

**Estructura de la Materia 2**  
**Segundo cuatrimestre 2020**  
**Guía 6: Drude - Efecto Hall cuintico entero (Segunda Parte)**

1. Teoría clásica de un gas de electrones (modelo de Drude)

Tomemos un metal típico, el K, como ejemplo.

- i) Calcule cuál es la densidad de electrones de conducción, suponiendo  $Z=1$ . Encuentre cuál es el valor de  $r_s$  (compare con la distancia a primeros vecinos  $4.53 \text{ \AA}$ )
- ii) Encuentre como varía el tiempo de relajación en función de T, sabiendo que  $\rho(77\text{K}) = 1.38 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$  y  $\rho(273\text{K}) = 6.1 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$
- iii) A partir de la relación  $1/2mv_\phi^2 = 3/2k_bT$ , calcule el camino libre medio electrónico en este modelo.
- iv) Calcule la constante Hall y compare con el valor experimental ( $R_H = -4.964 \cdot 10^{-24} \text{ CGS}$ ). Densidad del K =  $0.91 \text{ g cm}^{-3}$ .  $N_A = 6.02217 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .  $A = 39$ .
- v) Compare el camino libre medio electrónico obtenido dentro del modelo de Drude con el camino libre medio cuántico.

2. Niveles de Landau

Considere un gas bidimensional de electrones libres en presencia de un campo magnético perpendicular al sistema.

- i) A partir de la resolución del hamiltoniano:

$$\hat{H} = \frac{1}{2m} \left( \frac{\hbar}{i} \nabla + e \bar{A} \right)^2$$

donde  $\bar{A}$  es el potencial vector,  $e$  y  $m$  son la carga y la masa del electrón respectivamente, calcule y grafique la dependencia de la energía de Fermi con el campo magnético.

- ii) Agregue un campo eléctrico al Hamiltoniano en la dirección de confinamiento de los estados del oscilador armónico y resuelva. ¿Qué sucede con la degeneración?  
Calcule la densidad de corriente en el sistema asumiendo un llenado entero de niveles de Landau y a partir de ello determine la matriz de resistividad. ¿Qué esperaríamos que suceda si el llenado no es entero?
- iii) Resuelva el problema de niveles de Landau usando un gauge simétrico,  $\bar{A} = \frac{H}{2}(-y, x, 0)$ .

3. Efecto Hall cuántico entero

- i) Analice el desdoblamiento Zeeman y explique en base a eso por qué no se observan factores de llenado impares para campo magnético bajo en la medida experimental. Analice el caso del  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  para el cual la masa efectiva es  $m^* = 0.09 m_e$  y el factor giromagnético es  $g = 0.4$ .

- ii) Suponiendo que se agrega un potencial de desorden  $V_d$  mucho menor a la separación entre niveles de Landau y que var'ia lentamente en la distancia de la longitud magnética, demuestre que los centros de las órbitas de ciclotrón se mueven en líneas equipotenciales de  $V_d$ .
- iii) En la geometría de Laughlin, calcule cómo introducir un flujo magnético afecta al espectro de energías y a la función de onda. Muestre que el agregado de un flujo puede ser removido con una transformación de gauge para estados localizados pero no así para estados extendidos, a menos que el flujo sea múltiplo entero del cuanto de flujo.