DINÂMICA CLÁSSICA EM UM ESPAÇO CURVO

Raphael Nicolas Domingos Maia [1]
Igor Rochaid Oliveira Ramos[2]
Maria Vitória Coêlho Do Nascimento[3]
Mateus Mussunda Landa[4]
João Philipe Macedo Braga [5]

RESUMO

Neste trabalho iremos abordar o tema geometria não-euclidiana e suas consequências na dinâmica clássica, em outras palavras, queremos encontrar qual é a equação para a segunda lei de newton para a dinâmica clássica em espaços curvos, onde iremos fazer algumas modificações no espaço no qual o nosso elemento de distância infinitesimal “dx”, iremos modificar para uma curva infinitesimal “ds” em que chamaremos de métrica para relacionar os elementos infinitesimais, em seguida, usaremos o formalismo de Euler-Lagrange para encontramos a trajetória da partícula, assim, chegaremos numa equação geral em que a segunda lei de Newton depende de forma direta da métrica e aparece um termo a mais na equação lembrando bastante a segunda lei de newton num referencial não-inercial. Desta forma, para um referencial da partícula dentro da métrica a segunda lei de Newton permanecia a mesma, entretanto, quem está em outro referencial a trajetória da partícula é totalmente diferente da trajetória sentida pela partícula dentro do referencial com a métrica.

Palavras-chave: limite clássico; referencial não-inercial; leis de newton; métrica.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira., ICEN- Instituto de Ciências Exatas e da Natureza. , Discente, nicolasmaia501@gmail.com[1]
Universidade Estadual do Vale do Acaraú , Depantamento de Física docente, Docente, igorrochaid@gmail.com[2]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira., ICEN- Instituto de Ciências Exatas e da Natureza., Discente, vitoriacn2002@gmail.com[3]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira., ICEN- Instituto de Ciências Exatas e da Natureza., Discente, landateu@gmail.com[4]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira., ICEN- Instituto de Ciências Exatas e da Natureza. , Docente, philipe@unilab.edu.br[5]

INTRODUÇÃO

Neste trabalho iremos abordar o tema geometria não-euclidiana e suas consequências na dinâmica clássica, em outras palavras queremos encontrar qual é a equação para a segunda lei de newton para a dinâmica clássica em espaços curvo, para isso iremos lembrar que a segunda lei de newton em uma única dimensão que é dada pelo produto da massa pela derivada segunda em relação ao tempo da posição é igual a menos derivada primeira em relação à posição do potencial , essa equação tem um limite de validade que é um referencial inercial e um espaço euclidiano, para nossa abordagem iremos fazer modificação do espaço, assim teremos que usar o formalismo Euler-Lagrange, como as equação de Newton se equivale às equação de lagrange, onde Jerry B. Marion afirma que "O ponto de vista é diferente, mas o conteúdo é o mesmo" e desta forma chegaremos a equação que relaciona de Newton com a métrica no espaço, no caso: teremos uma dependência direta com a métrica e uma força fictícia gerada pela métrica.

O objetivo deste trabalho é chegar nessa equação fazendo as modificações no espaço euclidiano necessárias.

METODOLOGIA

Para iniciar o trabalho fizemos algumas modificações no espaço onde o nosso elemento de distância dx, foi mudado para ds e usando a métrica g(x) para relacionar os elementos infinitesimais, depois iremos usar a equação de Euler-Lagrange, no qual o q é a coordenada generalizada, no caso do nosso trabalho é a nossa coordenada generalizada é "x", mas para isso precisamos encontrar a lagrangiana, que é obtida pela diferença entre a energia cinética pelo potencial.

Nosso objetivo é encontrar a energia cinética para o espaço curvo, partindo da equação da energia cinética clássica para uma dimensão que é dada pela metade do produto da massa pelo quadrado da velocidade, para o potencial vamos considerar um potencial qualquer onde o mesmo não depende do tempo, desta forma, montamos a nossa lagrangiana, uma vez encontrada é possível chegar na segunda lei de Newton.

Então vamos para um sistema com a métrica, assim como fizemos anteriormente iremos encontrar a energia cinética para este referencial "ds", para isso vamos aplicar a derivada temporal em ambos os lados, em seguida substituímos na equação da energia cinética, e usando um potencial qualquer que dependa da posição temos todas as ferramentas para a montagem da lagrangiana, consequentemente também temos condição para montar a equação de Euler-lagrange.

Ao resolver as equações as equações de Euler-Lagrange temos como resultado uma equação geral para uma dimensão de uma partícula em um espaço curvo onde a força tem uma dependência direta com a métrica g(x) e uma soma de uma força fictícia devido a métrica, no caso particular de g(x)=1 temos a segunda lei Newton como conhecemos, outro ponto é uma leve semelhança com a segunda lei de Newton num referencial não-inercial, porém, é apenas uma comparação pois as equação são bastante diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nossa equação é a solução para um referencial com uma métrica, com isso chegamos em alguns resultados deveras interessantes, em um caso particular onde g(x)=1 no recorre a segunda lei Newton podemos então resolver para duas métrica em particular uma para ds=1/ (1+x) dx, onde foi resolvido na tese de J. P. M Braga "Mecânica Quântica Não-Aditiva", que foi resolvida por meio da equação de Euler-Lagrange, portanto iremos resolver usando a equação que encontramos, para isso vamos chamar de g(x)=1+x e em seguida vamos substituir na equação, ao fazermos isso chegamos no mesmo resultado, por fim, analisaremos um caso onde o nosso referencial é o arco de curva, onde a coordenada generalizada das equações de Euler-Lagrange irá será representada por "s", resolvendo a equação chegaremos em uma equação idêntica a segunda lei de

ISSN: 2447-6161

Newton ,entretanto, a derivada segunda não é mais a "posição" e sim o arco de curva.
Sendo assim, podemos afirmar que para um referencial da partícula dentro da métrica a segunda lei de Newton permanece a mesma, entretanto, se analisarmos a trajetória sentida no referencial da partícula com um referencial de outra partícula que está fora deste referencial temos outra trajetória completamente diferente.

CONCLUSÕES

Mostramos que quando estamos no referencial com métrica a segunda lei de Newton depende diretamente da métrica do sistema, onde um caso particular de um $g(x)=1$ voltamos para a segunda lei de Newton como conhecemos. Além disso, outro resultado importante é o fato de que a partícula neste referencial sente a influência da métrica, como se estivesse num referencial não-inercial.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que participaram do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, colaborando para o enriquecimento do processo de aprendizagem, ademais, agradeço a FUNCAP que financiou este trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] J.P.M. Braga, **Mecânica Quântica Não-aditiva**, Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação do Departamento de Física da UFC, 2015.

[2] THORNTON, S. T.; MARION, J. B. **Dinâmica clássica de partículas e sistemas**. 5ª Edição Norte-Americana, 2012.