

物性理論IV レポート課題 V

以下の課題について回答し、6月17日13:00までにmanabaに提出のこと。

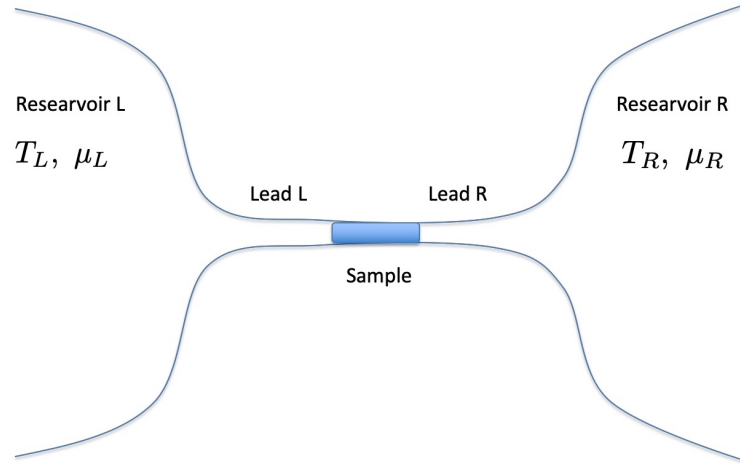


図 1: Schematic diagram of a narrow channel connected to two leads, which is called a quantum point contact. Large bias $eV = \mu_L - \mu_R (\gg k_B T)$ is applied and the temperatures of the two reservoirs are the same $T_L = T_R = T$. The electron transmission probability is $\mathcal{T}$ independent of the electron energy.

図1に示されるような、透過確率 $\mathcal{T}$ ($0 \leq \mathcal{T} \leq 1$) の量子ポイントコンタクトを考える。大きなバイアスの条件 $eV = \mu_L - \mu_R (\gg k_B T)$ では、電子は実質的に左のリードから右のリードに移動する。この場合単位時間あたりに左の電極から量子ポイントコンタクトに入射する電子数は、 $\lambda \equiv eV/h$ である。従って長時間 τ の極限では $N = \lambda\tau$ となる。左のリードの電子が N (≥ 1) 回の試行のうち Q 回 ($N \geq Q \geq 0$) 透過する確率は、

$$P_N(Q) = {}_N C_Q \mathcal{T}^Q (1 - \mathcal{T})^{N-Q}$$

の二項分布 (Binominal distribution) に従う確率過程となる。ここで ${}_N C_Q \equiv \frac{N!}{Q!(N-Q)!}$ は組み合わせの数であり、確率の保存則 $\sum_{Q=0}^N P_N(Q) = \{\mathcal{T} + (1 - \mathcal{T})\}^N = 1$ は満たされている。

時間 τ の間に移動する電子数 Q に関する特性関数

$$Z_\tau(\chi) \equiv \sum_{Q=0}^N P_N(Q) e^{i\chi Q} \quad (1)$$

を計算し (ヒント: 二項定理を利用してみよ)、それを元にキュムラント生成関数

$$F(\chi) = \frac{1}{\tau} \ln Z_\tau(\chi) \quad (2)$$

を λ と $\mathcal{T}$ を用いて書け。得られた結果と講義ノートを参考にして、電流の期待値 I と電流ノイズ S を計算し、ファノ因子 $S/(2|I|)$ を求めよ。