

# PROJETO DE F-809

## Sistema Caótico: Pêndulo Duplo

Aluno: Maurício Richartz RA: 016932

Orientador: Prof. Dr. Alberto Saa – IMECC – [asaa@ime.unicamp.br](mailto:asaa@ime.unicamp.br)

Coordenador da Disciplina: Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi

### Descrição:

O projeto consiste em estudar o movimento caótico de um pêndulo duplo. Através dos formalismos lagrangiano ou hamiltoniano, é possível encontrar as equações diferenciais que regem o movimento.

A primeira análise a ser feita será teórica: investigar-se-á a integrabilidade do sistema. É possível mostrar que, de forma geral, o movimento não é integrável. No entanto, em certos regimes, o sistema passa a sê-lo.

A parte prática consiste em resolver numericamente o sistema de equações diferenciais. Assim, é possível simular graficamente o movimento através de um computador e compará-lo com o movimento real de um pêndulo duplo. É possível visualizar, tanto pela simulação computacional como pelo pêndulo real a caoticidade do sistema: dadas duas condições iniciais muito próximas, depois de um curto período de tempo, os estados do sistema são notavelmente diferentes. A simulação será feita em Java.

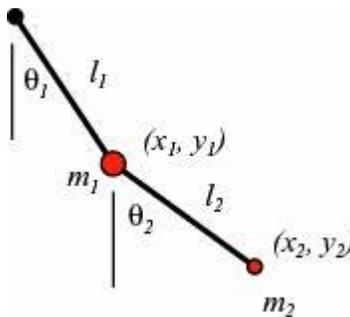


Figura 1: Representação esquemática do pêndulo duplo

### Importância Didática:

Esse experimento é útil tanto para alunos de ensino médio como de ensino superior. Para os alunos de ensino médio interessa a demonstração experimental da caoticidade: eles podem ver na prática (simulação e experimento real) o conceito de caos em um sistema simples. Já aos alunos universitários tem um interesse adicional que requer conhecimentos refinados de mecânica: entender profundamente a teoria que explica o que ocorre na prática. Uma das vantagens do experimento é o seu baixo custo: necessita-se apenas de um computador e de um pêndulo.

## **Originalidade:**

Por ser um dos sistemas mais simples que apresentam caoticidade, o pêndulo duplo já foi estudado por inúmeras pessoas. Diversas simulações existem na Internet. Algumas delas estão listadas abaixo, em referências.

## **Lista de Materiais:**

- Computador
- Pêndulo Duplo

## **Sigilo:**

O orientador não impõe nenhum sigilo ao projeto

## **Referências:**

- Arnold, V. I. Problem in Mathematical Methods of Classical Mechanics, Nova York: Springer-Verlag, 1989.
- Goldstein, Herbert, Classical Mechanics, EUA, Addison-Wesley, 1980.
- [www.myphysicslab.com/dbl\\_pendulum.html](http://www.myphysicslab.com/dbl_pendulum.html)
- <http://www.maths.tcd.ie/~plynch/SwingingSpring/doublependulum.html>
- <http://www.sekine-lab.ei.tuat.ac.jp/~kanamaru/Chaos/e/DP/>