

Mecánica Estadística

Tarea 9 — Entrega 20 de noviembre de 2015

Profesor: Rodrigo Soto

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile

[P1] Nivel de Fermi en aisladores. Se busca mostrar que en los aisladores el nivel de Fermi está ubicado en la mitad del gap. A bajas temperaturas, los niveles parcialmente ocupados están ubicados en una región pequeña en torno a μ . Se puede entonces hacer la aproximación parabólica para las bandas de la forma

$$g(\epsilon) = \begin{cases} g_V(\epsilon_V - \epsilon)^{1/2} & \epsilon < \epsilon_V, \\ 0 & \epsilon_V < \epsilon < \epsilon_C, \\ g_C(\epsilon - \epsilon_C)^{1/2} & \epsilon > \epsilon_C, \end{cases}$$

donde g_V and g_C caracteriza a cada una de las bandas y son en general diferentes. Los niveles para $\epsilon < \epsilon_V$ se llaman banda de valencia y los niveles con $\epsilon > \epsilon_C$ se llaman banda de conducción. Dibuje la densidad de estados.

Al ser un aislador, a temperatura nula, la banda de valencia está completamente llena y la de conducción completamente vacía. Esto implica que el número de electrones cumple

$$N_e = V \int_0^{\epsilon_V} g(\epsilon) d\epsilon.$$

A una temperatura finita pero pequeña, el potencial químico se obtiene de la ecuación

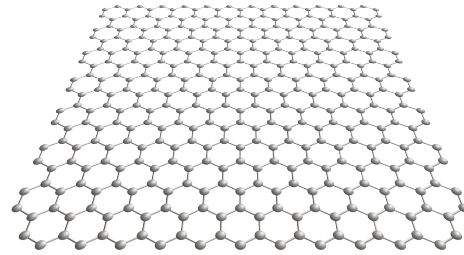
$$N_e = V \int_0^{\epsilon_V} g(\epsilon) f(\epsilon) d\epsilon + V \int_{\epsilon_C}^{\infty} g(\epsilon) f(\epsilon) d\epsilon.$$

Usando $k_B T \ll \epsilon_V, \epsilon_C, (\epsilon_C - \epsilon_V)$, muestre que

$$\mu = \frac{\epsilon_V + \epsilon_C}{2} + k_B T \log(g_V/g_C).$$

[P2] Grafeno. El grafeno corresponde a una capa bidimensional del grafito. Los electrones pueden moverse en

dos dimensiones y están altamente confinados en la tercera dimensión, de manera que se comportan como un gas bidimensional.



Los átomos de carbono del grafeno generan un potencial periódico al que se le pueden calcular los niveles de energía, obteniéndose que las energías son de la forma

$$\epsilon = \pm \hbar v_F |\vec{k}|, \quad (1)$$

es decir, como un gas ultrarelativista de partículas y antipartículas.

- (a) Calcule la densidad de estados de los electrones. Ponga atención a los signos de la energía.
- (b) Se puede calcular que el potencial químico está en $\mu = 0$. Indique qué espera Ud. que pase con la conductividad eléctrica en función de la temperatura.

[P3] Enfriamiento laser (vale por dos preguntas). Lea y comente (en media página para cada artículo) los artículos “Laser Cooling” de David J. Wineland and Wayne M. Itano, Phys. Today **40**, 34 (1987) y “New Mechanisms for Laser Cooling” de Claude N. CohenTannoudji and William D. Phillips, Phys. Today **43**, 33 (1990), los que puede bajar de UCursos.