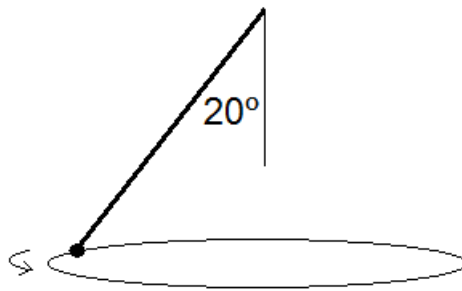


## 7ª Série de Problemas

### Mecânica e Relatividade

#### MEFT

1. Um corpo de massa  $m=500\text{ g}$  suspenso por um fio fino de comprimento  $\ell=1\text{ m}$  executa um movimento circular no plano perpendicular ao peso como se vê na figura. A massa do pêndulo ao rodar nesse plano faz um ângulo de  $20^\circ$  com a vertical.



- 1.a) Determine a tensão no fio.
  - 1.b) Determine a velocidade linear da massa do pêndulo.
  - 1.c) Determine o tempo de uma rotação completa do pêndulo.
  - 1.d) Sabendo que é necessário aplicar a potência de  $10\text{ W}$  para que o pêndulo permaneça em movimento cônico, determina a força média de atrito a que a massa do pêndulo está sujeita.
2. Um balde com água roda com velocidade angular  $\omega$  em torno do seu eixo. Determine a forma da superfície da água.

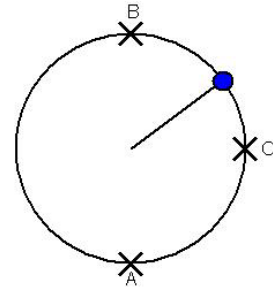


3. Uma pedra atada por um fio inextensível a um ponto central descreve um movimento circular no plano vertical (ver figura).

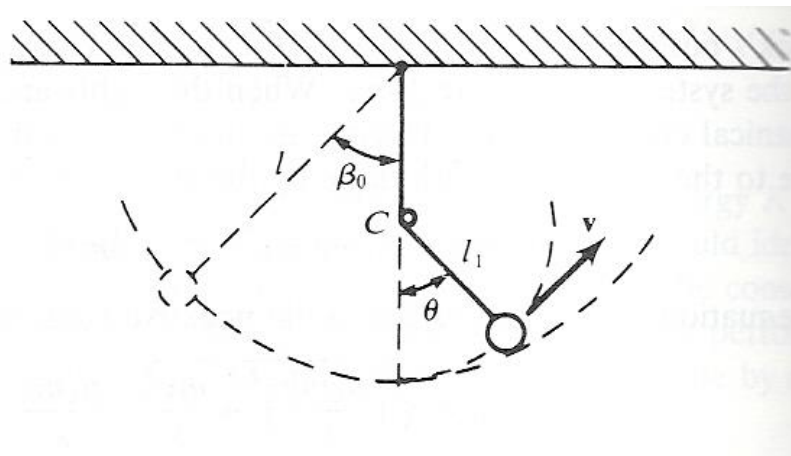
3.a) Determine a velocidade mínima que a pedra deve ter em B (ponto mais alto da trajetória), para que o movimento (circular) seja possível?

3.b) Nas condições da alínea anterior, determine a tensão do fio nos pontos A, B, e C.

3.c) O que acontece se o fio se partir?



4. Um pendulo de massa  $m$  e comprimento  $l$  é libertado sem velocidade inicial de um ponto que faz um ângulo  $\beta_0$  com a vertical. Ao passar na posição vertical encontra um eixo a uma distância  $l_1$  do corpo. Determine a tensão da corda quando o corpo se encontra na posição indicada na figura.



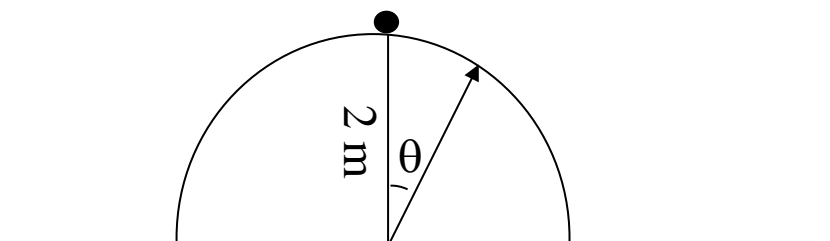
5. Uma esfera encontra-se no topo de uma calote esférica de raio igual a 2m. A esfera escorrega sem rodar e sem atrito.

