CDCC - USP
EXPERIMENTOTECA

FÍSICA 2

MECÂNICA II

1. Equilíbrio estático: composição de forças

NOME ______________________________
ESCOLA______________________________
EQUIPE ____________SÉRIE_____________
PERÍODO ____________DATA _____________

QUESTÃO PRÉVIA

"O casal carrega uma sacola pesada, sendo que o ângulo de abertura (θ) dos braços do homem e o da mulher são iguais (fig.1.1).

a) A força exercida pelo homem (F_H) e pela mulher (F_M) são iguais?
b) Se o ângulo de abertura dos braços for maior, a força que cada um exerce será maior ou menor?

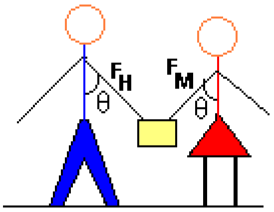

*Figura 1.1 – Forças exercidas pelo homem (**F_H**) e pela mulher (**F_M**)*

Respostas
a)
b)

OBJETIVO

- Determinar, graficamente e analiticamente, a resultante de várias forças co-planares atuando num ponto.
- Verificar a condição de equilíbrio de translação (1ª condição de equilíbrio), quando um conjunto de forças atua sobre um ponto.

INTRODUÇÃO

Força: *é qualquer agente que pode alterar o estado de movimento e ou deformar o corpo sobre o qual é aplicada*. Força é uma grandeza vetorial porque ela tem módulo, direção e sentido.

Notação: **F** → vetor força

Componentes de uma força são as projeções ortogonais do vetor força sobre os eixos de um sistema de eixos cartesianos ortogonais (fig. 1.2).

Notação: $\mathbf{F_x}$ → componente de **F** na direção x

$\mathbf{F_y}$ → componente de **F** na direção y

Para determinar o módulos destas componentes, no triângulo AOB, F_x é o cateto adjacente ao ângulo θ, e F_y o cateto oposto. Portanto:

$$\cos \theta = (\text{cateto adjacente})/\text{hipotenusa} = F_x / F$$

$$F_x = F \cos \theta \qquad 1.1$$

$$\text{e } \operatorname{sen} \theta = (\text{cateto oposto})/\text{hipotenusa} = F_y / F$$

$$F_y = F \operatorname{sen} \theta \qquad 1.2$$

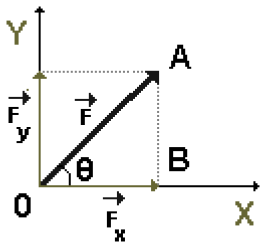

*Figura 1.2 – Componentes da força **F**: **F_x** e **F_y***

Quando um conjunto de forças co-planares (situadas em um mesmo plano), é aplicada a um corpo ou a um ponto material, este conjunto pode ser substituído por uma única força denominada *resultante de forças***,** ou seja, esta resultante produz o mesmo efeito que o conjunto de forças.

1ª Lei de Newton: Quando um ponto material está em equilíbrio, ou seja, em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a resultante das forças ® que atuam sobre ele é nula.

$$\mathbf{R} = 0$$

Para determinar a resultante das forças, determinam-se as componentes, F_x e F_y, segundo os dois eixos de um sistema de eixos cartesianos ortogonais. Faz-se a soma algébrica destas componentes, ΣF_x e ΣF_x, reduzindo o sistema de forças para estas duas forças na direção x e y.
No triângulo OAB, aplicando o Teorema de Pitágoras, obtém-se:

$$R^2 = (\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y\}^2$$

$$R = ((\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y\}^2)^{1/2} \qquad 1.3$$

Para que R = 0, decorre 1ª condição de equilíbrio (equilíbrio de translação):

$$\Sigma F_x = 0 \text{ e } \Sigma F_y = 0 \qquad 1.4$$

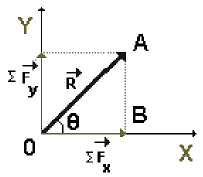

Figura 1.3 – Determinação da resultante de forças

Exemplo: a luminária da figura 1.4 está em equilíbrio estático. Na luminária atuam as forças peso, p, e a força de tração T_1.
Isolando a luminária (fig.1.4b), as forças que atuam sobre ela são: T_3 e p.

$$\Sigma F_y = T_3 - p = 0$$

$$T_3 = p$$

Isolando o ponto O (fig.1.4c), as forças que atuam sobre ele são: T_1, T_2 e T_3. Determinando as componentes, obtém-se:

Fazendo a soma algébrica segundo os dois eixos, x e y:

$$\Sigma F_x = T_{1x} + T_{2x} + T_{3x} = - T_1 \cos \theta_1 + T_2 \cos \theta_2$$

$$\Sigma F_y = T_{1y} + T_{2y} + T_{3y} = T_1 \operatorname{sen} \theta_1 + T_2 \operatorname{sen} \theta_2 - T_3$$

