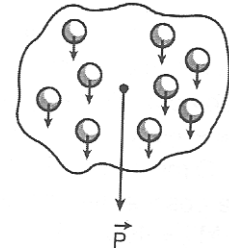


	<b>NOME:</b>		<b>Nº</b>
	<b>Ensino Médio</b>	<b>TURMA:</b>	<b>Data: / /</b>
	<b>DISCIPLINA: Física</b>		<b>PROF. : Glênon Dutra</b>
<b>Equilíbrio Estático de um Corpo</b>			

### 1. Centro de Gravidade

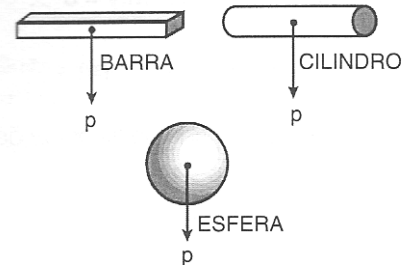
Quando temos uma partícula de massa  $m$ , representamos seu peso por uma força aplicada sobre essa partícula. Se o corpo for rígido, isto é, **constituído de um conjunto de partículas**, seu peso total será a soma dos pesos de todas as partículas que o constituem.



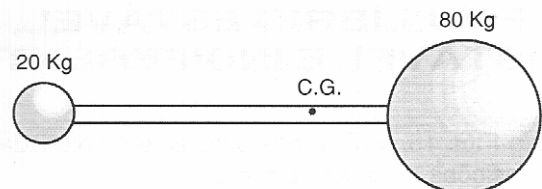
Seja qual for a forma do corpo, existe **um** ponto onde podemos supor aplicados todos os pesos das diversas partículas que o constituem. Esse ponto é chamado **centro de gravidade**.

*Centro de gravidade de um corpo é o ponto onde podemos supor que seu peso esteja aplicado.*

Para certos corpos homogêneos e de forma simples, tais como uma barra, uma esfera, um cilindro, etc., O centro de gravidade é facilmente localizado. A figura ao lado mostra o centro de gravidade para alguns desses corpos.



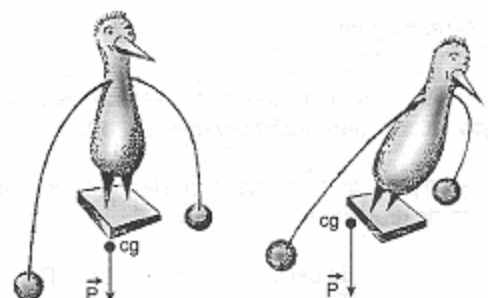
Quando o corpo não é homogêneo, seu centro de gravidade fica mais próximo da região onde há maior concentração de massa. No exemplo ao lado o centro de gravidade fica mais próximo da esfera de 80kg.



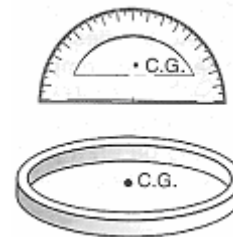
A estabilidade de um corpo está diretamente relacionada com a posição do centro de gravidade em relação à sua área de sustentação. Se o centro de massa estiver exatamente acima da base de apoio, o corpo permanecerá estável, caso contrário, o corpo irá tombar. O boneco mostrado na figura ao lado, chamado "João Teimoso", possui uma base muito pesada - seu centro de gravidade está muito próximo da área de sustentação. Ao ser deslocado de sua posição de equilíbrio, ele tende sempre a voltar a ela.



Se o centro de gravidade estiver abaixo da área de apoio, obtém-se uma estabilidade ainda maior. A figura mostra um boneco de madeira que possui, de ambos os lados, pesos colocados abaixo da área de sustentação, fazendo com que o centro de gravidade de todo boneco esteja abaixo do suporte. Podemos movimentá-lo à vontade e ele permanecerá equilibrado.

