (a) el trabajo total realizado por el gas
 - (b) el calor total que ha sido entregado al gas
 - (c) la variación de energía interna
 - (d) la temperatura final
 - (e) graficar el proceso en el plano pV .