5.a) Escreva a expressão do potencial em função de  $\theta$  e verifique que o ponto inicial ( $\theta=0$ ) é um ponto de equilíbrio instável.

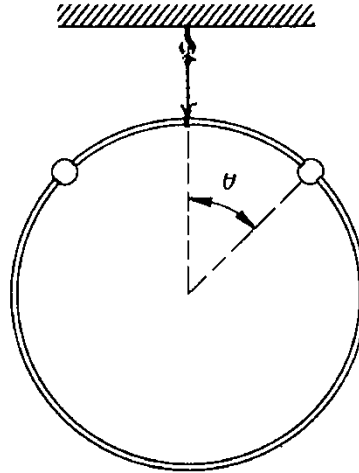
5.b) Determine a velocidade da esfera em função de  $\theta$  antes da esfera perder o contacto com a calote.

5.c) Determine o ângulo  $\theta$  do ponto em que a esfera abandona a calote.

5.d) Determine o ponto de impacto da esfera no chão.



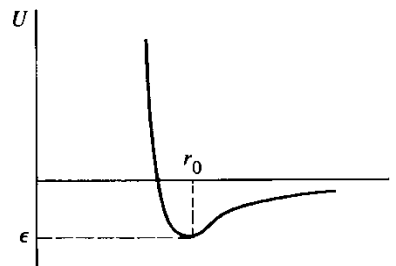
6. Um anel de massa  $M$  encontra-se suspenso de uma corda inextensível de massa desprezável. Duas contas de massa  $m$  podem deslocar-se sem atrito ao longo do anel. As duas contas são libertadas em simultâneo do topo do anel, descendo cada uma delas por um dos lados como mostra a figura. Determine a



relação entre as massas das contas, do anel e a posição das contas no momento em que o anel ganha movimento vertical para cima. Calcule essa posição das contas no caso de o anel ter massa nula ( $M=0$ ).

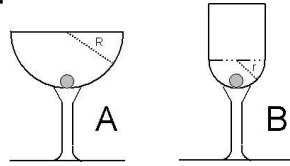
7. A interacção entre dois átomos é frequentemente descrita pelo potencial de Lennard-Jones, dado por  $U(r) = \varepsilon \left[ \left( \frac{r_0}{r} \right)^{12} - 2 \left( \frac{r_0}{r} \right)^6 \right]$ .

7.a) Mostre que o mínimo do potencial se dá em  $r = r_0$  e vale  $-\varepsilon$  como mostra a figura.



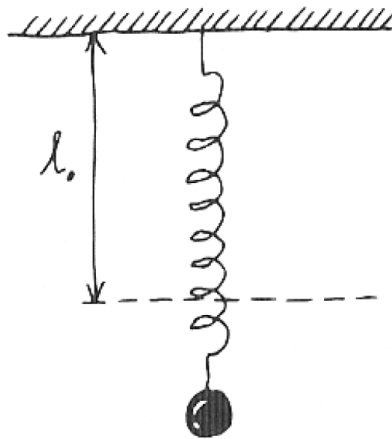
7.b) Determine a frequência para pequenas oscilações numa molécula formada por dois átomos iguais e massa  $m$ .

8. Uma ginja oscila no fundo de um copo (ver figura A). A superfície do copo é esférica, de raio 3 cm e a ginja tem 0.010 kg de massa. Despreze o atrito da ginja com a superfície do copo.



