

# Física 1 - FEP0111

Lista 4 (diurno): 12/09/03

## Parte 1 (em classe)

1. (HMN 11-06) Considere o movimento de uma partícula de massa  $m$  num campo de forças centrais associado à energia potencial  $U(r)$ , onde  $r$  é a distância da partícula ao centro de forças  $O$ . Neste movimento, a magnitude  $l = |\vec{l}|$  do momento angular da partícula em relação a  $O$  se conserva (Seç. 11.4). Sejam  $(r, \theta)$  as componentes em coordenadas polares do vetor de posição  $\vec{r}$  da partícula em relação à origem  $O$ .

- (a) Mostre que as componentes em coordenadas polares do vetor velocidade  $\vec{v}$  da partícula são  $v_r = dr/dt$ , a velocidade radial, e  $v_\theta = r d\theta/dt$ , a componente transversal da velocidade. Mostre que  $\vec{l} = mrv_\theta$ .
- (b) Mostre que a energia total  $E$  da partícula é dada por

$$E = \frac{1}{2}mv_r^2 + V_{ef}(r)$$

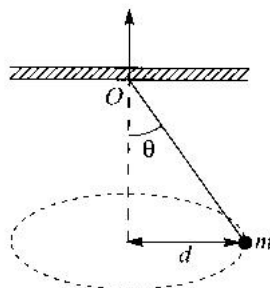
onde

$$V_{ef}(r) = U(r) + \frac{l^2}{2mr^2}$$

chama-se o *potencial efetivo* para movimento na direção radial ( $0 < r < \infty$ ). O termo  $l^2/(2mr^2)$  associado à energia cinética de rotação da partícula em torno do centro, é chamado de “potencial centrífugo”. Como  $E$  e  $l$  se conservam, o problema se reduz ao do “movimento unidimensional” na direção radial, na presença do potencial efetivo  $V_{ef}(r)$ .

- (c) Esboce o gráfico de  $V_{ef}(r)$  quando  $U(r)$  corresponde à atração gravitacional entre a partícula de massa  $m$  e outra de massa  $M \gg m$ , que pode ser tratada como centro de forças fixo em  $O$ .

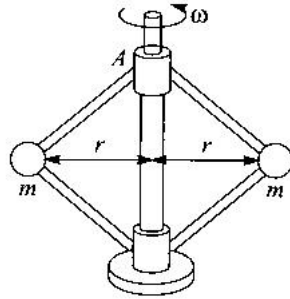
2. (HMN 11-12) Uma bolinha presa a um fio de massa desprezível gira em torno de um eixo vertical com velocidade escalar constante, mantendo-se a uma distância  $d = 0.5$  m do eixo; o ângulo  $\theta$  é igual a  $30^\circ$  (veja Fig.). O fio passa sem atrito através de um orifício  $O$  numa placa, e é puxado lentamente para cima até que o ângulo  $\theta$  passa a  $60^\circ$ .



- (a) Que comprimento do fio foi puxado?  
(b) De que fator variou a velocidade de rotação?

## Parte 2 (para casa)

- (HMN 11-10) Uma partícula de massa  $m$  move-se num campo de forças centrais repulsivo; a força sobre a partícula à distância  $r$  do centro tem magnitude  $F(r) = mA^2/r^3$  onde  $A$  é uma constante. A partícula aproxima-se do centro vindo de uma grande distância, com parâmetro de choque  $b$  e velocidade inicial de magnitude  $v_0$ .
  - Escreva o potencial efetivo  $V_{ef}(r)$  em função de  $b$  e  $v_0$ .
  - Calcule a distância  $r_0$  de maior aproximação entre a partícula e o centro de forças como função de  $b$  e  $v_0$ .
- (HMN 11-14) No sistema da figura, análogo a um regulador centrífugo (Seç. 5.3), o anel  $A$ , de massa desprezível, pode deslizar ao longo do eixo vertical. Inicialmente as duas bolas iguais de massa  $m = 200$  g estão a uma distância  $r = 15$  cm do eixo e o sistema gira com velocidade angular  $\omega = 6$  rad/s. Pressiona-se para baixo o anel  $A$ , até que a distância das bolas ao eixo aumenta para  $r = 25$  cm.



- Qual é a nova velocidade angular de rotação?
- Qual é o trabalho realizado sobre o sistema?