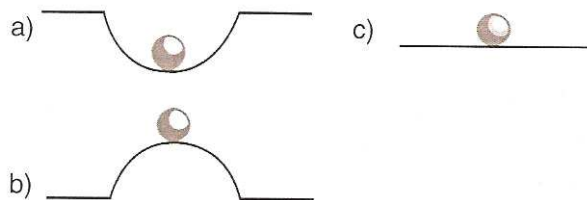


É importante ressaltar que o centro de gravidade pode estar localizado numa região onde não há massa, como o transferidor ou o anel mostrados ao lado.



### Equilíbrio Estável, Instável e Indiferente

Na figura ao lado, mostramos uma esfera colocada em três posições distintas, a, b e c.



Na posição (a), a esfera, sendo deslocada ligeiramente da sua posição de equilíbrio (para a esquerda ou para a direita), tende a voltar à sua posição primitiva. Dizemos que a esfera se encontra em **equilíbrio estável**. Observe que, toda vez que um pequeno deslocamento da posição de equilíbrio produzir uma elevação do centro de gravidade, o equilíbrio é estável.

Já na posição (b), a esfera, ao se mover ligeiramente da posição de equilíbrio, tende a afastar-se cada vez mais dessa posição - Dizemos que a esfera se encontra em **equilíbrio instável** (seu centro ou gravidade tende a abaixar em relação à posição inicial).

Finalmente, na posição (c), temos um **equilíbrio indiferente**; a esfera fica em equilíbrio qualquer que seja a posição ocupada (a altura do seu centro de gravidade não varia).

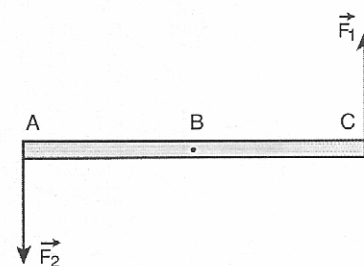
## 2. Torque ou Momento de Uma Força

Considere uma partícula (corpo cujas dimensões podem ser reduzidas a um ponto, onde aplicamos todas as forças que atuam sobre ele) sujeita a duas forças,  $F_1$  e  $F_2$ , de mesmo módulo, mesma direção e sentidos contrários. A resultante das forças que atuam sobre ela é zero. A situação equivale, então, ao caso em que nenhuma força atua sobre a partícula - ela estará, assim, parada ou em movimento retilíneo uniforme, de acordo com a primeira Lei de Newton. Dizemos, então, que ela se encontra em **equilíbrio**. Resumindo:



*Uma partícula se encontra em equilíbrio, quando a resultante das forças que atuam sobre ela for igual a zero.*

Considere, a seguir, um corpo rígido (um corpo cujas dimensões não podem ser reduzidas a um ponto), submetido às mesmas forças,  $F_1$  e  $F_2$ ; da situação anterior, porém, como mostrado na figura ao lado. A resultante das forças que atuam sobre ele ainda é zero, porém ele não estará em equilíbrio - ele adquire um movimento de rotação, qualquer que seja o ponto de rotação, A, S ou C, escolhido.

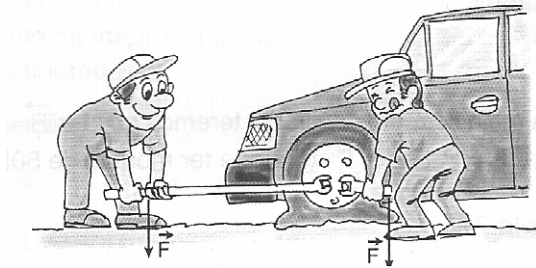
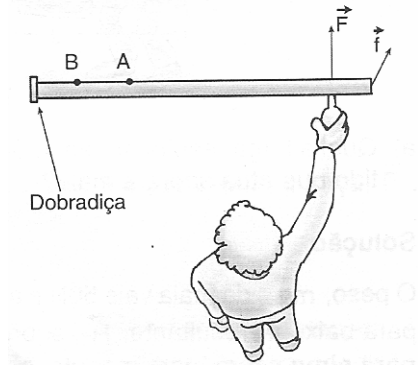


Podemos concluir, portanto, que, para o equilíbrio dos corpos rígidos, além da condição “resultante das forças igual a zero”, devemos impor uma segunda condição que expresse a existência de equilíbrio de rotação. Para isto, faz-se necessário definir uma nova grandeza física - o **momento de uma força** (também conhecido como **torque**).

