



TURMA \_\_\_\_\_

GRUPO Nº. \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

NOTA

## COMPONENTES

- |          |          |
|----------|----------|
| 1. _____ | 4. _____ |
| 2. _____ | 5. _____ |
| 3. _____ | 6. _____ |

## Conceitos

- Torque
- Condições de equilíbrio de um corpo rígido

## Materiais

- Tripé, hastes, presilhas e garras universais; Barra de momento e massas aferidas; Régua de 1000 mm; dinamômetro.

## Procedimentos / Desenvolvimento

Uma das Leis de Newton, quando aplicadas para objetos pontuais (de pequenas dimensões em relação aos demais, por exemplo, um carro em relação à Terra, uma pessoa em relação ao tamanho de uma cidade, ...) afirma que se a **RESULTANTE** de forças sobre este objeto for **ZERO**, ele estará em **EQUILÍBRIO** estático (repouso) ou dinâmico (m.r.u.).

Mas e quando o objeto não for puntual? Ele estará em equilíbrio caso a soma das forças seja zero? Alguma modificação é necessária na Lei? Para explorar esta questão, faça o que se pede.

1. Sob a mesa do laboratório encontra-se uma barra de metal e um pequeno gancho preso em um suporte (figura abaixo).



2. Utilize o dinamômetro e meça o peso da barra metálica e do bloco de metal. Com a régua meça a distância entre 2 pinos consecutivos da barra.

$P_{\text{barra}} = \underline{\hspace{2cm}}$  N.      Distância  $d$  entre os pinos consecutivos da barra =  $\underline{\hspace{2cm}}$  cm.

$P_{\text{bloco}} = \underline{\hspace{2cm}}$  N.

3. Pendure a barra pelo pino **superior central** e coloque-a na posição horizontal.



**EXPLIQUE** por que a barra não gira no sentido horário ou anti-horário.

---



---

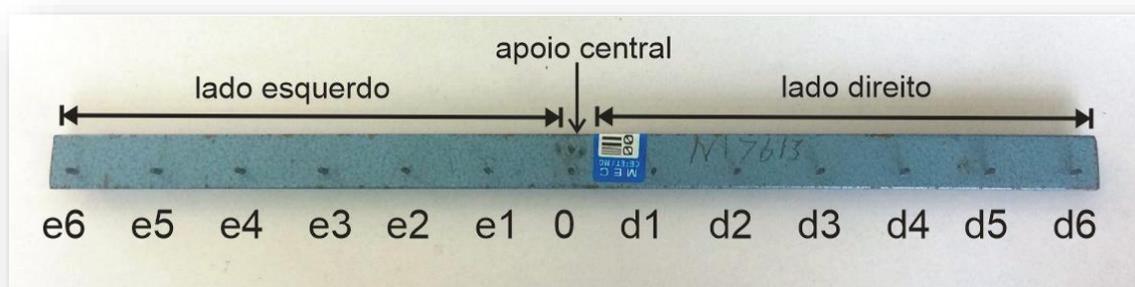


---



---

4. Deixe o gancho para a posição **central superior** no suporte. Faremos algumas explorações com o objetivo de **sempre manter a barra em equilíbrio na posição horizontal**. Para facilitar, numeraremos os pinos da barra de acordo com o desenho abaixo.



Os pinos do lado esquerdo foram numerados com a letra "e" e do lado direito com a letra "d".

A coluna 1 do QUADRO DE RESPOSTAS 1, abaixo, indica a posição em que um determinado número de blocos deve ser colocado. O seu grupo deverá discutir e propor soluções para que, após solta, a barra continue na horizontal, sem girar.

Sua resposta deve explicitar quantos blocos utilizou e em que posição os mesmos devem ser colocados. Quando a instrução pedir 2 blocos juntos, eles devem ser colocados na mesma posição e 2 blocos separados devem ser colocados - necessariamente - em posições diferentes. Sua resposta deve ser colocada na coluna 2.



