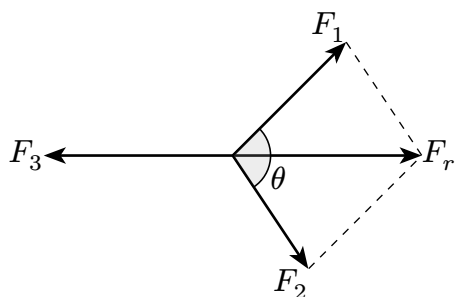


## ADIÇÃO DE VETORES - MESA DE FORÇAS

### 1. INTRODUÇÃO

A força é uma grandeza vetorial, ou seja, além de possuir intensidade, também apresenta direção e sentido. Quando duas forças  $F_1$  e  $F_2$  atuam sobre um mesmo ponto, o efeito combinado não é dado por uma simples soma algébrica, mas pela soma vetorial. A resultante  $F_r$  dessas duas forças pode ser obtida pela **regra do paralelogramo**, na qual os vetores  $F_1$  e  $F_2$  formam os lados adjacentes de um paralelogramo e a diagonal representa a resultante. (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Figura 1: Sistema de Forças em equilíbrio estático



Matematicamente, para duas forças que formam um ângulo  $\theta$ , o módulo da resultante é dado por:

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta} \quad (1)$$

Para que o sistema esteja em equilíbrio, é necessário aplicar uma terceira força  $F_3$ , de mesmo módulo que a resultante  $F_r$ , porém de sentido oposto:  $F_3 = -F_r$ .

Esse princípio tem diversas aplicações práticas, como no cálculo de forças em cabos de pontes e estru-

turas, na análise de forças que atuam sobre um corpo suspenso por fios em diferentes direções, e no equilíbrio de objetos submetidos a tensões em máquinas simples.

Figura 2: Mesa de Forças.



(a) Aparato experimental.

(b) Posição de equilíbrio.

O experimento da mesa de forças, ilustrada na Figura 2 permite compreender de forma visual e prática como a soma vetorial se manifesta no mundo real e como o conceito de equilíbrio está diretamente ligado ao princípio da adição de vetores.

### 2. OBJETIVOS

- 2.1. Compreender que a força é uma grandeza vetorial;
- 2.2. Aplicar a *regra do paralelogramo* para determinar a resultante de um par de forças;
- 2.3. Determinar experimentalmente o valor de uma força que equilibra duas outras forças;
- 2.4. Determinar graficamente a resultante de duas forças pela regra do paralelogramo.

### 3. MATERIAL NECESSÁRIO

- Mesa de forças composta por um transferidor de ângulos e base de fixação;
- 03 polias móveis;
- Conjunto de massas e suportes;
- Fios.

### 4. PROCEDIMENTOS

#### Atenção

Cada suporte tem massa de 5 gramas.

- Monte a mesa de forças conforme mostrado na Figura 2a. Duas para as forças que serão somadas ( $F_1$  e  $F_2$ ) e a terceira polia para a força  $F_3$  que equilibra as demais.
- Organize os conjuntos de massa + suporte em três grupos, cada um com massa total igual a 40 g:

$$m_1 = 40 \text{ g}; m_2 = 40 \text{ g}; \text{ e } m_3 = 40 \text{ g}$$

- Passe os fios sobre as polias e prenda as massas nas extremidades.
- Fixe uma das polias na marcação de  $0^\circ$  no transferidor da mesa de forças. A massa acoplada, que corresponderá à massa  $m_3$ , e a posição dessa polia não serão alteradas durante a execução do experimento.
- Por tentativa e erro, ajuste posição das outras duas polias (para  $m_1$  e  $m_2$ ) de modo que o sistema fique em equilíbrio (O sistema estará em equilíbrio quando o disco transparente ficar centralizado em relação à mesa de força, conforme Figura 2b.).
- Anote o ângulo  $\theta$  formado pelos fios ligados às massas  $m_1$  e  $m_2$  no campo correspondente da Tabela 1.
- Utilizando o valor da aceleração da gravidade  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , calcule o valor das forças  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$  correspondentes aos pesos das massas  $m_1$ ,  $m_2$  e  $m_3$ , respectivamente. Anote os resultados na Tabela 1.

