

## Problemas de Física 4 § Potenciales termodinámicos y relaciones de Maxwell

1. La energía libre de Helmholtz de un gas es

$$F = -RT \ln(V - b) - \frac{a}{V} + CT$$

donde  $R$ ,  $a$ ,  $b$  y  $C$  son constantes. Encontrar la ecuación de estado.

2. Encontrar las expresiones de  $T$  y  $V$ , dada la entalpía  $H = H(S, P)$ .
3. Encontrar las expresiones de  $S$  y  $V$ , dada la energía libre de Gibbs  $G = G(T, P)$ .
4. ¿Qué relación hay entre  $\frac{\partial S}{\partial P}|_T$  y  $\frac{\partial V}{\partial T}|_P$  ?
5. Demostrar que la energía libre de Helmholtz, para un mol de gas ideal, se puede escribir:

$$F = C_V T [1 - \ln T + (1 - \gamma) \ln V - S_0].$$

- Demostrar que

$$P = -\left.\frac{\partial F}{\partial V}\right|_T.$$

- Un mol de gas ideal a una temperatura  $T$  se expande libremente hasta que duplica su volumen. Demostrar que  $\Delta F = -RT \ln 2$ .
  - ¿Se satisface  $W \leq -\Delta F$  ? ¿Se puede identificar el proceso como reversible o irreversible?
6. Demostrar que en un gas ideal  $\left.\frac{\partial U}{\partial V}\right|_T = 0$ .
7. Se tiene un *gas de fotones* cuya energía libre de Helmholtz es

$$F = -\frac{1}{3}bVT^4, \tag{1}$$

donde

$$b = \frac{8\pi^5 k^4}{15h^3 c^3} = 7.56 \times 10^{-16} JK^{-4}m^{-3}. \tag{2}$$

- (a) Calcular la entropía  $S(T, V)$  y la presión  $P(T, V)$ .
- (b) Calcular el resto de los potenciales termodinámicos (el potencial químico es cero).
- (c) Comprobar que el gas satisface la “Ley de Stefan–Boltzmann”.
- (d) Una característica fundamental de un gas de fotones, es que el número de partículas  $N$  es variable, y depende de  $V$  y  $T$  en la forma  $N = 2.03 \times 10^7 VT^3$ . Comparar  $N, U, P$  y  $S$  entre un mol de Ar a presión atmosférica y temperatura ambiente, y un gas de fotones en las mismas condiciones.
- (e) Graficar  $C_v(T)$ , para dos volúmenes diferentes.
- (f) Dibujar en el plano  $P - V$  un proceso isotérmico. Estimar el coeficiente de compresibilidad  $\kappa$
- (g) Dibujar en el mismo plano un proceso adiabático.

---

§<http://www.df.uba.ar/users/dmitnik/fisica4>

- (h) Calcular la eficiencia de una máquina de Carnot que utilice este gas como fluido de trabajo.

Solución: Es recomendable leer los siguientes artículos:

- (a) *Thermodynamics of blackbody radiation*, R.E. Kelly, Am. J. Phys. **49**, 1981.
- (b) *Teaching the photon gas in introductory physics*, H.S. Left, Am. J. Phys. **70**, 2002.