

量子調和格子における熱輸送の次元クロスオーバー

Dimensional crossover of thermal transport in quantum harmonic lattices coupled to self-consistent reservoirs

阪大院基礎工, ○(M2)三本竹将也, 服部公則

Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ., Masaya Sambonchiku, Kiminori Hattori

E-mail: u253697a@ecs.osaka-u.ac.jp

1. 背景・目的

近年、日本のエネルギー供給過程において1次エネルギーの約6割が未利用熱として排出されている。この未利用熱を有効活用するには、熱輸送物理についての深い理解が必要不可欠である。

さて、フーリエ則は熱輸送における現象論的基本法則として有名である。しかしながら、この法則は、低次元系において、全運動量保存を破る外力なしに成立しないことが、過去の理論的研究から確認されている。本報告では、 d 次元量子調和格子における熱輸送を解析し、熱輸送の次元による移り変わりを解析する。

2. 方法

本研究では、SCR (Self-Consistent Reservoir) 理論に基づき、仮想プローブと結合した d 次元量子調和格子の熱輸送を解析する。 d 次元系は、モード分解することにより、 d 個の1次元 Klein-Gordon 鎖として扱える。プローブとの結合を表す自己エネルギーは、一般に、エネルギーのべき関数 $\Sigma \propto -i\varepsilon^n$ で記述され、フォノン散乱を人為的に導入できる。熱流は、ランダウアー公式で記述され、温度分布や熱伝導率を解析的または数値的に評価できる。

3. 結果

図は、 $n = 1$ における2次元系の熱伝導率の計算結果である。 N_x, N_y は、それぞれ系の

長さであり、図中の結果はそれらを変化させて計算している。ここで、 $N_y = 1$ は $d = 1$ の計算結果と同等であることを注意してほしい。図から、低温下の熱輸送は系のサイズによらず(原点 $k = \varepsilon = 0$ に接する)masslessな Goldstone モードに支配されており、熱伝導率の次元クロスオーバーは温度に強く依存することが分かる。

当日には、系内部の温度分布の計算結果などを交え、有限系または熱力学的極限の熱伝導率や透過率の計算結果などの詳細を報告する。

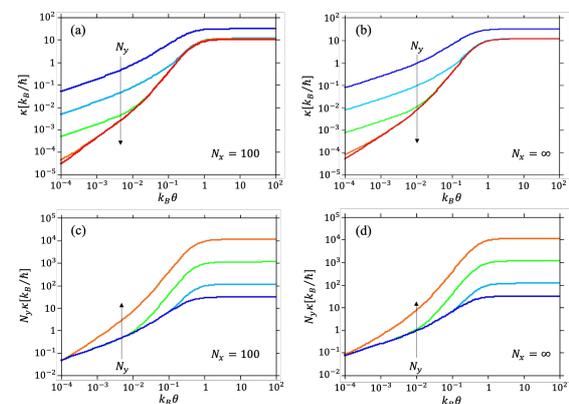


Fig. 1. Finite-size thermal conductivity κ as a function of temperature θ derived for $d = 1, 2$, assuming $n = 1$. The lateral size is varied as $N_y = 1, 10, 100, 1000, \infty$ in [(a) and (b)] and $N_y = 1, 10, 100, 1000$ in [(c) and (d)].

本研究は、JSPS 科研費 JP18K03977 の助成を受けたものである。