

## Folha 3.2 – Estática

### Estática do Corpo Rígido

#### Questões:

1. Um cubo de densidade uniforme, com 2 m de lado e pesando 10 kgf, apoia-se num dos seus vértices, como mostra a Figura 1.

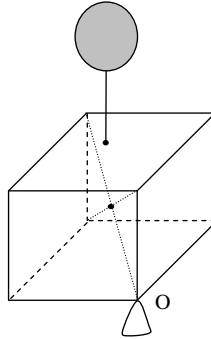


Figura 1

- a) Onde se deve prender um balão cheio de gás, que apresenta uma capacidade de ascensão expressa por uma força de 8 kgf, de tal modo que o cubo flutue na posição horizontal mostrada na figura?
- b) Qual é a força exercida pelo cubo no apoio  $O$ ?
2. Uma barra uniforme com massa  $m_b = 100$  kg, está apoiada nas suas extremidades e suporta duas massas  $m_1 = 50$  kg e  $m_2 = 150$  kg, como mostra a Figura 2. Calcule as reacções nos apoios,  $A$  e  $B$ .

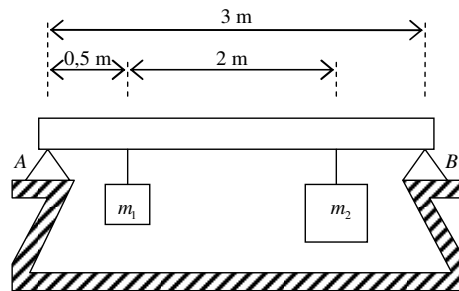
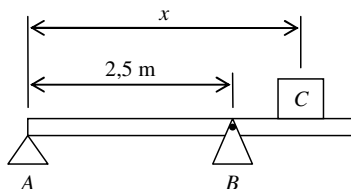


Figura 2

3. Uma barra uniforme com comprimento  $L = 4$  m e peso  $P = 100$  kgf está apoiada nos pontos  $A$  e  $B$ , tal como ilustrado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, podendo rodar livremente em torno do ponto  $B$ , e assentando no ponto  $A$ . A barra está em repouso sobre o ponto  $A$ , e um objecto com peso  $P_C = 75$  kgf encontra-se sobre a barra a uma distância  $x$  do ponto  $A$ .



- a) Calcular a distância máxima à qual o objecto  $C$  pode ser colocado do ponto  $A$  de modo a que o equilíbrio estático seja mantido.
- b) Representar graficamente a reacção que o apoio  $A$  exerce sobre a barra em função da posição  $x$  do objecto  $C$ .

4. Considere o sistema representado na Figura 3, no qual uma escada com massa  $m = 40 \text{ kg}$  se encontra apoiada numa parede vertical, e faz um ângulo  $\theta = 60^\circ$  com o chão. A escada é provida de rodas em A, de tal forma que se pode desprezar o atrito na parede vertical. Calcule as forças que actuam na escada nos pontos A e B.

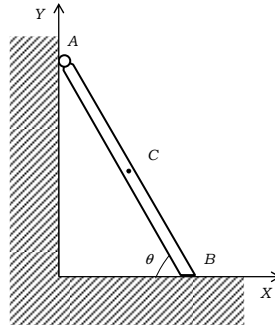


Figura 3

5. Considere o sistema representado na Figura 4, no qual uma tabuleta com peso  $P_1 = 40 \text{ kgf}$  se encontra suspensa por dois cabos a uma barra articulada na parede por uma rótula, no ponto A, e suspensa na extremidade B por um cabo que se encontra fixo à parede no ponto C. A barra é uniforme e tem um peso  $P_2 = 20 \text{ kgf}$ , e o cabo BC não pode suportar tensões superiores a  $120 \text{ kgf}$ .

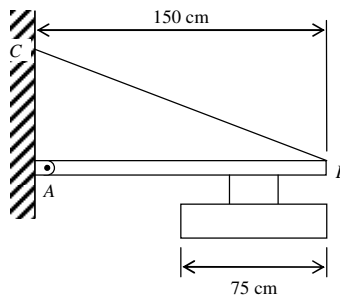


Figura 4

- a) Qual a distância mínima possível entre os pontos A e C?
- b) Nas condições da alínea a), qual é a força exercida pelo apoio A sobre a barra?
6. Uma corda, que passa por uma argola fixa no tecto, tem uma extremidade atada a um peso  $P_1 = 2,0 \text{ kgf}$ , e a outra extremidade atada à extremidade de uma barra homogênea de peso  $P_2$ . A outra extremidade da barra encontra-se apoiada no chão na vertical da argola, tal como ilustrado na Figura 5. Sendo  $L = 2,5 \text{ m}$  a altura do tecto e o comprimento da barra, e sabendo que, na posição de equilíbrio, a barra forma um ângulo  $\theta = 30^\circ$  com o plano horizontal, determinar o peso da barra e a força de atrito entre a barra e o chão.

