

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias
Departamento de Física

Ayudantía 5
Termodinámica

16 de Noviembre del 2016

Profesor: Patricio Fuentealba.
Ayudante: Jaime Clark.

Problema 1

Considere el ciclo de Joule. Este consiste en una expansión isobárica a presión P_1 (de 1 a 2), una expansión adiabática (2 a 3), una reducción de volumen isobárica a P_2 (de 3 a 4) seguida por una compresión adiabática, para retornar al estado inicial (1).

- a) Dibuje en el plano $P - S$ un bosquejo del ciclo considerado.
- b) Suponiendo que tenemos un gas ideal con $C_p/C_v = \gamma$, determine el calor transferido (Q) y el trabajo hecho, por el gas (W) e cada etapa del ciclo (Defina $Q > 0$ y $W > 0$ si el sistema recibe calor y energía mecánica, respectivamente). Especifique el signo del calor transferido y del trabajo realizado por el sistema en cada etapa.
- c) Calcule en base a lo obtenido en b), la eficiencia $\eta = \eta(P_1, P_2)$, y también $\eta = \eta(V_1, V_2)$ del ciclo de Joule.

Resuelto en ayudantía.

Problema 2

Considere un sistema particular que satisface las siguientes ecuaciones de estado

$$\begin{aligned} T &= \frac{3As^2}{v}, \\ P &= \frac{As^3}{v^2}. \end{aligned}$$

en donde A es una constante.

- a) Obtenga μ como una función de s y v , y luego encuentre la ecuación fundamental.
- b) Obtenga la ecuación fundamental de este sistema mediante integración directa a partir de la ecuación molar
- a) Para esto, notamos que nos dan las ecuaciones de estado del sistema, por lo tanto buscamos algún potencial que dependa de estos parámetros. Tal como se demostró en ayudantía a partir de la energía interna del sistema $U = U(S, V, N)$ uno puede deducir la relación de Duhén-Gibbs, dada por

$$d\mu = -SdT + vdP. \quad (1)$$

Primero, encontremos la forma diferencial de $T = T(s, v)$ y $P = P(s, v)$, a saber

$$dT = \frac{6As}{v}ds - \frac{3As^2}{v^2}dv, \quad (2)$$

$$dP = \frac{3As^2}{v^2}ds - \frac{2As^3}{v^3}dv, \quad (3)$$

reemplazando (2) y (3) en (1) se obtiene

$$d\mu = -\frac{3As^2}{v}ds + \frac{As^3}{v^2}dv. \quad (4)$$

Noten que podemos hacer lo siguiente, ya que nos gustaría integrar el sistema pero mientras tengamos dos diferenciales (ds y dv) no podríamos a lo menos que encontremos una relación entre ambos. Dicho esto, escribimos lo siguiente

$$\begin{aligned} -\frac{3As^2}{v} &= \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(-\frac{As^3}{v} \right) \right]_v, \\ \frac{As^3}{v^2} &= \left[\frac{\partial}{\partial v} \left(-\frac{As^3}{v} \right) \right]_s, \end{aligned} \quad (5)$$

al reemplazar ambas expresiones en (4) se llega a

$$d\mu = \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(-\frac{As^3}{v} \right) \right]_v ds + \left[\frac{\partial}{\partial v} \left(-\frac{As^3}{v} \right) \right]_s dv,$$

es trivial darse cuenta que lo que tenemos a grandes rasgos es una función $\mu = \mu(s, v)$, por lo tanto tal como escribimos esta expresión se reduce a

$$d\mu = -d \left(\frac{As^3}{v} \right),$$

integrando obtenemos

$$\mu = \mu_o - \frac{As^3}{v}, \quad (6)$$

notemos que a partir de la forma diferencial de la energía interna, podemos relacionarla con (6), luego

$$\mu = \left(\frac{\partial U}{\partial N} \right) = \mu_o - \frac{AS^3}{N^2V},$$

integrando

$$U = \frac{AS^3}{NV} + N\mu_o = N\mu.$$

- b) El desarrollo queda para ustedes, solo necesitan saber que tal como el nombre les dice, tienen que partir usando la ecuación molar, a saber

$$du = Tds - Pdv.$$