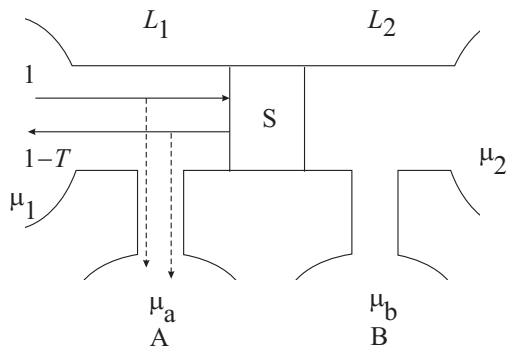


「半導体」 7/1 の問題

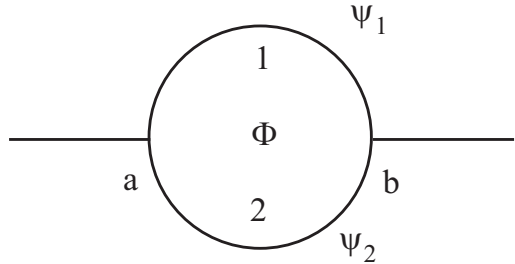
1. Landauer の 4 端子公式を次のように考えて求めよう．Landauer の 2 端子公式を導く際には粒子溜め 2 個とこれを 1 次元化するための理想導線 2 本を用意した．理想導線は電流が流れているので，本来の意味では化学ポテンシャルが定義できないが，次のようにして「準」化学ポテンシャルを定義し，その「電位差」を求めてみる．



(1a) 電流を供給/吸収する粒子溜めの化学ポテンシャルをそれぞれ μ_1, μ_2 ，理想導線を L_1, L_2 とする． L_1 に，別の化学ポテンシャル μ_a を持つ粒子溜め A を接続する．試料の透過率を T ，A と L_1 との間の透過率を T_{1A} として，A と L_1 との間に流れる電流を求めよ．

(1b) (1a) で求めた電流がゼロになるように， μ_a を調整する．同様に L_2 に化学ポテンシャル μ_b を持つ粒子溜めを接続し，電流がゼロになるよう μ_b を調整する． $\mu_a - \mu_b$ をこの細線にかかっている化学ポテンシャル差（電圧）と考え，この細線の電気伝導度を求めよ．

2. 図の AB リングについて，次のように考えた．これについて，設問 (2a)，(2b) に答えよ．



波動関数を 2 つの枝を伝播する成分 ψ_1, ψ_2 にそれぞれ分ける．リングは波動関数を等振幅に分割するとする．

$$\psi = \psi_1 + \psi_2, \quad |\psi_1| = |\psi_2|.$$

まず， $\Phi = 0$ の時， ψ_1 と ψ_2 の行路差による位相差を φ としよう ($\psi_2 = \psi_1 \exp(i\varphi)$) ．

φ はリング上では正確に定義できないが，b 点でリングを通過後の経路では定義でき，この経路での波動関数の 2 乗振幅は

$$|\psi|^2 = |\psi_1|^2 + |\psi_2|^2 + 2|\psi_1||\psi_2| \cos \varphi = 2|\psi_1|^2(1 + \cos \varphi)$$

である． Φ が存在する場合は，これに AB 位相がついて

$$\varphi \rightarrow \varphi + 2\pi \frac{\Phi}{\Phi_0}$$

となる．

リングを通過したところでの $|\psi|^2$ がこのリングの透過率に相当すると考える． Φ を与えた磁場は十分弱く，Zeeman 分裂は無視できるとする．完全な量子細線の 2 端子電気伝導度は $2e^2/h$ であるから，この AB リングの電気伝導度は

$$G = \frac{2e^2}{h} \cdot \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\varphi + 2\pi \frac{\Phi}{\Phi_0} \right) \right]$$

である．

(2a) とりあえず上に沿って考えることとし， Φ を調整して上の式の \cos の項を -1 にすると，AB リングを通過する波動関数は干渉効果により消滅する．AB リングに入射してきた電子は一体どこへ消えてしまったのか．論ぜよ．

(2b) 以上の考察から，最初に述べた考えから抜け落ちていることがわかるはずである．一体何を考えるべきであったのか述べよ．