

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DIRAC-BERGMANN PARA SISTEMAS DE CALIBRE

Erich Monteiro Bailly Andersen Cavalcanti¹; Franz Peter Alves Farias²

¹Bolsista PROBIC, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: erichcavalcanti@gmail.com

²Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: franz.al.farias@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Teorias de Calibre, Método de Dirac-Bergmann, Sistemas Hamiltonianos Vinculados.

INTRODUÇÃO

O estudo de sistemas com simetrias de gauge foi, e continua sendo, de fundamental importância para o desenvolvimento da Física de Partículas e Campos e, assim, para o estabelecimento das Teorias Quânticas de Campo (QFT). Historicamente, o eletromagnetismo de Maxwell (1864) foi a primeira teoria física a apresentar uma simetria de calibre. Ainda fora do contexto das teorias quânticas de campo, a Relatividade Geral de Einstein foi outra importante teoria que surgiu trazendo no seu cerne um sistema de calibre, de fato, Hilbert deduziu as equações de campo de Einstein ao exigir relações de invariância.

A publicação dos dois teoremas de Noether [1], em 1918, trouxe uma grande contribuição para a compreensão física da relação profunda entre simetrias e leis de conservação. Com seu primeiro teorema, Noether demonstrou uma relação direta entre simetrias globais do sistema e leis de conservação, trazendo uma compreensão mais fundamental sobre questões como a conservação de energia e, então, abrindo caminho para um novo modo de se criar teorias físicas: a partir das simetrias do sistema. Com seu segundo teorema, Noether nos deu a visão de que os sistemas com simetrias de calibre (gauge) são essencialmente sistemas singulares.

No contexto da quantização percebe-se mais fortemente a problemática dos sistemas singulares, afinal, a quantização *à la Dirac* de uma teoria exige a passagem do formalismo lagrangeano para o formalismo hamiltoniano, e esta passagem não se faz de modo simples quando tratamos de sistemas singulares, pois surge aí todo rol dos Sistemas Hamiltonianos Vinculados. O próprio Dirac [2] determinou um método para tratar estes sistemas singulares, método este hoje conhecido como o algoritmo de Dirac-Bergmann.

A importância dos sistemas de calibre e do tratamento de sistemas hamiltonianos vinculados não se perde na história e nem é relacionado somente a um prazer científico. O Modelo Padrão, que busca explicar três das quatro interações fundamentais da natureza - as interação forte, fraca e eletromagnética - é uma teoria de calibre. E a Teoria de Cordas, que busca unificar a gravitação com as outras três interações, também é uma teoria de calibre.

METODOLOGIA

A primeira fase do trabalho trata de apreender o método de Dirac-Bergmann para o tratamento de Sistemas Hamiltonianos Vinculados no contexto de partícula clássica relativística. Para tanto realizamos um estudo do formalismo hamiltoniano e, em seguida, passamos a um estudo introdutório à Teoria Clássica de Campos. Com esta base colocada, iniciamos um estudo sobre simetrias de calibre e sistemas hamiltonianos vinculados, tanto no contexto de partícula clássica como de campos clássicos. Surgiu também a necessidade de um estudo mais aprofundado acerca do teorema de Noether para a compreensão da importância da relação entre simetrias e leis de conservação (correntes conservadas).

RESULTADOS/DISCUSSÕES

Para a apresentação deste estudo seguimos uma abordagem similar àquela dada em Nivaldo [3] e Sundermeyer [4], onde escolhemos uma lagrangeana com invariância de calibre e, com base nela, realizamos todo o processo de tratamento e análise desenvolvido para sistemas hamiltonianos vinculados.

Além desta exposição, apresentamos algo mais palpável ao mostrar, num contexto elucidativo, um tratamento da primeira teoria de calibre: a eletrodinâmica de Maxwell. Ressalta-se que no contexto das teorias de campo, um bom tratamento da eletrodinâmica concede conhecimento para entender o tratamento de teorias mais complexas (com grupos de calibre não-abelianos).

Durante este estudo avançamos ao ponto de compreensão da aplicação do método de Dirac-Bergmann na abordagem dos sistemas hamiltonianos vinculados dentro do contexto das teorias de campos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos com este trabalho a primeira fase do projeto de pesquisa e iniciamos a segunda etapa. A partir de agora buscaremos utilizar as técnicas aprendidas para tratar de exemplos simples, como a partícula relativística e o modelo de corda relativística (funcional ação de Nambu).

REFERÊNCIAS

- [1] NOETHER, E. Invariante Variationsprobleme. Nachr. d. König. Gesellsch d. Wiss. zu Göttingen, Math-phys. Klasse (1918), 235-237; English translation M. A. Travel, Transport Theory and Statistical Physics 1(3) 1971, 183-207. arXiv:physics/0503066v1
- [2] DIRAC, P.A.M. Lectures on Quantum Mechanics. New York: Dover Publications (2001).
- [3] LEMOS, N.A. Mecânica Analítica, 2ª Ed. São Paulo: Livraria da Física (2007).
- [4] SUNDERMEYER, K. Constrained Dynamics. Lecture Notes in Physics. New York: Springer-Verlag (1982).
- [5] EVANS, J.M. On Dirac's methods for constrained systems and gauge-fixing conditions with explicit time dependence. Phys. Lett. B 256, (2) 245 (1991).
- [6] HENNEAUX, Marc; TEITELBOIM, Claudio. Quantization of gauge systems. Princeton, N.J.: Princeton University, c1992. xxii, 520 p. ISBN 069108775
- [7] HANSON, A., REGGE, T., TEITELBOIM, C. Constrained Hamiltonian Systems. Roma: Accademia Nazionale Dei Lincei (1976).
- [8] GOLDSTEIN, Herbert. Classical mechanics. 2nd. ed Reading (Mass): Addison-Wesley, 1992. 672p ISBN 0-201-02918-9
- [9] GREINER, Walter; REINHARDT, J. (Joachim). Field quantization. Berlim: Springer, c1996. 440p. ISBN 3540591796
- [10] WIPF, A.W. Hamilton's Formalism for System with Constraints. arXiv:hep-th/9312078v3 20 Dec 1993
- [11] NORBURY, J.W. Quantum Field Theory. Nov 2000.
- [12] RYDER, L.H. Quantum Field Theory. 1996