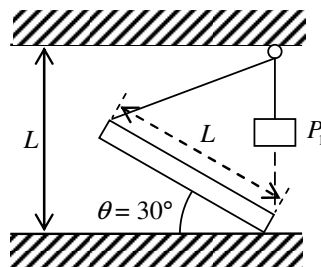


Figura 5

7. Um homem, com peso  $P_1 = 80 \text{ kgf}$ , começa a subir uma escada, com peso  $P_2 = 8 \text{ kgf}$  e comprimento  $L = 3 \text{ m}$ . A parede à qual a escada se apoia é muito lisa, o que significa que a componente tangencial da força de contacto entre a escada e a parede é desprezável. A parte inferior da escada é colocada a uma distância  $d = 1,5 \text{ m}$  da parede. Sabendo que a força de atrito estática máxima entre a escada e o solo é  $F_{a,e,máx.} = 35 \text{ kgf}$ , determine até que altura pode o homem subir com segurança.

8. Uma barra de comprimento  $L$  encontra-se suspensa de um ponto fixo  $C$  por meio de duas cordas iguais, também de comprimento  $L$ , presas às extremidades  $A$  e  $B$  da barra, como ilustrado na Figura 6. Na extremidade  $A$  da barra encontra-se suspenso um objecto de massa  $m$  igual à massa da barra. Mostrar que, na posição de equilíbrio, a barra forma com a horizontal um ângulo  $\theta$  tal que  $\cotg(\theta) = 2\sqrt{3}$ .

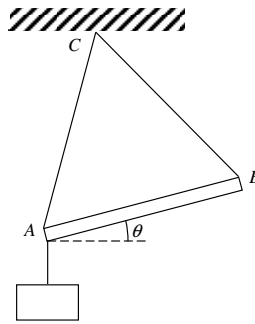


Figura 6

9. Uma barra homogênea com peso  $P_1 = 150 \text{ N}$ , encontra-se em equilíbrio apoiada no solo rugoso, e ligada por um fio, inextensível e de massa desprezável, que passa por uma roldana ideal, a um corpo de peso  $P_2 = 100 \text{ N}$ , tal como ilustrado na Figura 7. Determine:

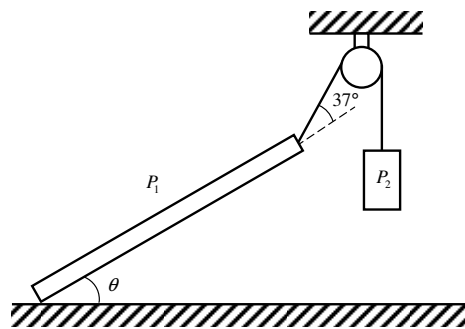


Figura 7

- O ângulo  $\theta$  entre a direcção da barra e a horizontal.
- O coeficiente de atrito estático mínimo,  $\mu_{e,min.}$ , entre a barra e o solo para que o equilíbrio seja possível nas condições da alínea a).

10. Considere uma balança decimal como a representada na Figura 8. O mecanismo de rotação do braço permite-lhe oscilar, sem deslizar, em torno dos vértices da charneira. A charneira está fixa e tem uma largura  $d = 2 \text{ mm}$ .

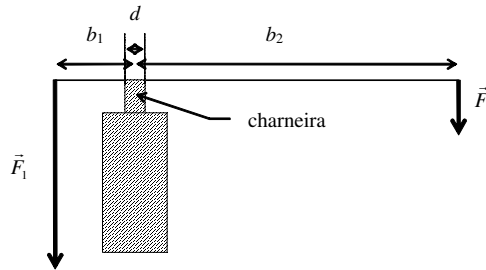


Figura 8

- a) Se  $b_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $F_1 = 80 \text{ N}$  e  $F_2 = 8 \text{ N}$  calcule o comprimento do braço  $b_2$  de modo a que o braço da balança fique equilibrado e horizontal.
- b) Aumentando um pouco a intensidade da força  $\vec{F}_1$ , mantendo  $\vec{F}_2$ , o braço da balança vai baixar do lado esquerdo passando a fazer um ângulo  $\theta = 10^\circ$  com a horizontal. Calcule a intensidade da força  $\vec{F}_1$  que equilibra a balança. Note que o braço da balança roda sem deslizar em torno do vértice esquerdo da charneira.
11. Considere o sistema da Figura 9, constituído por uma barra e cabos de massas desprezáveis. Se o peso  $P_1$  for igual a 500 N, e sabendo que o sistema se encontra em equilíbrio, determine:

Erro! Não é possível criar objectos a partir de códigos de campo de edição.