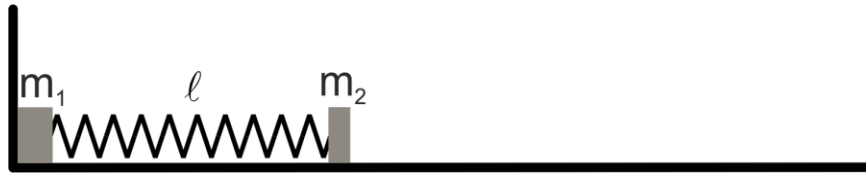
- 8.a) Sabendo que a ginja foi largada a partir do bordo do copo sem velocidade inicial, calcule a velocidade máxima e velocidade angular máxima atingidas.
- 8.b) Calcule a frequência angular e o período da ginja para pequenas oscilações junto do fundo do copo ( $\theta$  pequeno).
- 8.c) Se a ginja fosse largada num copo estreito (ver figura B), a frequência angular das oscilações seria maior ou menor? Porquê?

9. Consideremos uma mola de comprimento natural  $\ell_0 = 10$  cm e massa desprezável, tendo suspensa na extremidade uma massa  $m = 2$  kg. A constante de restituição da mola é  $k = 100$  N/m.



- 9.a) Qual a posição  $\ell_{eq}$  de equilíbrio do sistema?
- 9.b) Para pequenos deslocamentos verticais  $x \ll \ell$  ( $\ell = \ell_{eq} + x$ ) em relação ao ponto de equilíbrio, determine a equação do movimento do sistema.
- 9.c) Se a massa for puxada para baixo 1 cm e depois largada, qual a solução dessa equação? Determine a frequência e a amplitude do movimento. Determine ainda a energia cinética e a energia potencial em função do tempo.
- 9.d) Caso este sistema estivesse na Lua, o que se alteraria?

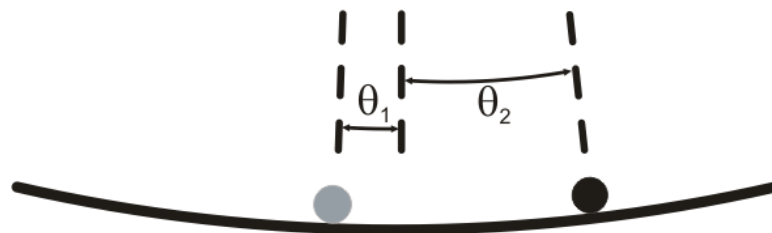
10. Um sistema é composto por dois blocos de massas  $m_1=100\text{ g}$  e  $m_2=50\text{ g}$  ligados por uma mola de constante elástica  $k=500\text{ N/m}$  de massa desprezável e comprimento natural  $\ell_0=0,2\text{ m}$ . Não há qualquer atrito entre os blocos e as superfícies. Inicialmente o bloco 1 está em contacto com a parede e o bloco 2 é empurrado de forma a comprimir a mola até  $\ell=0,1\text{ m}$  de onde é largado sem velocidade inicial em  $t=0$ .



- 10.a) Calcule a posição do centro de massa do sistema em função do tempo.
- 10.b) Descreva o movimento final do sistema e determine a velocidade do centro de massa e a frequência de oscilação do sistema.
11. Dois corpos pontuais de  $m=10\text{ g}$  que deslizam num plano horizontal sem atrito no mesmo sentido e com velocidades respetivamente  $v_1=+30\text{ m/s}$  e  $v_2=+10\text{ m/s}$  colidem elasticamente.

- 11.a) Calcule a velocidade de ambos os corpos depois da colisão. Qual é a velocidade do centro de massa do sistema antes e depois da colisão?

Considere agora que os dois corpos pontuais deslizam sem atrito numa calha circular de raio  $R=10\text{ cm}$  colocada no plano vertical (na figura representa-se a secção inferior dessa calha).



- 11.b) Inicialmente o corpo 1 é largado sem velocidade inicial de um ângulo  $\theta_1=-2^\circ$  com a vertical e o corpo 2 é largada também sem velocidade inicial de um ângulo  $\theta_2=+5^\circ$ . Ambos os corpos têm massa  $m=10\text{ g}$ . Determine o ponto em que os corpos colidem e o ângulo máximo que cada um atinge depois da primeira colisão.
- 11.c) Determine a razão entre as massas ( $r = m_1/m_2$ ) que os dois corpos deveriam ter para que não houvesse transferência de energia entre ambos na colisão se fossem largados de novo nas condições da alínea anterior.