Aplica-se a 1ª condição de equilíbrio (1.4):

$$\Sigma F_x = 0 \text{ e } \Sigma F_y = 0$$

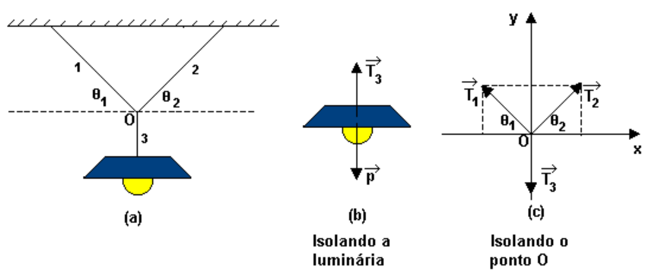

Figura 1.4 – Determinação da resultante de forças

MATERIAL

- 1 suporte
- Travessão de alumínio
- Travessão de ferro (para o transferidor)
- 2 roldanas
- 10 massas iguais de 20 g
- 1 transferidor com imã
- Fio cordonê

PROCEDIMENTO I

- Monte as roldanas no travessão tal que a distância entre elas seja aproximadamente 18 cm (fig.1.5).
- Coloque um "peso" suspenso em cada extremidade do fio que passa pelas roldanas e o terceiro peso, no meio do fio.
- Meça o ângulo formado entre os fios, θ, e os ângulos, que os fios fazem com a horizontal, θ_1 e θ_2, utilizando o transferidor. Coloque os valores dos ângulos medidos na tabela 1.1.
- Repetir o procedimento anterior, dobrando o valor das massas dependuradas.

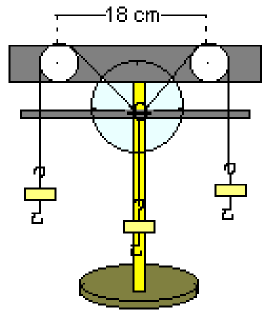

Figura 1.5 – Montagem do experimento

DETERMINE

- Os valores das forças (peso, p) e coloque os valores na tabela 1.1.
- Aplicando o método das componentes, verifique analiticamente se o sistema está em equilíbrio, ou seja, se a resultante de forças é nula.
- Utilizando uma escala adequada para as forças aplicadas e transferidor, faça a soma dos vetores graficamente.

QUESTÕES

I – 1) O resultado obtido analiticamente é o mesmo obtido experimentalmente? Justificar a resposta.

I – 2) A soma de vetores realizada graficamente justifica o equilíbrio do sistema? Justificar a resposta.

PROCEDIMENTO II

- Coloque "pesos" diferentes nas extremidades dos fios, um "peso" no meio do fio que está passando pelas roldanas.
- Meça os ângulos que os fios fazem com a horizontal, θ_1 e θ_2, utilizando o transferidor. Coloque os valores dos ângulos medidos na tabela 1.2.
- Repita o procedimento acima, aumentando a força que está sendo aplicada entre as roldanas, colocando dois "pesos" e três "pesos".

DETERMINE:

- Os valores das forças F_1, F_2 e F_3 e coloque os valores na tabela 1.2.
- Aplicando o método das componentes, verifique analiticamente se o sistema está em equilíbrio, ou seja, se a resultante de forças é nula.
- A soma dos vetores graficamente, utilizando uma escala adequada para as forças aplicadas e transferidor.

PROCEDIMENTO III

- Suspenda o "peso", na junção dos dois dinamômetros que estão suspensos na barra como mostra a fig. 1.6.
- Faça a leitura, no dinamômetro, das forças (F_1 e F_2) que estão sendo exercidas no "peso" suspenso.
- Meça os ângulos que as forças F_1 e F_2 fazem com a horizontal, utilizando o transferidor.
- Coloque os valores medidos na tabela 1.3.
- Repita o procedimento acima, colocando os dinamômetros nas extremidades da barra.

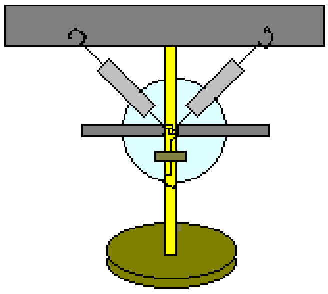

Figura 1.6 – "Peso" suspenso na junção dos dois dinamômetros

DETERMINE:

- Aplicando o método das componentes, verifique analiticamente se o sistema está em equilíbrio, ou seja, se a resultante de forças é nula.
- Utilizando uma escala adequada para as forças aplicadas e transferidor, faça a soma dos vetores graficamente.

QUESTÕES

III – 1) O resultado obtido analiticamente é o mesmo obtido experimentalmente? Justificar a resposta.

III – 2) A soma de vetores realizada graficamente justifica o equilíbrio do sistema? Justificar a resposta.

III –3) E agora consegue responder a questão prévia?

Tabela 1.1 – Equilíbrio: composição de forças

F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)	θ_1	θ_2	F_r (N)

Tabela 1.2 – Equilíbrio: composição de forças

F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)	θ_1	θ_2	F_r (N)

Tabela 1.3 – Equilíbrio: composição de forças

F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)	θ_1	θ_2	F_r (N)