Consideremos a situação em que, uma pessoa tenta abrir uma porta:

Onde ela deve aplicar a força  $F$ , de maneira a fazer o menor esforço para abri-la? Na maçaneta? Nos pontos A ou B? Ou na própria dobradiça? Ou será que é mais fácil aplicar uma força oblíqua em relação à porta, (como a força  $f$ )? Tente você mesmo! A experiência lhe mostrará que é mais interessante aplicar a força na maçaneta e **perpendicular** à porta!

Da mesma forma, no exemplo abaixo, o mecânico da esquerda fará menos esforço para desapertar os parafusos da roda, pois trabalha com uma chave de rodas de maior comprimento.



Os exemplos anteriores servem para ilustrar o fato de que a rotação de um corpo vai depender não só da força aplicada, como do ponto onde a aplicamos, em relação ao ponto de rotação (ponto fixo “O”). Dessa maneira, define-se **momento** (ou **torque**) de uma força em relação ao ponto O como sendo:

$$M_o = F \cdot d$$

onde:

$M_o$  = momento da força  $F$  em relação ao ponto fixo “O”

$d$  = distância desde o ponto de aplicação da força até o ponto fixo (braço de força)

$F$  = é a força aplicada (perpendicular a  $d$ )

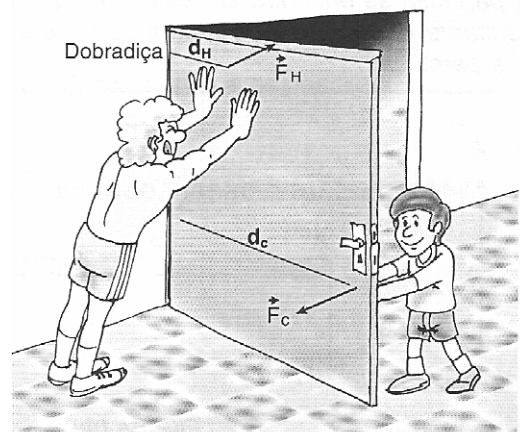
O momento da força é uma medida do efeito de rotação que a força  $F$  tende a produzir num corpo.

### 3. Equilíbrio de Um Corpo Rígido

Observe a figura a seguir. Nela, um garoto e um homem tentam mover uma porta em sentidos contrários. O torque aplicado pelo menino é contrário ao torque aplicado pelo homem. Nesse caso, podemos dizer que os torques possuem sinais contrários.

A porta permanecerá parada caso a soma desses torques, assim como a força total sobre ela, seja igual a zero.

Baseado nessa situação podemos afirmar que, as condições de equilíbrio para um corpo rígido serão:



1. Força total igual a zero- equilíbrio de translação
2. Momento total (torque total) igual a zero - equilíbrio de rotação

**Exercícios:**

1. (Cesgranrio 90) Uma barra homogênea de comprimento  $L$ , articulada na extremidade  $O$ , é sustentada na horizontal por uma força vertical  $U$ , aplicada no ponto  $A$ , que dista  $3L/4$  do ponto  $O$ . A razão entre a intensidade da força  $U$  e o peso da barra é:

- a)  $1/3$ ;    b)  $2/3$ ;    c)  $1$ ;  
d)  $3/4$ ;    e)  $4/3$ .

