

**MECÂNICA CLÁSSICA 1**  
**PROF. SERGIO E. JORÁS**  
2022-2

**LISTA DE EXERCÍCIOS**

1. Calcule o potencial gravitacional gerado por uma barra  $AB$ , fina e não-homogênea, de comprimento  $L$  e massa  $M$  ao longo de uma linha que passa pela extremidade  $A$  em uma direção perpendicular à barra. Suponha que sua densidade seja proporcional à distância a partir da extremidade  $A$ . Dê a resposta em função de  $M$ ,  $L$  e  $G$ . O comportamento para pontos muito afastados da barra (a distâncias muito maiores que  $L$ ) é razoável? Por quê?
2. Uma partícula de massa  $m$  é lançada verticalmente para cima com velocidade inicial  $v_o$ . Durante seu movimento de subida, sofre uma força de atrito com o ar que pode ser considerada proporcional à sua velocidade ( $|f_{at}| = kmv$ , sendo  $k$  conhecido).
  - (a) Calcule a altura  $H$  alcançada pela partícula.
  - (b) Obtenha a aproximação de  $H$  para “pouco atrito”. Discuta a resposta obtida. Como podemos definir, de maneira quantitativa, o que é “pouco atrito”?
  - (c) Calcule o tempo de subida.
  - (d) Com que velocidade a partícula volta à altura de lançamento, durante a descida?
3. Uma partícula de massa  $m$  move-se apenas na direção  $x$  e está sujeita à força  $F = -x^3 - 3x^2 - x$ .
  - (a) Determine a expressão para sua energia potencial  $U(x)$ , determinando explicitamente o ponto usado como referência.
  - (b) Faça um esboço de  $U(x)$  e discuta os movimentos possíveis, de acordo com a energia mecânica  $E$  da partícula.
  - (c) Determine explicitamente os valores críticos de  $E$  — aqueles que caracterizam mudanças nas regiões permitidas.
  - (d) Esboce o diagrama de fase correspondente.
4. Esboce o diagrama de fase de uma partícula com energia potencial dada por  $U(x) = x^3 - ax^2$ , onde  $a$  é uma constante positiva.
5. Uma partícula está sujeita à força  $F(x) = Ak \sin(2kx)$ , com  $A$  e  $k$  sendo constantes positivas. Determine a energia potencial associada a esta força e faça um esboço de seu gráfico. Determine os pontos de equilíbrio e sua estabilidade. Discuta os possíveis movimentos e os respectivos pontos de retorno.

6. Escreva e resolva a equação de um oscilador harmônico unidimensional, que consiste de uma massa  $m$  ligada a uma mola de constante elástica  $k$ . O sistema está sujeito a uma força de atrito cujo módulo é proporcional à velocidade ( $|F_{\text{at}}| = |bv|$ ). Há também uma força externa dada por  $F_{\text{ext}} = F_o[1 + \cos(\alpha t)]$ . Considere  $b$ ,  $F_o$  e  $\alpha$  constantes positivas conhecidas e  $b^2 = 4km$ . Identifique os parâmetros livres, que seriam determinados pelas condições iniciais.
  
7. Calcule o potencial gravitacional de um anel de raio  $a$  e densidade  $\lambda$  ao longo de seu eixo. A partir deste resultado, calcule o potencial gravitacional de uma casca cilíndrica de comprimento  $L$  com o mesmo raio e mesma densidade, também ao longo de seu eixo, para pontos externos à casca. Qual o comportamento (não o valor!) desta expressão para pontos “muito distantes” do centro do cilindro? Defina “muito distante” de forma matemática.