

### FEP 0111 (noturno) - Décima lista de exercícios

1. Vamos chamar de  $m$  a massa da prancha,  $M$  a massa do homem,  $-F_e$  a força sobre o suporte da esquerda e  $-F_d$  a força sobre o suporte da direita (supondo, inicialmente, que ambas apontem para baixo). Para que a prancha permaneça em repouso, devemos satisfazer o equilíbrio das forças na direção vertical,

$$F_e + F_d = Mg + mg,$$

bem como o equilíbrio dos torques, que vamos tomar em relação ao ponto de contato entre a prancha e o suporte da direita. Temos então, adotando como positivos os torques que produziram rotações no sentido horário, e chamando de  $\ell$  o comprimento da prancha e  $d$  a distância entre os suportes,

$$Mg(\ell - d) + F_e d + mg(\ell/2 - d) = 0,$$

em que utilizamos o fato de que o ponto de aplicação do peso da prancha é seu centro de massa. Dessa última equação temos

$$F_e = -\frac{1}{2}mg\frac{\ell}{d} - Mg\frac{\ell}{d} + (m + M)g$$

e da primeira equação obtemos

$$F_d = (M + m)g - F_e.$$

Substituindo os valores  $\ell = 4,2\text{ m}$ ,  $d = 1,2\text{ m}$ ,  $M = 70\text{ kg}$  e  $m = 30\text{ kg}$ , temos

$$F_e = -1937\text{ N} \quad \text{e} \quad F_d = 2918\text{ N},$$

sendo a primeira força de compressão e a segunda de tração.

2. Atuam sobre a escada a força de atrito  $f_{\text{at}}$  e uma normal  $N$ , no ponto de contato com o chão, a força normal  $N'$  trocada com a parede e o peso da escada,  $mg$ , que atua sobre seu centro de massa. Chamando de  $\ell$  o comprimento da escada, temos que satisfazer as equações

$$f_{\text{at}} = N' \quad \text{e} \quad mg = N,$$

correspondentes ao equilíbrio das forças, e

$$\frac{1}{2}mg\ell \sin \theta - N'\ell \cos \theta = 0,$$

correspondente ao equilíbrio dos torques em torno do ponto de contato entre a escada e o chão. Dessa última equação temos

$$N' = \frac{1}{2}mg \tan \theta,$$

de modo que

$$f_{\text{at}} = \frac{1}{2}mg \operatorname{tg} \theta.$$

Mas a força de atrito não pode exceder  $\mu N = \mu mg$ , e portanto

$$f_{\text{at}} < \mu mg \quad \Rightarrow \quad \operatorname{tg} \theta < 2\mu.$$

3. Inicialmente, o vetor momento angular do giroscópio aponta também para o norte. Quando a pessoa se volta, exerce uma força sobre a maleta, fazendo-a girar de norte para leste, ou seja, no sentido horário, o que corresponde a um torque que aponta para baixo. Portanto, o torque é perpendicular ao momento angular inicial. Do mesmo modo que a ação de uma força centrípeta, perpendicular à velocidade, pode somente alterar a direção da velocidade, mas não seu módulo, um torque perpendicular ao momento angular apenas muda sua direção. Como a variação instantânea do momento angular é justamente proporcional ao torque (em módulo e direção), a maleta tenderá a apontar para baixo.