---

2. (Cesgranrio 94) Um fio, cujo limite de resistência é de  $25N$ , é utilizado para manter em equilíbrio, na posição horizontal, uma haste de metal, homogênea, de comprimento  $AB=80cm$  e peso  $=15N$ . A barra é fixa em  $A$ , numa parede, através de uma articulação, conforme indica a figura a seguir.

A menor distância  $x$ , para a qual o fio manterá a haste em equilíbrio, é:

- a)  $16cm$   
b)  $24cm$   
c)  $30cm$   
d)  $36cm$   
e)  $40cm$

---

3. (Fej 96) A barra a seguir é homogênea da seção constante e está apoiada

nos pontos  $A$  e  $B$ . Sabendo-se que a reação no apoio  $A$  é  $R_U=200kN$ , e que  $F_1=100kN$  e  $F_2=500kN$ , qual é o peso da barra?

- a)  $300 kN$   
b)  $200 kN$   
c)  $100 kN$   
d)  $50 kN$   
e)  $10 kN$

4. Uma vara de pescar tem  $2m$  de comprimento. Que força o pescador deve exercer com uma das mãos, a  $50cm$  da extremidade em que está apoiada a outra mão, para retirar da água um peixe de  $20N$ ?

- a)  $80N$     b)  $70N$     c)  $60N$     d)  $50N$     e)  $40N$

5. (Mackenzie 96) Para se estabelecer o equilíbrio da barra homogênea, (seção transversal constante), de  $0,50 kg$ , apoiada no cutelo  $C$  da estrutura a seguir, deve-se suspender em:

Adote  $g = 10 m/s^2$  e despreze os pesos dos ganchos.

- a)  $A$ , um corpo de  $1,5 kg$ .  
b)  $A$ , um corpo de  $1,0 kg$ .  
c)  $A$ , um corpo de  $0,5 kg$ .  
d)  $B$ , um corpo de  $1,0 kg$ .  
e)  $B$ , um corpo de  $1,5 kg$ .

6. (Mackenzie 97) "Quando duas crianças de pesos diferentes brincam numa gangorra como a da figura a seguir, para se obter o equilíbrio com a prancha na horizontal, a criança leve deve ficar mais \_\_\_\_\_ do ponto de apoio do que a criança pesada. Isto é necessário para que se tenha o mesmo \_\_\_\_\_ dos respectivos pesos".

Considerando que a prancha seja homogênea e de seção transversal constante, as expressões que preenchem correta e ordenadamente as lacunas anteriores são:

a) perto e momento de força.  
d) longe e valor.

b) longe e momento de força.  
e) longe e impulso.

c) perto e valor.

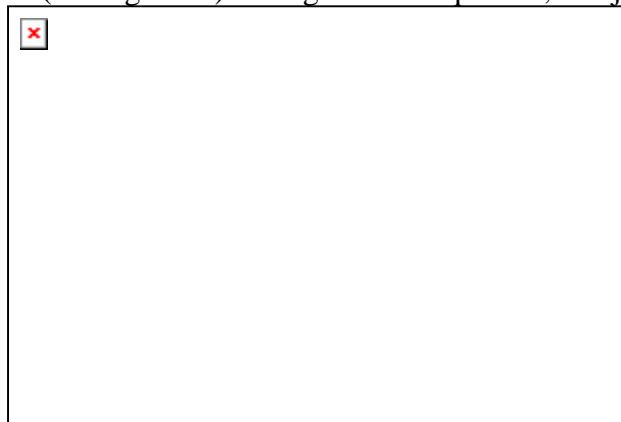
7. (Pucmg 97) A figura representa uma régua homogênea com vários furos equidistantes entre si, suspensa por um eixo que passa pelo ponto central O. Colocam-se cinco ganchos idênticos, de peso P cada um, nos furos G, H e J na seguinte ordem: 1 em G; 1 em H e 3 em J. Para equilibrar a régua colocando outros cinco ganchos, idênticos aos já usados, num único furo, qual dos furos usaremos?

