

Simpósio de Integração Acadêmica

“Bicentenário da Independência: 200 anos de ciência, tecnologia e inovação no Brasil e 96 anos de contribuição da UFV”

SIA UFV 2022



A eletrodinâmica quântica aplicada a sistemas bidimensionais

Departamento de Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

Ricardo Júnior Machado (ricardo.machado@ufv.br); Oswaldo Monteiro Del Cima (orientador) (oswaldo.delcima@ufv.br)

Palavras-Chave: eletrodinâmica quântica planar, grafeno, espalhamento Møller
Trabalho de pesquisa

Introdução

A dimensionalidade é um aspecto de grande importância na física, uma vez que observamos particularidades fenomenológicas associadas às diferentes dimensões. O grafeno foi o primeiro material estritamente bidimensional a ser obtido, tendo sido isolado e caracterizado em 2004 por Geim e Novoselov [1]. Uma variedade de fenômenos característicos de férmions de Dirac 2D são observados no grafeno, o que o torna importante para a pesquisa fundamental em física. Em um trabalho anterior [2], foram estudados vários aspectos de um modelo de eletrodinâmica quântica em 2+1 dimensões (QED₃), expresso pela ação

$$S = \int d^3x \left\{ -\frac{1}{4} F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} - \frac{1}{4} f^{\mu\nu} f_{\mu\nu} + \mu \epsilon^{\mu\nu\rho} A_\mu \partial_\rho a_\nu - \frac{1}{2\alpha} (\partial_\mu A^\mu)^2 - \frac{1}{2\beta} (\partial_\mu a^\mu)^2 + \bar{\psi}_+ \not{D} \psi_+ + \bar{\psi}_- \not{D} \psi_- - m(\bar{\psi}_+ \psi_+ - \bar{\psi}_- \psi_-) \right\}$$

Objetivos

Este trabalho teve como objetivo investigar o modelo de eletrodinâmica quântica mencionado (Maxwell-Chern-Simons QED₃ com paridade preservada). Em particular, o cálculo do potencial de espalhamento elétron-elétron (espalhamento Møller), no limite não-relativístico.

Material e Métodos

- A partir das soluções das equações de Dirac livres, foram determinados os autovalores do operador de spin dos férmions e os respectivos autovalores dos operadores de carga, associados à simetria $U(1)_A \times U(1)_a$.
- Para se obter o potencial de interação, foram determinados os propagadores livres e as regras de Feynman para os vértices de interação, o que permitiu calcular as amplitudes de espalhamento Møller no referencial de centro de massa das partículas.

Resultados e Discussão

A amplitude total e o potencial de espalhamento no estado de onda *s* encontrados, na aproximação de baixas energias, são dados pelas equações (1) e (2), respectivamente:

Apoio Financeiro



State	Wave function	Electric charge	Chiral charge	Spin	Quasiparticle
$ f_1^- \rangle$	u_+	$-e$	$-g$	$+\frac{1}{2}$	Electron polaron
$ f_1^+ \rangle$	u_-	$-e$	$+g$	$-\frac{1}{2}$	Electron polaron
$ f_2^+ \rangle$	v_+	$+e$	$+g$	$-\frac{1}{2}$	Hole polaron
$ f_2^- \rangle$	v_-	$+e$	$-g$	$+\frac{1}{2}$	Hole polaron

Tabela 1: As cargas elétricas, as cargas quirais e o spin das quasipartículas [3].

$$\mathcal{M}_{total}^{(\pm\mp)} = \mathcal{M}_{(\pm A\mp)}^{(1)} + \mathcal{M}_{(\pm a\mp)}^{(1)} = \frac{e^2}{k^2 + \mu^2} - \frac{g^2}{k^2 + \mu^2} \quad (1)$$

$$V_{\pm\mp}^s(r) = (e^2 - g^2) \frac{K_0(\mu r)}{2\pi} \quad (2)$$

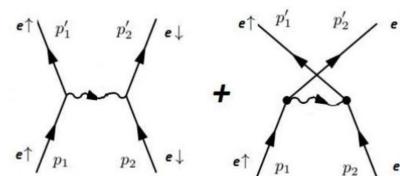


Figura 1: Os gráficos de Feynman para o espalhamento onda-s mediado pelos campos A_μ e a_μ [2].

Conclusões

- Foram observados alguns aspectos não-triviais de férmions massivos em (1+2)-D, particularmente que a polarização dos elétrons e pósitrons é definida pelo sinal do termo de massa na equação de Dirac livre, e que o sinal da carga estatística *g* possui sinal oposto à polarização do spin.
- Verificou-se que os potenciais no estado de onda-*p* são repulsivos, independentemente das constantes de acoplamento *e* e *g*. Por outro lado, o potencial de espalhamento no estado de onda-*s* mostra-se atrativo no caso em que $g > e$, permitindo a formação de estados ligados sem o confinamento dos elétrons.

Bibliografia

- [1] GEIM, Andre Konstantin. Graphene: status and prospects. science, v. 324, n. 5934, p. 1530-1534, 2009;
- [2] MIRANDA, Émerson da Silva. Potencial atrativo elétron-elétron na Maxwell-Chern-Simons QED₃ paridade invariante. Tese de Mestrado – DPF - UFV. 2016;
- [3] DEL CIMA, Oswaldo M.; MIRANDA, Emerson S. Electron-polaron—electron-polaron bound states in mass-gap graphene-like planar quantum electrodynamics: s-wave bipolarons. The European Physical Journal B, v. 91, n. 10, p. 1-6, 2018.

Agradecimentos

Agradeço ao prof. Oswaldo Monteiro Del Cima pela oportunidade dada e à Fapemig, por ter patrocinado nossa pesquisa.