

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

ESTUDOS CLÁSSICOS DE PARTÍCULAS EM CAMPO MAGNÉTICO NA GEOMETRIA DE UMA DESCLINAÇÃO

Júlio Eloísio Brandão da Silva¹; Alexandre Manoel de Morais Carvalho²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bacharelado e Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

julio.88@hotmail.com

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ammc@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Efeito Aharonov-Bohm, Fases geométrica, Defeito Topológico.

INTRODUÇÃO

De acordo com a mecânica quântica uma partícula carregada pode ser influenciada pelos campos eletromagnéticos que não são experimentados pela partícula, pois esses campos estão em uma região que a partícula não pode penetrar. Este é um fenômeno puramente quântico conhecido por Efeito Aharonov-Bohm. É conhecido desta forma por ter sido descoberto em 1959 por David Bohm e Yakir Aharonov. Este fenômeno consiste no fato de uma partícula passar nas proximidades de uma região com campo magnético confinado e adquirir uma fase topológica quântica. Do ponto de vista clássico, como a partícula não sofre a ação de uma força, nenhum efeito deveria ser detectado sobre a partícula. Todavia Aharonov e Bohm mostram que a função de onda da partícula adquire uma fase. Esta fase está associada ao fluxo magnético no interior da “trajetória” da partícula. Esse efeito também pode ser visto como um significado físico para o potencial vetor, uma vez que na física clássica o potencial vetor é visto apenas como uma entidade matemática que facilita o cálculo do campo magnético. O efeito Aharonov-Bohm faz parte de uma classe de fenômenos chamada Fases Geométricas que é também conhecida como Fase de Berry. Existem diversos sistemas físicos nos quais as fases geométricas possuem relevância, entre tais temas destacam-se: estatística fracionária, monopólos e anomalias topológicas, daí a importância do seu estudo. Além de ter sido encontrado em supercondutores e servir para a tecnologia do SQUID (Dispositivo Supercondutor de Interferência Quântica), que é um detector muito sensível de campo magnético.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada no estudo do conteúdo do seminário que será apresentado foi a leitura de livros-texto, a apresentação de seminários para o grupo de pesquisa assim como os seminários assistidos do próprio grupo. Os estudos foram voltados inicialmente para mecânica analítica, onde foram exploradas a equação de Lagrange, equação de Hamilton e a equação de Hamilton-Jacobi. Em seguida foi estudada a influência de campos em sistemas clássicos na presença de defeitos topológicos. E o que nos disponibilizou fazer gráficos dessas trajetórias foi o aprendizado com o programa computacional Maple.

RESULTADOS E DISCURSÃO

Então o que foi buscado compreender foi a influência de campos eletromagnéticos em sistemas clássicos na presença de defeitos topológicos. Este pode ser formado a partir de uma quebra espontânea de simetria de calibre. No contexto de matéria condensada, os defeitos desempenham um papel importante na determinação das propriedades físicas, químicas e estruturais de um material. De forma qualitativa, os defeitos podem ser compreendidos, na sua formação, através dos argumentos de Volterra em seu processo de ‘cortar e colar’. Tais defeitos são classificados quanto a sua dimensão, sendo esses pontuais, lineares ou superficiais. Desclinação é o defeito cuja simetria rotacional é quebrada. O estudo

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

das desclinações tem origem na física dos sólidos cristalinos. Este defeito aparece em variedades de moléculas orientadas chamadas cristais líquidos.

Uma etapa deste trabalho foi o cálculo da trajetória de uma partícula em um campo magnético uniforme na geometria de uma desclinação, onde utilizou-se as equações de Euler-Lagrange e o programa computacional Maple para plotarmos os gráficos.