**QUADRO DE RESPOSTAS 1**

|             | Coluna 1   | Coluna 2  |
|-------------|--|---|
| Situação 1  | um bloco está na posição e3.                       | Solução 1 (utilize apenas 1 bloco):                       |
| Situação 2  | um bloco está na posição e3 e outro na posição d5. | Solução 2 (utilize 2 blocos separados):                   |
| Situação 3  | um bloco está na posição e4.                       | Solução 3A (utilize apenas 1 bloco):                      |
|             |  | Solução 3B (utilize 2 blocos juntos):                     |
|             |  | Solução 3C (utilize 2 blocos separados):                  |
| Situação 4: | um bloco está na posição e2 e outro na posição e4. | Solução 4A (utilize apenas 1 bloco):                      |
|             |  | Solução 4B (utilize 2 blocos juntos):                     |
| Situação 5: | um bloco está na posição e6                        | Solução 5A (utilize 3 blocos juntos):                     |
|             |  | Solução 5B (utilize 2 blocos juntos e um bloco separado): |
|             |  | Solução 5C (utilize 3 blocos separados):                  |

O grupo consegue formular, em termos simples, qual condição geral deve ser satisfeita para que a barra permaneça em equilíbrio, para os casos acima realizados?

---



---



---



---



---

Formulação Matemática

5. Vamos agora escrever as respostas que você desenvolveu no quadro anterior, mas com uma formulação matemática. Uma importante grandeza física no estudo do equilíbrio de corpos extensos é o **momento ou torque ( $\tau$ )**. O módulo desta grandeza será inicialmente definido<sup>1</sup> pelo produto força x distância, ou seja,  $\tau = F \cdot d$ . Observe que a unidade de torque, no sistema internacional é newton x metro (N.m).

$$\tau = F \cdot d \quad \left\{ \begin{array}{l} F = \text{módulo da força} \\ d = \text{distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação} \end{array} \right.$$

O aparelho da figura 1 mostra um torquímetro de relógio, no qual uma pessoa ao apertar um parafuso, pode exercer o torque correto para não danificar o parafuso, prendendo-o com segurança.



Figura 1: Torquímetro analógico.

6. O QUADRO DE RESPOSTAS 1 do item 4 será refeito, agora substituindo os valores numéricos das forças obtidas em determinadas posições pelo torque correspondente a cada par de forças-distância. Por convenção, consideraremos os torques realizados no sentido horário como negativos e, os realizados no sentido anti-horário, como positivo. Preencha então, cada parte das colunas 1 e 2, calculando o valor do torque associado a cada uma das forças. Não se esqueça de colocar o sinal adequado. Use como unidade o newton x centímetro (N.cm)

QUADRO DE RESPOSTAS 2

|            | Coluna 1 | Coluna 2 |
|------------|----------|----------|
| Situação 1 |          |          |
| Situação 2 |          |          |
| Situação 3 |          |          |
|            |          |          |
|            |          |          |

<sup>1</sup> O torque é uma grandeza vetorial, além disso, o valor representado por **d** é a distância do braço da força - cuja definição não trabalharemos aqui. No nosso caso, **d** será considerada a distância do ponto de aplicação da força ao eixo de rotação.

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Situação 4: |  |  |
|             |  |  |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Situação 5: |  |  |
|             |  |  |
|             |  |  |

7. O grupo consegue formular, com suas próprias palavras, qual condição deve ser satisfeita para que a barra permaneça em equilíbrio, para os casos acima realizados, utilizando agora termos como **torque de uma força, torque total, ...?**

---



---



---

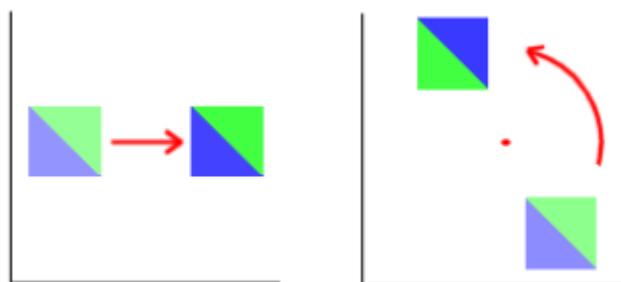


---



---

8. A figura abaixo representa 2 objetos extensos que realizam o movimento de translação e rotação. De forma simplificada dizemos que na translação o deslocamento dos pontos forma linhas que são retas paralelas entre si, enquanto na rotação, o deslocamento dos pontos formam linhas circulares com centro comum.



Translação

Rotação

Quais devem ser então as condições para que um objeto extenso permaneça em equilíbrio de translação e rotação?

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Equilíbrio de translação |  |
| Equilíbrio de rotação    |  |