**Física Estadística II**

**Trabajo Práctico N° 3**

**Septiembre, 2020**

1) Graficar el comportamiento del potencial químico μ y la fugacidad z=exp(βμ) de un gas de Bose, de Fermi y clásico en función de la temperatura. ¿Cuál es el potencial químico y la fugacidad de los gases de Fermi y de Bose para temperaturas T→∞ y T→0?

2) Derivar el primer término de la expansión de la ecuación de estado de un gas ideal de Bose para temperaturas altas.

3) Para el caso no-relativístico en 3 dimensiones, encontrar la entropía del gas ideal de Bose en la fase condensada T<Tc. Comparar con el gas clásico.

4) Considerar el gas ideal de Bose compuesto por N partículas en un volumen V. Sean No y N’ el número de partículas en el estado más bajo (momento p=0) y en los estados p≠0 respectivamente. Mostrar que cuando la temperatura cae a valores menor a Tc, No se vuelve de repente comparable al número total N y que en esta región el potencial químico es igual a cero (condensación de Bose).

5) En un laboratorio se midió la capacidad calorífica molar, CV (T), del helio líquido (4He), para dos temperaturas distintas, obteniéndose los valores

 CV (0.1 K) = 9.40 × 10−5 Jmol−1 K−1

 CV (0.5 K) = 11.76 × 10−3 Jmol−1 K−1

Se sabe que los átomos de 4He tienen spín nulo y una masa m = 6.64 × 10−24 g, y que la densidad del 4He es, aproximadamente, ρ = 0.146 g cm−3.

Considerar el 4He líquido como un simple gas ideal que satisface la estadística de Bose-Einstein.

(a) ¿Qué valores predice este modelo para la capacidad calorífica molar del 4He?

(b) ¿Concuerdan los valores del modelo con los valores experimentales a 0.1K y 0.5K? ¿Qué explicación física se le ocurre para justificar su respuesta?

(Datos numéricos: h = 6.626 × 10−34 J s; k = 1.38 × 10−23 J K−1; R = 8.314 J mol−1 K−1)

6) La primera observación de la condensación de Bose-Einstein en un vapor atómico diluido fue realizada por M. Anderson et al. (Science 2169, 1995). El estado condensado se produjo en un vapor de 87Rb confinado por un campo magnético y enfriado por evaporación. La primera evidencia de condensación apareció a una temperatura de aproximadamente 170 nK con

2.5 x 1012 átomos/cm3. Comparar la temperatura de condensación en este experimento con la temperatura crítica para un gas ideal de Bose a la misma densidad.

7) A bajas temperaturas la entropía y la compresibilidad isotérmica de un gas de bosones con interacción débil pueden aproximarse por:



donde a y c son constantes. En el límite de baja temperatura y volumen grande la presión P y la densidad de energía interna E/V tienden a cero.

(a) Encontrar la ecuación de estado P(V,T).

(b) Encontrar la energía interna E(T,V).

(c) ¿Obedece este modelo la Tercera Ley de la Termodinámica?

9) ¿Qué título le pondría a la siguiente figura?



Problemas extraídos de :

\* Amit, D.J. and Y. Verbin, *Statistical Physics. An Introductory Course*, World Scientific Publishing, 1999.

\* Kubo, R, *Statistical Mechanics. An Advanced Course with Problems and Solutions*, North-Holland Physics Publishing, 1988.

\* https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-044-statistical-physics-i-spring-2013/exams/