

傾いたディラックコーンをもつ系の磁場中のエネルギー準位構造

理論物理学研究室 12-041-016 ガラムカリ 和

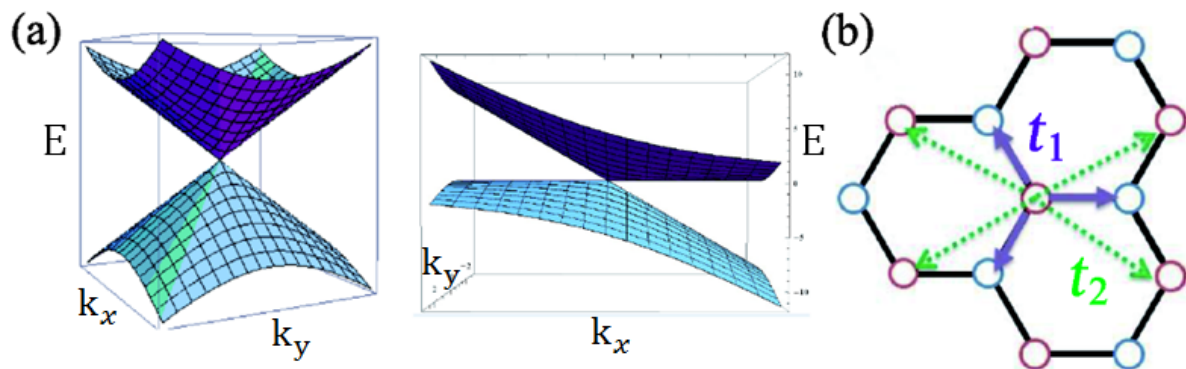
自由電子の運動エネルギー ε_k は運動量 \mathbf{k} の2乗に比例する ($\varepsilon_k \propto |\mathbf{k}|^2$)。しかしながら、グラフェンに代表される一群の固体中においては、運動量に比例する電子のエネルギー分散関係が現れる。このような、ディラックコーンと呼ばれる線形の分散関係: $\varepsilon_k \propto \pm|\mathbf{k}|$ をもつ系は種々の興味深い物性を示す。例えば、磁場下でのエネルギー準位は $\varepsilon_n = \pm\sqrt{n}\hbar\omega$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) の形に離散化され、自由電子系で見られるランダウ準位: $\varepsilon_n = (n+1/2)\hbar\omega$ とは異なるスペクトル構造を示す。

本研究ではこのようなディラックコーンに対する「傾き」の効果を考察する。具体的には2次元において、以下のハミルトニアンで表される系について考察する。

$$H(k_x, k_y) = v\eta k_y I + vk_x \sigma_x + vk_y \sigma_y. \quad (1)$$

この系のエネルギー固有値は $\varepsilon_k = \eta vk_y \pm v|\mathbf{k}|$ と求める事ができ、 η が傾きの効果を与える。図 (a) は通常のディラックコーンと傾いたディラックコーンの様子である。傾いたディラックコーンをもつ電子系は有機物質系 [1] や WTe_2 [2] などの物質系で実現していると考えられ、その性質を調べる事はこれらの物質系の振る舞いを理解するという観点からも興味深い。

本研究では特に、ハミルトニアン (1) に一様磁場を印加した場合のエネルギースペクトルについて考察する。そのために、まず傾いたディラックコーンを実現する格子モデルとして、図 (b) のように、隣接サイトに加えて、次隣接サイトへの飛び移りを一部考慮した六角格子系上の強束縛模型を考える。この模型は第1隣接及び、第2隣接サイトへの飛び移り積分、 t_1 、 t_2 の比の変化に伴ってディラックコーンが傾き、 $t_1 = 2t_2$ を満たすとき、ディラックコーンは完全に倒れる。この模型に対して、磁場の効果を飛び移り積分のパイエルス位相として考慮し、数値的にエネルギースペクトルを求めた。本講演では、その数値解の振る舞いについて紹介すると共に、 $\eta < 1$ の場合に得られる解析解 [3] との比較を交えて、詳細な議論を行なう。



(a) 左: ディラックコーン分散, 右: 傾きをもつディラックコーンの概念図。 (b) 傾いたディラックコーンを生ずる六角格子系上強束縛模型の飛び移り積分

[1] A. Kobayashi et al., J. Phys. Soc. Jpn. **76**, 034711 (2007).

[2] A. A. Soluyanov et al., Nature **527**, 495 (2015).

[3] T. Morinari and T. Tohyama, J. Phys. Soc. Jpn **79**, 044708 (2010).