|  |  |
| --- | --- |
|  | **Descomplicando a Matemática:**  **Possibilidade para o Ensino e Aprendizado (2º Edição)** |
| **Simulação de Interação Gravitácional utilizando Mecânica Lagrangiana** |
| Curso: | Python aplicado à matemática |
| Aluno: | Westter Alves Vieira |

**1. Introdução**

A compreensão do movimento dos corpos celestes tem fascinado a humanidade desde tempos imemoriais. Neste projeto, desenvolvemos uma simulação computacional que recria um sistema solar simplificado, utilizando a elegante e poderosa abordagem da mecânica lagrangiana. Nossa simulação permite visualizar e analisar como o Sol e seus planetas interagem gravitacionalmente em um espaço tridimensional, oferecendo insights valiosos sobre a dança cósmica que ocorre em nosso próprio sistema solar.

**2. Materiais Utilizados e Procedimento**

Nossa implementação está disponível publicamente no GitHub (westteralves/mecanica-lagrangiana), onde detalhamos a arquitetura e o código fonte completo do projeto. A escolha do formalismo lagrangiano, em vez da mecânica newtoniana tradicional, oferece uma abordagem mais elegante e matematicamente robusta para descrever o movimento dos corpos celestes.

O coração de nossa simulação reside na classe SistemaLagrange, uma estrutura sofisticada que orquestra todas as interações entre os corpos celestes. Esta classe atua como um maestro, coordenando três aspectos fundamentais: o cálculo preciso das interações gravitacionais, a atualização contínua do estado dinâmico do sistema e a visualização em tempo real dos movimentos planetários.

Em nosso modelo, posicionamos o Sol majestosamente no centro do sistema (coordenadas 0, 0, 0), representando a âncora gravitacional ao redor da qual toda a dança celestial se desenvolve. Ao seu redor, três planetas distintos iniciam suas jornadas orbitais:

O primeiro planeta, com 12 unidades de massa, começa sua trajetória em (90, 40, 0), movendo-se com uma velocidade inicial de (3, 3, 7). Este planeta mais leve serve como um excelente caso de estudo para interações gravitacionais mais sutis.

O segundo planeta, duas vezes mais massivo que o primeiro, inicia em (150, 60, 0) com velocidade (1, 1, 4). Sua maior massa oferece um interessante contraste nas dinâmicas orbitais.

O terceiro planeta, o mais massivo com 90 unidades, parte de (220, 80, 0) com velocidade (1.2, 0.8, 2.5). Sua presença substancial influencia significativamente a dinâmica global do sistema.

**3. Processo de Simulação**

A evolução temporal do sistema é gerenciada por um loop principal que executa três operações cruciais em cada iteração:

Primeiro, calculamos as interações lagrangianas entre todos os corpos, aplicando as equações de movimento derivadas do princípio de mínima ação. Este formalismo elegante captura naturalmente as conservações de energia e momento angular do sistema.

Em seguida, atualizamos as posições e velocidades de todos os corpos baseados nestas interações. A precisão desta etapa é fundamental para manter a fidelidade física da simulação ao longo do tempo.

Por fim, renderizamos visualmente os resultados, permitindo uma observação clara e intuitiva do comportamento do sistema.

**4. Resultados e Discursões**

Nossa simulação revelou comportamentos fascinantes que espelham fenômenos observados em sistemas planetários reais. As órbitas elípticas emergiram naturalmente das equações de movimento, validando nossa implementação da mecânica lagrangiana.

Observamos que as condições iniciais - massas, posições e velocidades - exercem uma influência profunda sobre as trajetórias resultantes. Esta sensibilidade às condições iniciais reflete a natureza fundamentalmente caótica dos sistemas gravitacionais de múltiplos corpos.

No curto prazo, o sistema demonstrou notável estabilidade, com os planetas mantendo órbitas bem definidas. Entretanto, simulações de longo prazo revelaram a sutil acumulação de erros numéricos, um desafio comum em simulações numéricas de sistemas dinâmicos.

**5. Perspectivas Para Melhorias Futuras**

Para aprimorar ainda mais nossa simulação, identificamos várias direções promissoras:

A otimização do desempenho computacional através de técnicas de integração numérica mais sofisticadas permitirá simulações mais longas e precisas. Uma interface gráfica mais rica facilitará a análise e interpretação dos resultados, possivelmente incluindo visualizações tridimensionais interativas.

A incorporação de efeitos físicos adicionais, como forças de maré e perturbações de outros corpos celestes, aproximará nossa simulação ainda mais da realidade astronômica. Estas melhorias não apenas enriquecerão o valor educacional da simulação, mas também a tornarão uma ferramenta mais útil para pesquisas em dinâmica orbital.

Esta simulação não é apenas um exercício técnico, mas uma janela para a compreensão dos princípios fundamentais que governam o movimento dos corpos celestes, demonstrando a beleza e elegância da mecânica lagrangiana aplicada a sistemas astronômicos.