Isolantes Topológicos em Materiais Bidimensionais com Interação Spin-órbita

Matheus Samuel Martins de Sousa

Universidade Federal Fluminense

July 12, 2019

Outline

Topologia

- Muitos problemas novos da matéria condensada estão relacionados com o caráter topológico do material.

Topologia

- Muitos problemas novos da matéria condensada estão relacionados com o caráter topológico do material.
- No caso dos isolantes topológicos, o comportamento do elétron no material está diretamente relacionado com a topologia ou a fase topológica deste.

Topologia

- Muitos problemas novos da matéria condensada estão relacionados com o caráter topológico do material.
- No caso dos isolantes topológicos, o comportamento do elétron no material está diretamente relacionado com a topologia ou a fase topológica deste.
- No século 19, Gauss já estudava uma forma de classificar superfícies bidimensionais, utilizando o que se hoje chamamos de invariantes topológicas.

Classificação por topologia

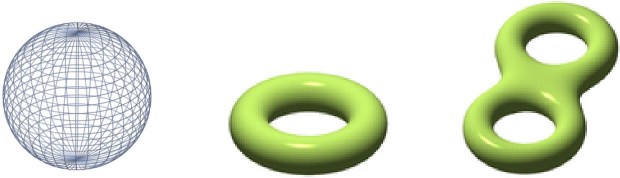


Figure: $g = 0, 1, 2$, respectivamente.

O teorema de Gauss-Bonnet diz é que

$$\int_M K dA = 2\pi(2 - 2g), \tag{1}$$

é uma invariante topológica dessas superfícies, e é possível classificar a superfícies de acordo com o “número de buracos” na superfícies considerada. O fato é que podemos fazer a mesma coisa para os isolantes topológicos.

Fase de Berry

Da mesma forma que no teorema de Gauss-Bonnet, podemos definir uma invariante topológicas como uma integral

$$\phi = \oint \boldsymbol{A} \cdot d\boldsymbol{k}, \qquad \boldsymbol{A} = \langle \psi_k | -i\boldsymbol{\nabla}_{\boldsymbol{k}} | \psi_k \rangle \,, \tag{2}$$

de onde definimos a curvatura de Berry

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{\nabla} \times \boldsymbol{A}, \tag{3}$$

que podemos utilizar para classificar os isolantes topológicos. No caso dos isolantes topológicos bidimensionais a invariante é chamada de TKNN ou número de Chern.

Interação spin-órbita

- A interação spin-órbita intrínseca acopla o spin dos elétrons com o momento angular orbital dos sitios da rede.

Interação spin-órbita

- A interação spin-órbita intrínseca acopla o spin dos elétrons com o momento angular orbital dos sitios da rede.
- Nos materiais bidimensionais esta interação pode ser modelada pelo modelo efetivo de Kane-Mele para o efeito Spin-Hall quântico.

Interação spin-órbita

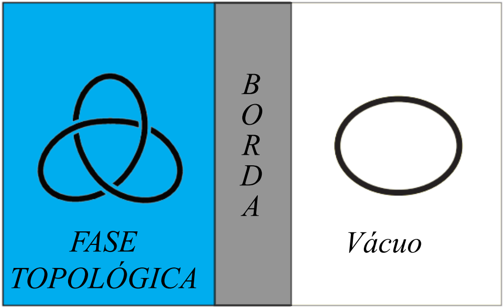
- A interação spin-órbita intrínseca acopla o spin dos elétrons com o momento angular orbital dos sitios da rede.
- Nos materiais bidimensionais esta interação pode ser modelada pelo modelo efetivo de Kane-Mele para o efeito Spin-Hall quântico.
- É possível mostrar que em uma fita de grafeno o número de Chern é zero.

Interação spin-órbita

- A interação spin-órbita intrínseca acopla o spin dos elétrons com o momento angular orbital dos sitios da rede.
- Nos materiais bidimensionais esta interação pode ser modelada pelo modelo efetivo de Kane-Mele para o efeito Spin-Hall quântico.
- É possível mostrar que em uma fita de grafeno o número de Chern é zero.
- Já a introdução de uma interação Kane-Mele faz com que o material ganhe um número Chern, fazendo dele um isolante topológico.