A equação de Euler-Lagrange é dada por

$$\frac{\partial L}{\partial q_j} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} = 0$$

onde q é a coordenada generalizada. Em coordenadas esféricas a Lagrangeana de uma partícula na presença de um campo magnético constante B e na geometria de uma desclinação, que é caracterizada pela constante α , é dada por:

$$L = \frac{m}{2} [(\dot{r})^2 + \alpha^2 r^2 (\dot{\varphi})^2 + (\dot{z})^2] + \frac{r^2 q \alpha B \dot{\varphi}}{2}$$

Resolvendo a equação de Euler-Lagrange para a coordenada φ verificaremos que a derivada da Lagrangeana em relação a φ será nula que implica que:

$$m\alpha^2 r^2 \dot{\varphi} + \frac{q\alpha r^2 B}{2} = K$$

Agora resolvendo a Euler-Lagrange para r e usando esse resultado de φ obteremos

$$m \ddot{r} - \frac{(K - \frac{q\alpha r^2 B}{2})^2}{m\alpha^2 r^3} - \frac{qB(K - \frac{q\alpha r^2 B}{2})}{\alpha r m} = 0$$

Para plotar as trajetórias da partícula nós atribuímos alguns valores para K , q , m e α . Plotamos trajetórias para vários valores de α . Mas para todos os gráficos $m=1$, $q=1$ e $K=1$.

Trajетórias para $\alpha=1$, $\alpha=0.1$, $\alpha=0.5$, $\alpha=1.5$ e $\alpha=5$.

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana,
UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

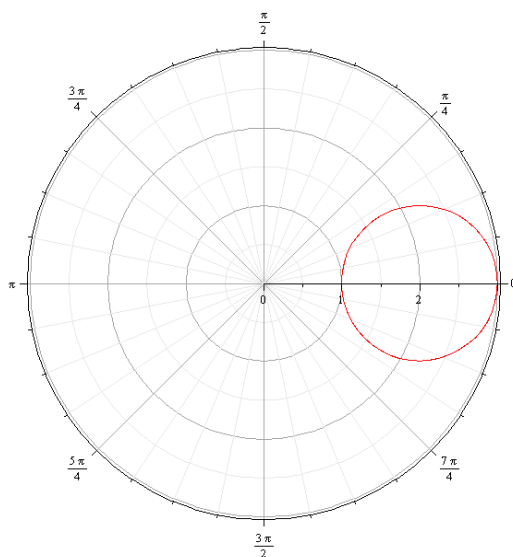
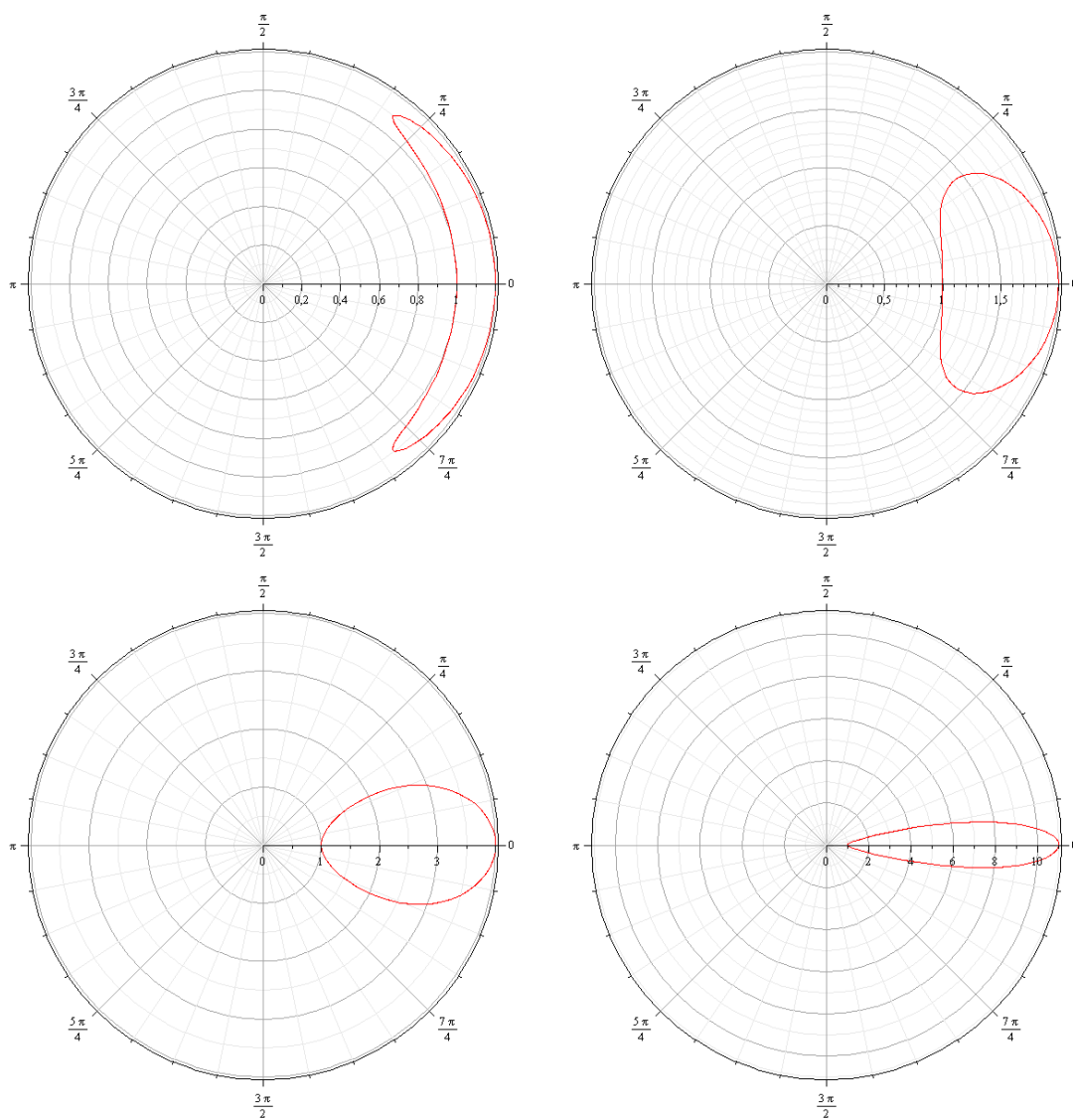