- Aplique a Equação 1 e determine a Força resultante  $F_r$  esperada que equilibraria as forças  $F_1$  e  $F_2$  com um ângulo  $\theta$ .
- Represente as forças  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$  no diagrama apropriado do Anexo - Análise Gráfica. Use a regra do paralelogramo para determinar graficamente a força  $F_r$ .
- Repita os passos acima para os ternos de massas  $m_1$ ,  $m_2$  e  $m_3$  na Tabela 1.

Tabela 1: Coleta e análise de dados

$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$m_3$ (g)	$F_1$ (N)	$F_2$ (N)	$F_3$ (N)	$\theta(^{\circ})$	$F_r$ (N)	$E(\%)$
40	40	40						
35	35	40						
25	35	40						

### 5. ANÁLISE DE DADOS

#### Atenção

Nesta seção, consideraremos os valores calculados da força  $F_r$  como *valores esperados* para a força resultante da soma  $F_1 + F_2$ . Em contrapartida, os valores medidos  $F_3$  serão nossos *valores experimentais*.

Vamos avaliar a qualidade do experimento por meio do cálculo do erro percentual:

$$E(\%) = \frac{|F_3 - F_r|}{F_r} \cdot 100\% \quad (2)$$

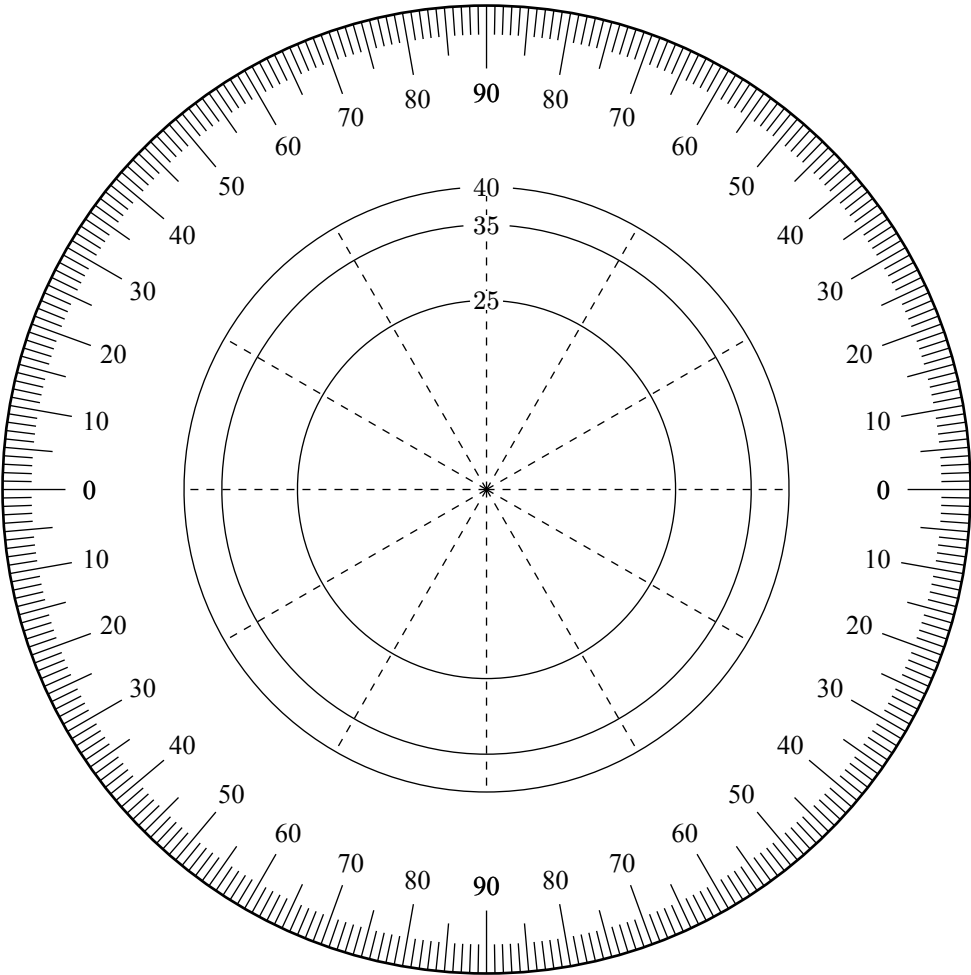
- Usando a Equação 2, calcule o erro percentual  $E(\%)$  na determinação da força resultante de cada distribuição de massas. Anote o resultado na coluna correspondente da Tabela 1.
- A análise gráfica permite concluir que a relação  $F_3 = -F_r$  é verdadeira? Explique as causas de possíveis erros.

