

UNIVERSITE PAUL SABATIER

Licence STS, Mention Physique

Parcours Sciences Physiques et Chimiques- L3

Année Universitaire 2007 – 2008

UE1 – Thermodynamique Statistique
--

Partiel Novembre 2007 (durée 1H 30)

I. Espace des phases de 2 particules libres sur un axe.

On considère un système isolé formé de deux particules libres discernables, de même masse m , sans interactions mutuelles, se déplaçant sur l'axe Ox entre deux parois situées en $x=0$ et $x=L$.

1. Donner l'expression de l'énergie E du système isolé.
2. Définir l'espace des phases associé au système. Donner sa dimension.
3. Déterminer le « volume » $\Gamma(q, p)$ de l'espace des phases accessible au système lorsque son énergie est comprise entre 0 et E .
4. Déterminer le « volume élémentaire » ($\Delta q \Delta p$) d'une cellule de l'espace des phases.
5. En déduire le nombre $\Phi_2(E)$ de micro-états dont l'énergie comprise entre 0 et E .
6. En déduire le nombre $\Omega_2(E)$ de micro-états accessibles au système lorsque son énergie est comprise entre E et $E+dE$.
7. Donner alors l'expression du nombre de micro-états par unité d'énergie ou densité d'états $\rho_2(E)$.

II. Entropie de mélange de gaz parfaits

On étudie le processus de mélange des gaz parfaits. Les deux gaz sont initialement séparés par une cloison diatherme et mobile. Soient N_1, m_1 et N_2, m_2 les nombres et masses respectifs des molécules (libres) dans les compartiments (1) et (2) d'un même réservoir isolé de volume V : l'énergie totale E est donc fixée. Le système isolé est alors à l'équilibre. On retire la cloison et on attend le nouvel état d'équilibre. On suppose que les molécules sont d'abord discernables.

L'entropie micro-canonique S^D d'un gaz parfait de N molécules discernables est donnée par l'expression suivante :

$$S^{D*}(E, V, N) = Nk_B \left[\frac{3}{2} \ln\left(\frac{m E}{3\pi\hbar^2 N}\right) + \ln\left(\frac{V}{N}\right) + \frac{3}{2} \right].$$

1. Calculer la variation de l'entropie micro-canonique ΔS^* du système entre l'état initial et l'état final. Que représente ΔS^{D*} . Expliquer son signe.
2. Qu'en est-il si les molécules N_1 et N_2 sont identiques (gaz de même nature) ? Le signe de ΔS^* est-il physiquement acceptable ? Justifier votre réponse.
3. Les molécules N_1 et N_2 sont identiques, mais maintenant indiscernables. Dans ce cas, établir la nouvelle expression de l'entropie micro-canonique S^{ID*} d'un gaz parfait de N molécules indiscernables. En déduire alors la variation de l'entropie micro-canonique ΔS^{ID*} du système entre l'état initial et l'état final. Quelle conclusion peut-on tirer des résultats obtenus aux questions 2 et 3?

Rappel : on montre qu'à l'équilibre thermique et mécanique lorsque les compartiments (1) et (2) sont en contact thermique et mécanique les valeurs les plus probables E_{1m} et E_{2m} des énergies et celles V_{1m} et V_{2m} des volumes V_1 et V_2 sont

telles que : $E_{1m} = \frac{N_1}{N} E$, $E_{2m} = \frac{N_2}{N} E$, $V_{1m} = \frac{N_1}{N} V$ et $V_{2m} = \frac{N_2}{N} V$