<u>**Ejercicio 1:**</u> Sea un sistema hidroestático (es decir un fluido en reposo sin gradientes espaciales en sus variables macroscópicas) totalmente aislado del entorno y en equilibrio, es decir con $U = cst$, $V = cst$, $N = cst$, $S = cst$... Con una pared ficticia, se divide el sistema en dos subsistemas de volumenes $V_1$ y $V_2$ constantes ($V_1 + V_2 = V$). Dado que la pared es ficticia, estos subsistemas son abiertos. El número de partículas en cada subsistema, $N_1$ y $N_2$, no tiene la restricción de ser constantes, siempre cuando la suma $N_1 + N_2 = cst = N$. Similarmente, las energías internas y las entropías pueden fluctuar, pero $U_1 + U_2 = U$ y $S_1 + S_2 = S$. Suponemos que cada subsistema tiene presión $P_1$ y $P_2$, respectivamente; temperatura $T_1$ y $T_2$; potencial químico $\mu_1$ y $\mu_2$. Usando la primera ley, demostrar que en equilibrio:

$$P_1 = P_2; \quad T_1 = T_2; \quad \mu_1 = \mu_2.$$

<u>**Ejercicio 2:**</u> Sea un sistema aislado como en el Ejercicio anterior, ahora dividido en dos partes 1 y 2 por un pistón que no tiene fricción. Si $T_1$, $T_2$ son las temperaturas de los dos subsistemas y $P_1$, $P_2$ las presiones, encontrar las condiciones de equilibrio termodinámico del sistema

1) si el pistón es una frontera impermeable y adiabática;

2) si el pistón es una frontera impermeable y diatérmica (permite intercambios de calor).

<u>**Ejercicio 3:**</u> Usando el mismo método que en clase, mostrar a partir de la primera ley las siguientes relaciones de Maxwell para un sistema hidroestático cerrado:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S \qquad \text{(M2)}$$

(tomando variables $P$ y $S$ independientes) y:

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \qquad \text{(M1)}$$

(variables $P$ y $T$).

<u>**Ejercicio 4:**</u> Utilizando el hecho que $S$ es función de $U$, $V$ y $N$ (sistema con un solo componente químico) mostrar que

$$\left(\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\mu}{T}\right)\right)_{U,N} + \left(\frac{\partial}{\partial N}\left(\frac{p}{T}\right)\right)_{U,V} = 0.$$

¿Cómo esta relación se modifica si hay varios componentes químicos?

**Ejercicio 5:** Del Ejercicio anterior, deducir que para un gas ideal:

$$\left(\frac{\partial}{\partial V}\left(\frac{\mu}{T}\right)\right)_{U,N} = -\frac{k_B}{V}.$$

Deducir también que para un gas ideal:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_{T,N} = \frac{Nk_B}{V}.$$

**Ejercicio 6:** Recordamos que para un proceso reversible, $dS = \delta Q/T$. Entonces, la capacidad calorifica $C_P$ se puede expresar como:

$$C_p = \left(\frac{\delta Q}{dT}\right)_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P.$$

Usando (M1), deducir que

$$\left(\frac{\partial C_P}{\partial P}\right)_T = -T\left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right)_P.$$

**Ejercicio 7:** Sea un pistón de área $A$ que comprime un gas de presión $P$ y volumen $V$. Cuando el pistón se mueve, las paredes del recipiente ejercen sobre este una fuerza tangencial de fricción, de modulo total $f_c$ (ver Tarea 2, Ejercicio 5).

a) Calcular el trabajo $\delta W$ recibido por el gas cuando su volumen cambia de $dV$.

b) Suponemos que el gas recibe calor ($\delta Q$) y trabajo ($\delta W$) durante algún proceso infinitesimal. Escribiendo la primera ley de dos manera diferentes, deducir una expresión para el cambio de entropía $dS$.

c) ¿Se cumple la segunda ley? ¿ El proceso es reversible o irreversible?