Fig. 1: Trajetória da partícula para $\alpha=1$. Este valor de α representa um meio sem defeito.



Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

Fig. 2: Trajetória de uma partícula para valores de $\alpha=0.1$, $\alpha=0.5$, $\alpha=1.5$ e $\alpha=5$ respectivamente.

Analisando os gráficos acima podemos notar que na figura 1, obtivemos um círculo para o valor de $\alpha=1$ (que representa um espaço plano), que é a trajetória prevista para um espaço sem defeito. Na segunda figura utilizamos valores de $\alpha \neq 1$, os valores de $\alpha < 1$ representam uma desclinação com curvatura positiva (aconteceu uma remoção de uma cunha de material que fez com que o espaço se comportasse dessa forma), os valores de $\alpha > 1$ representam uma desclinação com curvatura negativa (foi inserido uma cunha de material), fica nítido que para valores de α mais distantes de 1 a trajetória da partícula torna-se cada vez mais diferente de um círculo, isso porque o valor de α está relacionado a cunha de material adicionado ou retirado do espaço.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de Mecânica Analítica, Equações de Lagrange, Hamilton e Hamilton-Jacobi e também a utilização do programa computacional Maple nos forneceu as ferramentas necessárias para estudar a influências dos campos magnéticos na trajetória de partículas na geometria de uma desclinação. Um resultado interessante foi que em campo magnético uniforme, porém com desclinação, encontramos para uma partícula carregada trajetórias diferentes de um círculo. A perspectiva é de com esse trabalho estudarmos mais adiante o efeito Aharonov-Bohm na geometria de uma desclinação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LEMOS, Nivaldo A., *Mecânica Analítica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- PUNTINGAM, R. A; SOLENG, H. H. *Volterra distortions, spinning strings and cosmic defects*. CERN-TH/96-26, 1996
- James Hamilton, *Aharonov-Bohm and other cyclic phenomena*, Springer, Berlin 1997,
- Griffths, D. J.(1995) *Introduction to quantum mechanics*, Prentice Hall, New Jersey.
- Griffths, D. J. College R.(1999) *Introduction to Electrodynamics*, Prentice Hall, New Jersey.
- Jackson, J. D.(1962) *Classical Electrodynamics*, John Wiley & Sons, New York.
- Marion, J. B (1995) *Mechanics Classical - Dynamics of particles and systems*, Thomson Brooks/Cole, New York.