

Métodos Computacionais em Física - 4300331 - 1s/ 2020

Prof. Dr. Luis Gregório Dias da Silva – FMT - IFUSP

Projeto 1 – Mecânica

Prazo de entrega: **23h55** de **19/04/2020** através do site da disciplina.

NÃO SERÃO ACEITOS projetos enviados por e-mail!!

Orientação geral:

O projeto é *individual* e tem como objetivo o estudo computacional de **um** dos dois temas a seguir, à escolha do estudante:

1- Problema de 3 corpos em 2D.

2- Pêndulo amortecido forçado: expoentes de Lyapunov e caos.

Arquivos:

O estudante deverá fazer o upload online dos arquivos de Octave ou MatLab (“NomeDoAluno_Projeto1.m”) prontos para serem executados (caso seja feita a opção por Python: utilizar Python 3 e fazer o upload do código-fonte e instruções de compilação. Não envie Jupyter notebooks!) e um Relatório escrito (“NomeDoAluno_Projeto1_Relatorio.pdf”) contendo:

- Introdução

Introduza o problema **físico** a ser estudado. Escreva como se você estivesse explicando a um colega ou um outro professor. Lembre-se: o relatório do Projeto é um documento pensado para uma plateia mais ampla!

- Descrição da simulação numérica e dos resultados obtidos.

Descreva em detalhe o método numérico que você utilizou e sua escolha de parâmetros. Exemplo: O passo está adequado? Que testes numéricos você fez?

Use quantos gráficos você quiser para ilustrar suas conclusões. Não se limite aos tipos de gráficos usados nas tarefas. Quanto mais, melhor! Nos gráficos, serão avaliados aspectos como legenda, labels nos eixos, clareza na apresentação dos dados (símbolos, linhas, etc).

- “Manual do usuário” do seu script: Se um colega for rodar seu código, como ele deve proceder? Quais as variáveis importantes? Quais os parâmetros podem ser modificados?

- Conclusão

Que tipo de informação sobre o sistema **físico** a simulação numérica trouxe? Lembre-se: muita gente pode fazer programas mas poucos sabem interpretar o resultado!

Dicas:

No Octave/MatLab, você pode gerar a figura em pdf para incluir no Relatório usando o comando “print” como no exemplo abaixo:

```

105 figure(2);
106 plot(tempoArray, Ywave(61,:), '-b', 'LineWidth', 2);
107 ylabel('y(0.3,t)', 'FontSize', 22);
108 xlabel('tempo (t)', 'FontSize', 22);
109 ylim([ymin ymax]);
110 set(gca, 'FontSize', 14);
111 %%print -r300 -dpdf Teste.pdf %MatLab
112 print Teste.pdf %Octave

```

- As legendas e labels tem que ser FACILMENTE legíveis. Use a opção 'FontSize' para aumentar o tamanho da fonte.

Descrição dos temas propostos (escolha um deles):

1- Problema de 3 corpos em 2D.

Em sala, fizemos uma simulação de um problema de dois corpos interagentes, o pêndulo duplo, utilizando o método de Runge-Kutta de 2ª ordem. Neste projeto, você vai explorar a solução numérica de um problema de 3 corpos interagindo gravitacionalmente mas com movimentos limitados a um plano.

O objetivo é calcular as posições $(x_i(t), y_i(t))$ e velocidades $(v_{xi}(t), v_{yi}(t))$ de três corpos ($i=1,2,3$) interagindo entre si com uma força atrativa e fazer um gráfico/animação das trajetórias. Em um dado tempo t , a força entre dois corpos i e j será dada por:

$$\vec{F}_{ij}(t) = -\frac{GM_iM_j}{r_{ij}^2(t)}\hat{r}_{ij}$$

onde $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ é a distância entre os corpos de massas M_i e M_j , G é a constante de Gravitação Universal e \hat{r}_{ij} é o versor radial na direção que une os dois corpos calculado no instante t .

Sugestões de pontos a considerar no seu trabalho:

- Utilize os parâmetros de um "mini-sistema solar" (por exemplo, Sol, Terra e Júpiter). Procure os valores aproximados para as massas e distâncias típicas para as condições iniciais.
- Escreva as equações de movimento em 2D e discuta a implementação do método de Runge-Kutta neste caso. Discuta, por exemplo, qual o melhor sistema de coordenadas (x,y) para se usar (qual seria a origem deste sistema?) e como calcular as componentes x e y da força a cada instante.
- Inicie com o caso de 2 corpos, por exemplo, o sistema Sol+Terra. Discuta as escalas de tempo e distância envolvidas. Por exemplo, qual seria um passo temporal adequado? Você consegue obter uma órbita da "sua Terra" com período compatível com o real (~365 dias)?

- Com esses parâmetros, inclua Júpiter na simulação (talvez em um outro script). O que ocorre com a órbita da Terra nesse caso? E se a massa de Júpiter fosse maior (por exemplo, 0,1 da massa do Sol)?
-
- etc, etc.

2- Pêndulo amortecido forçado.

Em sala, fizemos simulação do pêndulo simples (em uma dimensão) onde apenas o torque devido à força gravitacional atuava. Neste projeto, você vai estudar um pêndulo mais realístico, incluindo um torque devido ao atrito (proporcional à velocidade angular) e um torque externo, escritos na forma:

$$\tau_{\text{at}} = -b \frac{d\theta}{dt}$$

$$\tau_{\text{ext}}(t) = \tau_D \sin(\Omega_D t)$$

onde b e τ_D são constantes e Ω_D é a frequência do torque externo.

Sugestões de pontos a considerar no seu trabalho:

- Escreva a equação de movimento e obtenha a solução analítica para ângulos pequenos. Compare seus resultados neste regime.
- Dada uma energia fixa, plote curva no plano (θ, p_θ) para diferentes valores de b e τ_D e compare com a curva obtida no caso $b=\tau_D=0$ que estudamos. O que ocorre com a energia do oscilador? E como se comportam as órbitas? Repita para diferentes valores de energia.
- Existe Caos, sensibilidade a condições iniciais, etc. neste sistema? Como explorar?
- etc., etc.

Pontos a serem avaliados:

Projeto:

- Este é, sobretudo, um **projeto de pesquisa** e é assim que será avaliado. Não há necessariamente respostas “certas” ou “erradas” aqui. Mais importantes são as *perguntas* que você vai propor a si mesmo(a) no projeto e como buscará as respostas.
- Se alguma coisa não está fazendo sentido, discuta o porquê! Faça testes.

Relatório:

- Capricho na elaboração do relatório e qualidade dos gráficos.
- Descrição da simulação e discussão da física envolvida no problema.

Scripts:

- Originalidade e clareza na escrita do script.
- Facilidade de usar o script (“user-friendly”) e se a documentação (“Manual do usuário”) está adequada.
- Discussões com colegas são permitidas mas **CÓPIAS DE TRECHOS DE SCRIPTS SERÃO CONSIDERADAS PLÁGIO** e implicam em **nota zero** no projeto.