Isolantes topológicos bidimensionais

Se considerarmos uma nanofita com uma interface com o vácuo



Como temos duas topologias diferentes, deve haver uma transição de fase topológica na interface dos dois materiais, é essa interface que as propriedades "topológicas" do material.

Resultados

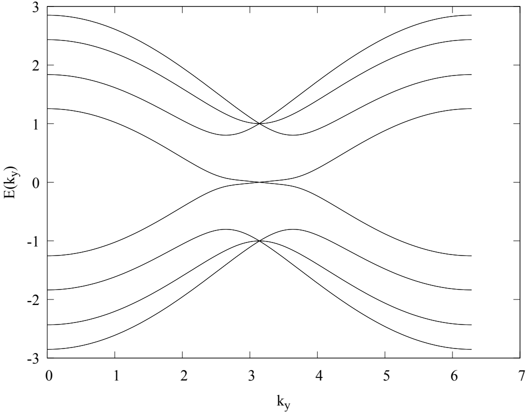


Figure: Banda eletrônica de uma fita zigzag com $N = 8$ e $\lambda_{SO} = 0.1$.

Resultados

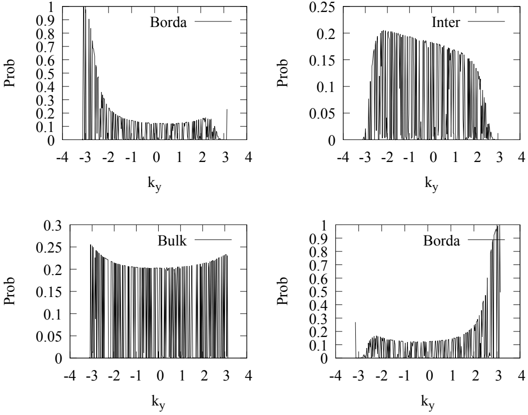


Figure: Distribuição de probabilidades dos estados da fita.

Resultados

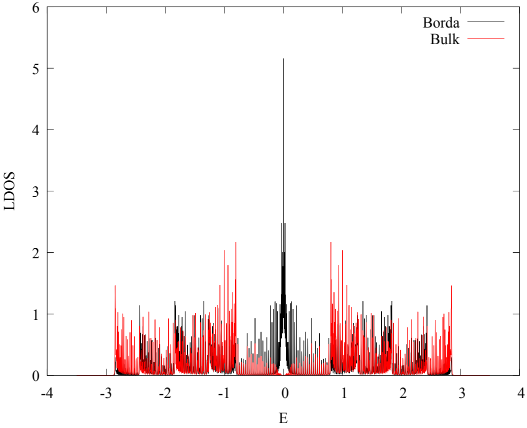


Figure: Densidade local de estados para a borda e o bulk do material, respectivamente.

Resultados

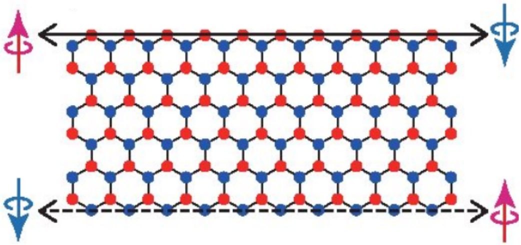
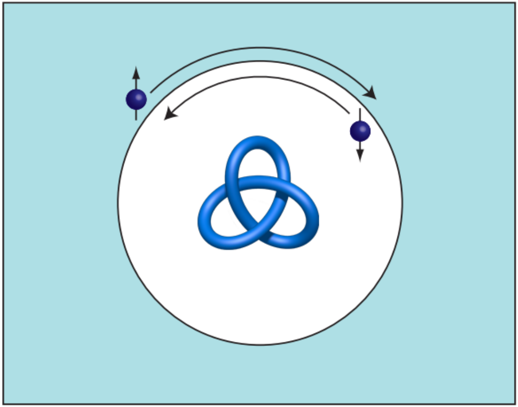


Figure: Correspondência bulk-borda.

Resultados



Fim

Fim, obrigado!