a) A      b) B      c) C      d) D      e) E

8. (Pucmg 99) Na figura a seguir, a haste 2 está ligada à haste 1 através de uma articulação móvel (ponto O). A haste 2 está na horizontal e sustenta o bloco de peso 30N colocado em C. Sabe-se que  $AO=1,0m$  e  $AC=2,0m$ . As massas das hastes e do cabo AB, são desprezíveis. A tração sofrida pelo cabo vertical AB, com o sistema em equilíbrio, é:

a) 90 N    b) 60 N    c) 30 N    d) 15 N    e) 10 N

9. (Pucmg 2001) Na figura desta questão, um jovem de



peso igual a 600N corre por uma

prancha homogênea, apoiada em A e articulada no apoio B. A prancha tem o peso de 900N e mede 9,0m. Ela não está presa em A e pode girar em torno de B. A máxima distância que o jovem pode percorrer, medida a partir de B, sem que a prancha gire, é:

a) 1,75 m    b) 2,00 m    c) 2,25 m    d) 2,50 m

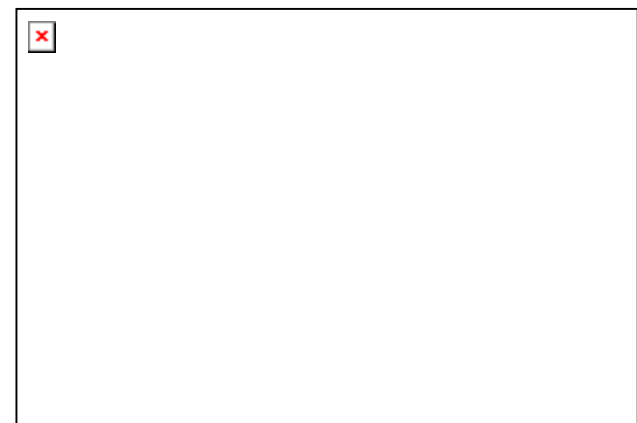
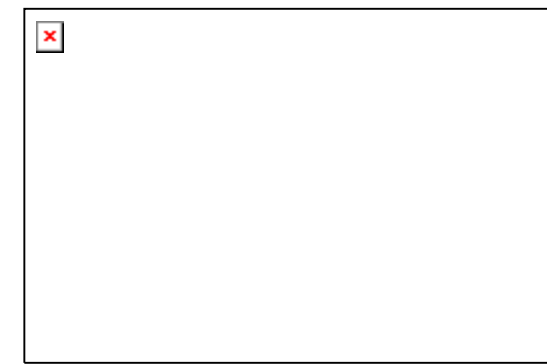


10. (Pucmg 2004) Uma barra homogênea de peso P e de comprimento 4,0m é articulada no ponto O conforme figura. Para se manter a barra em equilíbrio, é necessário exercer uma força  $F = 80N$  na extremidade livre. O peso da barra é:

a) 80N  
b) 60N  
c) 100N  
d) 160N

11. (Pucpr 2003) Para arrancar uma estaca do solo, é necessário que atue sobre ela uma força vertical de 600N. Com este objetivo foi montado o arranjo a seguir, com uma viga de peso desprezível, como representado na figura. A força mínima necessária que deve ser aplicada em A é:

a) 600 N    b) 300 N    c) 200 N  
d) 150 N    e) 250 N



12. (Ufmg 97) A figura mostra um brinquedo, comum em parques de diversão, que consiste de uma barra que

pode balançar em torno de seu centro. Uma criança de peso  $P_1$  senta-se na extremidade da barra a uma distância  $X$  do centro de apoio. Uma segunda criança de peso  $P_2$  senta-se do lado oposto a uma distância  $X/2$  do centro. Para que a barra fique em equilíbrio na horizontal, a relação entre os pesos das crianças deve ser

- a)  $P_2 = P_1/2$     b)  $P_2 = P_1$     c)  $P_2 = 2P_1$     d)  $P_2 = 4P_1$

13. (Ufmg 2003) Para carregar quatro baldes idênticos, Nivaldo pendura-os em uma barra, como mostrado na figura adiante.

