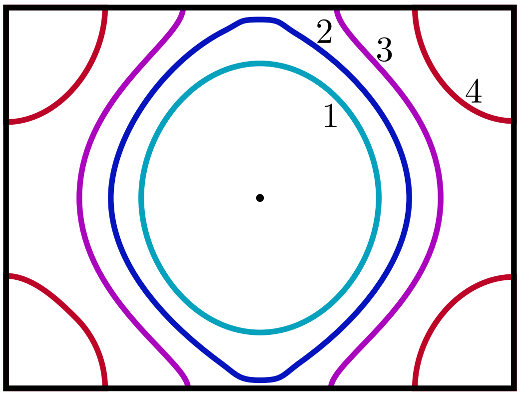
Práctica 7: Modelo semiclásico y propiedades de transporte

1. La siguiente figura representa curvas de energía constante en una zona de Brillouin para electrones en un cristal bidimensional (que, por la asimetría, no corresponde a una red cuadrada). La relación de dispersión toma su mínimo valor en el centro de la zona y crece hasta tomar su valor máximo en los vértices de la zona (es decir, la energía crece en el sentido 1→4)



Utilizando el modelo semiclásico,

(a) Mostrar que el movimiento en el espacio **k** y **r** de un electrón bajo la acción de un campo magnético homogéneo y estacionario en la dirección z (perpendicular al papel) se da en órbitas de energía constante.

(b) Estudiar el sentido en el que se recorren las órbitas cerradas dadas por las curvas de energía constante 1 y 4. Compare con el movimiento de un electrón en el vacío en presencia de un campo magnético. ¿Qué puede concluir?

(c) Para electrones en las trayectorias cerradas 1 y 4, determinar el periodo T.

(d) Partiendo del periodo para electrones libres,

$$T_{\text{libre}} = \frac{2\pi m}{eH}$$

suponer que el periodo T del ítem anterior se puede escribir de la misma manera, pero con una masa efectiva m^*. Comparar las expresiones y obtener una fórmula para m^*. ¿Qué puede decir de m^* en las órbitas 1 y 4?

(e) Considerar ahora que el sólido es tridimensional, y las líneas representan la intersección de una superficie de energía constante con planos de k_z constante. Encontrar que ahora las trayectorias en el espacio **k** están dadas por curvas de energía constante y k_z constante. Analizar cómo cambian ahora las trayectorias en el espacio real.

2. Tensor de conductividad

Mostrar que en un cristal tetragonal la conductividad es isotrópica en el plano perpendicular al eje c.

3. Mostrar que la forma general del tensor σ se reduce al resultado del modelo de Drude para un cristal cúbico con electrones libres.

4. Conductividad en un modelo tight-binding

   Considere un metal bidimensional sobre una red cuadrada de constante a. Su estructura de bandas puede describirse mediante un modelo tight-binding,

   $$E(\mathbf{k}) = -2t\left(\cos(k_x a) + \cos(k_y a)\right)$$

   El tiempo de relajación puede considerarse independiente del momento y la energía.

   (a) Mediante la aproximación de masa efectiva calcular la conductividad para el caso de banda casi vacía y casi llena.

   (b) Calcular la conductividad para el caso de banda semillena.

   (c) A partir de los resultados anteriores grafique cualitativamente la evolución de la conductividad como función de la densidad de electrones de conducción.

5. Dependencia con la temperatura de la resistividad de un metal

   Lea con atención y sin frustrarse por lo que no entienda el apartado "The Temperature-Dependent...", página 523 del Aschcroft. Ahora cierre el libro y trate de responder lo siguiente:

   (a) ¿Como depende de la temperatura la resistividad de un metal a altas temperaturas?

   (b) ¿Por qué a bajas temperaturas la resistividad no es simplemente proporcional al número de fonones presentes? ¿Es mayor o menor?

6. Conductividad térmica de un metal

   (a) Esquematice la dependencia en temperatura de la conductividad de un metal.

   (b) A partir de este gráfico y la ley de Wiederman-Franz esquematice la dependencia en temperatura de la conductividad térmica de un metal.