

“

## FÍSICA GERAL | 21048

### Período de realização e limite de entrega

[consultar datas no PUC e fóruns da UC]

### Temática

Uso de computadores na Física

### Critérios de avaliação e cotação

60 ± 10% Rigor técnico do código desenvolvido e dos comentários (código não comentário = zero valores).

40 ± 10% Colocação do problema em equação, rigor dos cálculos, expressão e interpretação corretas dos resultados (se aplicável).

Nota: estas percentagens estão sujeitas a adaptações consoante as alíneas do efolio. Em caso de dúvida quanto aos critérios, contactar o professor.

### Instruções

Na sua submissão deste trabalho deve incluir dois ficheiros:

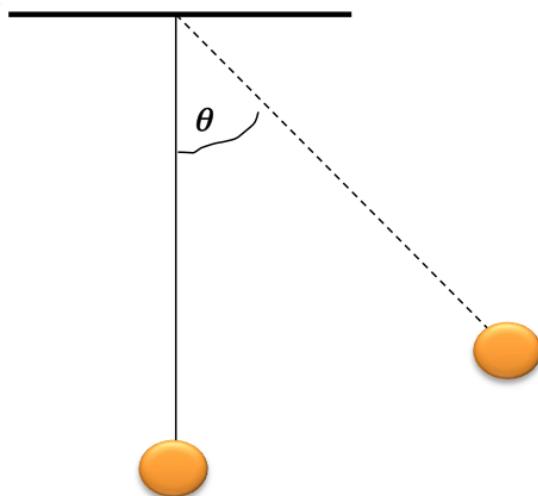
1. Um ficheiro de texto (.DOC/.DOCX/.PDF), feito a partir do Modelo de Resolução disponibilizado na pasta "Enunciados de provas e OR" da página-mãe da turma. Neste ficheiro coloque as respostas às questões, tabelas de valores para as iterações que forem solicitadas e eventuais gráficos dos resultados.

2. O código-fonte da sua implementação, devidamente comentado, e dependências, caso haja. Qualquer linguagem de programação será aceite (C, C++, Javascript, Python, Octave, R, etc.), mas o estudante deve indicar qual a que usou, que versão e sob que sistema operativo trabalhou. Não usar acentos no código e desativar/comentar todas as linhas do código que recorram a bibliotecas externas para gerar gráficos.

Os dois ficheiros devem ser zipados e o zip submetido via plataforma, pelo normal dispositivo de entrega, com o nome [NºEstudante]\_[Nome]\_[Apelido]\_efolioB\_FisGeral. Não usar os compressores 7ZIP or RAR. A não-observação das indicações do ponto 2 pode implicar cotação nula.

## Q1. O pêndulo real

O pêndulo real é um pêndulo clássico com arrasto, i.e., uma massa esférica dependurada do teto por um fio deixada a oscilar sem momento angular, sujeita ao arrasto do ar, que é aproximadamente quadrático (c.f., figura).



Para pequenos ângulos  $\theta$  ( $\theta \lesssim 0,07$  rad) a equação diferencial que descreve o movimento deste pêndulo é

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\text{sgn}\left(\frac{d\theta}{dt}\right) \cdot \frac{bL}{m} \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 - \frac{g}{L} \theta$$

onde

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} -1, & x < 0 \\ 0, & x = 0 \\ +1, & x > 0 \end{cases} \quad (\text{função sinal})$$

$m, g, L$ : massa, aceleração da gravidade e comprimento do fio.

$b$ : arrasto aerodinâmico.

O coeficiente de arrasto pode ser obtido de  $b = \frac{1}{2} \rho c_d A$ , com

$\rho$ : densidade do ar. Valor típico: 1,28 kg/m<sup>3</sup>.

$c_d$ : coeficiente aerodinâmico de uma esfera. Valor: 0,1.

$A$ : área frontal da esfera.  $A = \pi R^2$ , com  $R$  o raio da esfera.

Integre esta ED até aos 100 s para ângulo inicial  $\theta(0) = 0,05$  rad e velocidade angular  $\omega$  inicial nula;  $m = 2,6$  g;  $L = 1$  m e  $R = 3$  cm. Utilize passo de 0,1 s, preencha uma tabela como a abaixo e apresente um gráfico. Por fim, comente os resultados.

Tabela exemplificativa para apresentar os resultados:

t (s)	$\theta$ (rad)	$\omega$ (m/s)	k1x	k1v	k2x	k2v
0	0,05	0				
0,1						
0,2						
0,3						
0,4						
0,5						
:	:	:	:	:	:	:
99,9						
100,0			-	-	-	-

[Integração de Heun: max 4 val. Integração de Euler: max 3 val.]