



## TAREFAS

- Exame gráfico do equilíbrio de quaisquer três forças individuais.
- Exame analítico do equilíbrio em arranjo simétrico  $F_1$  e  $F_2$ .

## OBJETIVO

A pesquisa experimental de adição de vetores de forças

## RESUMO

Na mesa de forças, pode ser examinada a adição de vetores de forças de forma simples e compreensível. Para isto o ponto de começo de três forças individuais no equilíbrio de forças esta situado exatamente no meio. Determinam-se os valores das forças individuais a partir das massas penduradas e se faz a leitura da sua direção em forma de ângulo sobre a escala de ângulos. A interpretação dos resultados experimentais pode resultar de forma gráfica ou analítica.

## APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo N°
1	Mesa de forças	U52004

# 1

## FUNDAMENTOS GERAIS

Forças são vetores, ou seja, elas são somadas segundo as regras da adição de vetores. Para a adição, interpretada graficamente, se coloca o ponto do começo do segundo vetor ao ponto de termino do primeiro vetor. A seta do ponto de partida do primeiro vetor até o ponto terminal do segundo vetor representa o vetor resultante. Considerando os dois vetores como sendo os lados de um paralelogramo, o vetor resultante é a diagonal (ver Fig. 1).

Sobre a mesa de forças, pode ser examinada a soma de vetores de forças de forma simples e compreensível. Para isto, o ponto de começo de três forças individuais em equilíbrio de forças está situado exatamente no centro. Determinam-se os valores das forças individuais a partir das massas penduradas e se faz a leitura da sua direção em forma de ângulo sobre a escala de ângulos.

No equilíbrio de forças a soma das forças individuais é

$$(1) \quad F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

Portanto a força  $-F_3$  é a soma das forças individuais  $F_1$  e  $F_2$  (ver Fig. 2):

$$(2) \quad -F_3 = F = F_1 + F_2$$

Para a soma  $F$  de componentes vetoriais paralelos vale

$$(3) \quad -F_3 = F = F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2$$

E para a componente vertical a isso

$$(4) \quad 0 = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2$$

As eq. (3) e (4) descrevem a adição de vetores analiticamente. Para o exame experimental é conveniente colocar a força  $F_3$  sobre o ângulo 0.

Alternativamente à observação analítica pode-se examinar o equilíbrio de forças em forma gráfica. Para isso, se desenhm primeiro todas as três forças iniciais saindo a partir do ponto de começo central com a sua quantia e o seu ângulo. Seguidamente se deslocam paralelamente as forças  $F_2$  e  $F_3$ , até que o ponto inicial esteja situado no fim do vetor precedente. Como resultado se espera o vetor resultante 0 (ver Fig. 3). Isto vai ser repetido em experiência para quaisquer três forças individuais que mantenham o equilíbrio.

A observação analítica se limita na experiência no caso especial, em que ambas as forças  $F_1$  e  $F_2$  estão colocadas simetricamente para  $F_3$ .

## ANÁLISE

No caso simétrico ( $F_1 = F_2$  e  $\alpha_1 = -\alpha_2$ ) a equação (4) está realizada em forma trivial. Na eq. (3) é usado o gráfico 4 para a descrição dos dados de medição utilizados para a eq. determinada para a soma de forças.

$$F = 2 \cdot F_1 \cdot \cos \alpha_1$$

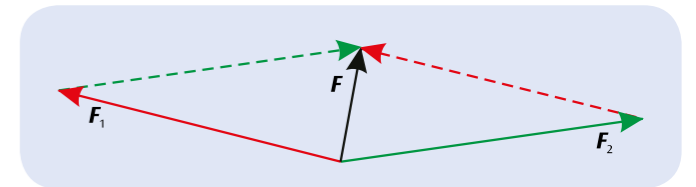


Fig. 1: Adição de vetores de forças (Paralelogramo de forças)

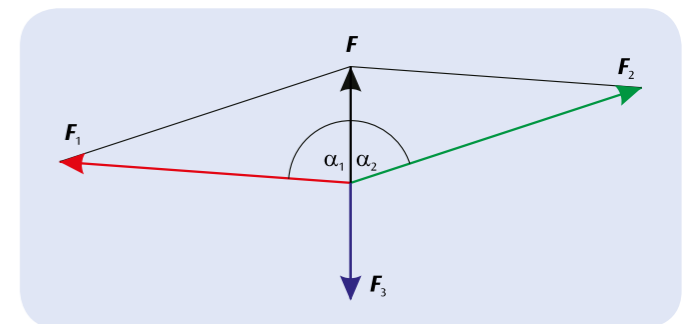


Fig. 2: Determinação da soma de vetores de duas forças  $F_1$  e  $F_2$  desde a força equilibrada  $F_3$

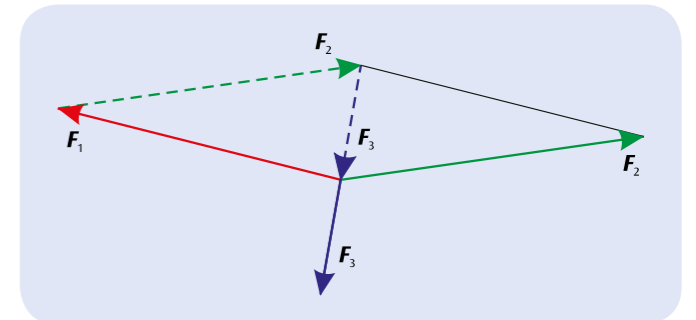


Fig. 3: Exame gráfico do equilíbrio de três forças individuais direcionadas à vontade

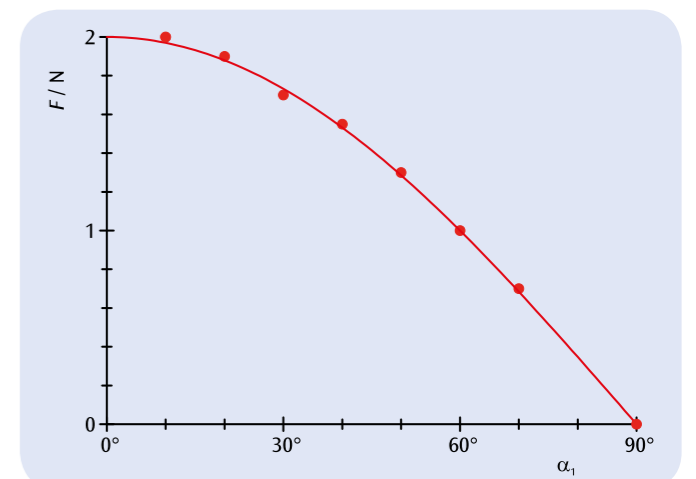


Fig. 4: A soma medida e calculada de duas forças simétricas em dependência do ângulo de abertura  $\alpha_1$