Essa barra é homogênea e possui suportes para os baldes, igualmente espaçados entre si, representados, na figura pelos pontos escuros. Para manter uma barra em equilíbrio, na horizontal, Nivaldo a apoia, pelo ponto médio, no ombro.

Nivaldo, então, removeu um dos baldes e rearranja os demais de forma a manter a barra em equilíbrio, na horizontal, ainda apoiada pelo seu ponto médio.

Assinale a alternativa que apresenta um arranjo POSSIVEL para manter os baldes em equilíbrio nessa nova situação.

14. (Ufmg 2005) Gabriel está na ponta de um trampolim, que está fixo em duas estacas - 1 e 2 -, como representado nesta figura:

Sejam  $\vec{u}_1$  e  $\vec{u}_2$ , as forças que as estacas 1 e 2 fazem, respectivamente, no trampolim. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que essas forças estão na direção vertical e

- a) têm sentido contrário,  $\vec{u}_1$  para cima e  $\vec{u}_2$  para baixo.  
 b) ambas têm o sentido para baixo.  
 c) têm sentido contrário,  $\vec{u}_1$  para baixo e  $\vec{u}_2$  para cima.  
 d) ambas têm o sentido para cima.

15. (Ufpr 2006) Duas crianças estão em um parque de diversões

em um brinquedo conhecido como gangorra, isto é, uma prancha de madeira apoiada em seu centro de massa, conforme ilustrado na figura. Quando a criança B se posiciona a uma distância  $x$  do ponto de apoio e a outra criança A à distância  $x/2$  do lado oposto, a prancha permanece em equilíbrio.

Nessas circunstâncias, assinale a alternativa correta.

- a) O peso da criança B é igual ao peso da criança A.  
 b) O peso da criança B é o dobro do peso da criança A.  
 c) A soma dos momentos das forças é diferente de zero.  
 d) O peso da criança B é a metade do peso da criança A.  
 e) A força que o apoio exerce sobre a prancha é em módulo menor que a soma dos pesos das crianças.

16. (Ufrs 2002) A figura a seguir representa uma alavanca constituída por uma barra homogênea e uniforme, de comprimento de 3m, e por um ponto de apoio fixo sobre o solo. Sob a ação de um contrapeso  $P$  igual a 60 N, a barra permanece em equilíbrio, em sua posição horizontal, nas condições especificadas na figura.

Qual é o peso da barra?

- a) 20 N.    b) 30 N.    c) 60 N.    d) 90 N.    e) 180 N.

17. (Ufscar 2003) O João-teimoso é um boneco que, deslocado de sua posição de equilíbrio, sempre volta a ficar em pé. Suponha que uma criança segure um João-teimoso na posição da figura e logo em seguida o solte, sobre uma

superfície horizontal.

Assinale a alternativa que melhor representa o esquema das forças que, com exceção das forças de atrito, atuam sobre o João-teimoso deitado, imediatamente após ser solto pela criança.

18. Por que é perigoso abrir rapidamente as gavetas superiores de um armário de arquivos alto e completamente lotado, se ele não estiver bem assentado no piso?

19. Quando um carro despenca de um penhasco, por que ele gira para frente enquanto cai?

20. Por que a famosa torre inclinada de Pisa não cai?

21) Explique por que um bastão comprido é mais útil para um equilibrista de corda se ele for curvado para baixo.

### **GABARITO**

1. [B] 2. [B] 3. [C] 4. [A] 5. [B] 6. [B] 7. [B] 8. [A] 9. [C] 10. [D]

11. [D] 12. [C] 13. [A] 14. [C] 15. [D] 16. [C] 17. [E]