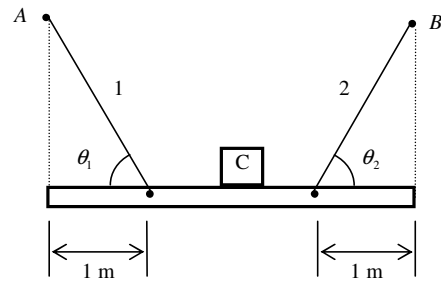
Figura 9

- a) A tensão nos cabos 1 e 2, sem determinar o peso  $P_2$ .
- b) O peso  $P_2$ .
- c) O vector reacção que o apoio A exerce sobre a barra.
12. Considere um sistema da Figura 10 constituído por uma barra homogénea, com peso  $P = 40 \text{ N}$ , sobre a qual se encontra um bloco, de peso  $P_2$ . O sistema barra mais bloco encontra-se em equilíbrio, na horizontal, sendo suportado pelos cabos 1 e 2, de massas e espessuras desprezáveis, tal como ilustrado na figura. Na extremidade do cabo 1, que passa por uma roldana ideal, encontra-se pendurado um corpo de peso  $P_1$ .
- a) Se o peso do corpo 1 for  $P_1 = 520 \text{ N}$ , determine as tensões nos cabos 1 e 2, sem determinar o peso do bloco 2,  $P_2$ .
- b) Determine o peso  $P_2$ .
- c) A distância  $x$ , relativamente ao ponto de inserção do cabo 2, à qual se deve colocar o bloco 2, de peso  $P_2$ , de modo a que o equilíbrio seja possível.

Erro! Não é possível criar objectos a partir de códigos de campo de edição.

Figura 10

13. Uma barra homogénea de comprimento  $L = 5 \text{ m}$  e massa  $M = 500 \text{ kg}$  é suportada através de dois cabos 1 e 2 suspensos dos pontos A e B, que fazem ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$ , respectivamente, com a horizontal, como mostra a Figura 11. O corpo C, com massa  $m_C = 10 \text{ kg}$ , encontra-se a meio da barra. A tensão de ruptura do cabo 1 é de  $T_{1,rupt} = 4,5 \text{ kN}$ .

**Figura 11**

- Determine a altura mínima do ponto de apoio A.
- Determine os valores do ângulo  $\theta_2$  e da tensão no cabo 2,  $T_2$ , quando o cabo 1 está na iminência de partir.
- Verifique se ao retirar o corpo C, mantendo os apoios A e B fixos, a barra continua na horizontal, e em caso afirmativo, calcule as tensões nos cabos 1 e 2,  $T_1$  e  $T_2$ .

**Soluções:**

1.

- a)  $x = y = 1,25 \text{ m}$  e  $z = 2 \text{ m}$   
b)  $N = 2 \text{ kgf}$  (vertical e a apontar para cima)

2.  $R_A \approx 1143,4 \text{ N}$   $R_B \approx 1796,6 \text{ N}$ 

3.

- a)  $x \approx 3,17 \text{ m}$   
b) Gráfico da recta dada pela equação  $A_y = -30x + 95 \text{ (kgf)}$

4.  $\vec{A} \approx 113,2\hat{i} \text{ (N)}$   $\vec{B} = -113,2\hat{i} + 392\hat{j} \text{ (N)}$ 

5.

- a)  $\overline{AC} \approx 53,03 \text{ cm}$   
b)  $\vec{A} \approx 50\hat{i} + 20\hat{j} \text{ (kgf)}$

6.  $P_2 = 4 \text{ kgf}$   $F_a \approx 1,73 \text{ kgf}$ 7.  $h \approx 193,9 \text{ cm}$ 

9.

- a)  $\theta \approx 36,64^\circ$   
b)  $\mu \approx 0,52$

10.

- a)  $b_2 = 50 \text{ cm}$   
b)  $F_1 \approx 81,80 \text{ N}$

11.

- a)  $T_1 \approx 491,55 \text{ N}$  e  $T_2 \approx 652,70 \text{ N}$   
b)  $P_2 \approx 409,98 \text{ N}$   
c)  $\vec{A} \approx -209,78\hat{i} + 46,64\hat{j} \text{ (N)}$

12.

- a)  $T_1 = 520 \text{ N}$  e  $T_2 \approx 900,67 \text{ N}$   
b)  $P_2 \approx 409,98 \text{ N}$   
c)  $\vec{A} \approx -209,78\hat{i} + 46,64\hat{j} \text{ (N)}$

13.

- a)  $\sim 0,67 \text{ m}$   
b)  $\theta_2 \approx 33,73^\circ$  e  $T_2 = 4,5 \text{ kN}$   
c)  $T_1 = T_2 \approx 4412,2 \text{ N}$