### REFERÊNCIAS

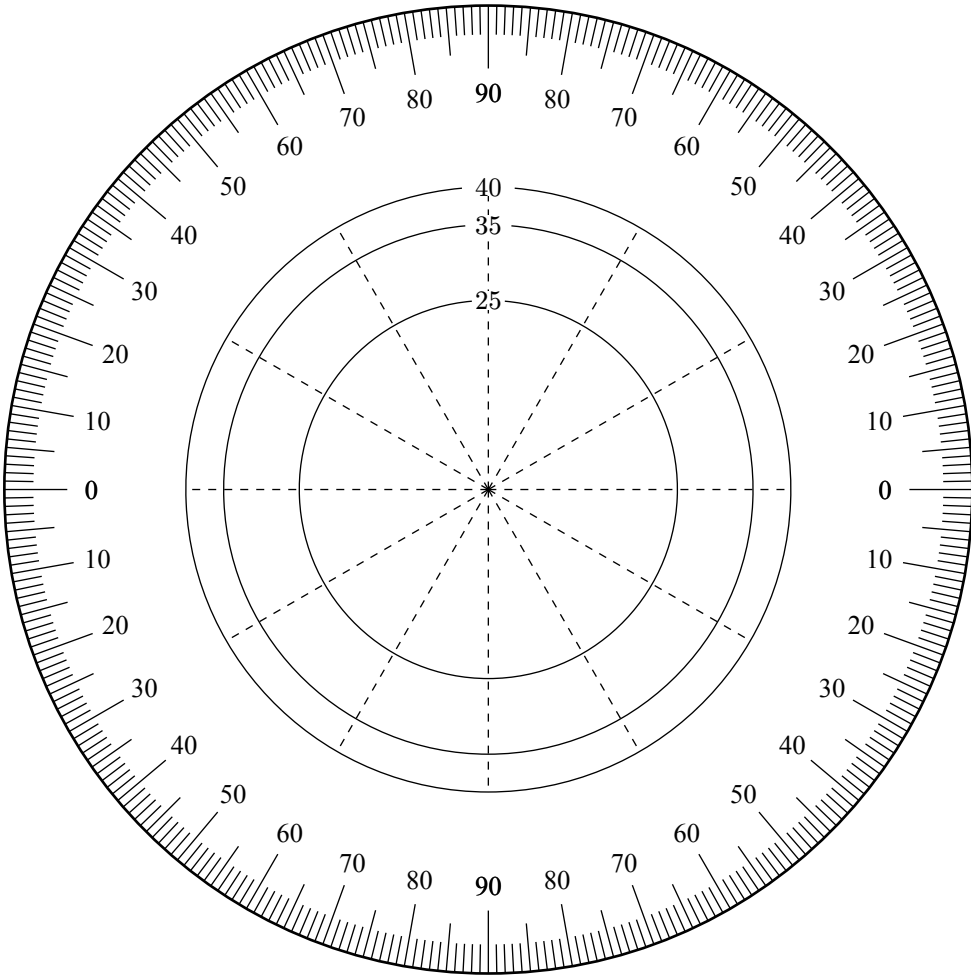
HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 2

ANEXO - ANÁLISE GRÁFICA

$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$m_3$ (g)
40	40	40



$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$m_3$ (g)
35	35	40



$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$m_3$ (g)
25	35	40

