

Paralelogramo de Forças

A PESQUISA EXPERIMENTAL DE ADIÇÃO DE VETORES DE FORÇAS

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

UE1020300

05/15 JS

FUNDAMENTOS GERAIS

Forças são vetores, é dizer, elas são somadas segundo as regras da adição de vetores. Para a adição, interpretada graficamente, se coloca o ponto de 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 gráfico 1).

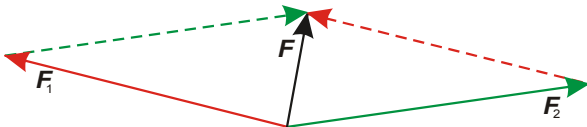


Fig. 1: Adição de vetores de forças (Paralelogramo de forças)

Sobre a mesa de forças pode ser examinada a soma de vetores de forças de forma simples e compreensiva. Para isto, o ponto de começo de três forças individuais em equilíbrio de forças esta 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

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

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

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

Para a soma F de componentes vetoriais paralelos vale

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

e para a componente vertical a isso

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

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

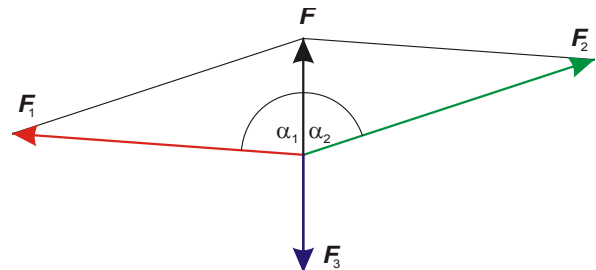


Fig. 2: Determinação da soma de vetores de duas forças F_1 e F_2 desde a força equilibrada F_3

Alternativamente a observação analítica pode-se examinar o equilíbrio de forças em forma gráfica. Para isto se desenham primeiro todas as três forças iniciais saindo a partir do ponto de começo central com a sua quantidade 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.

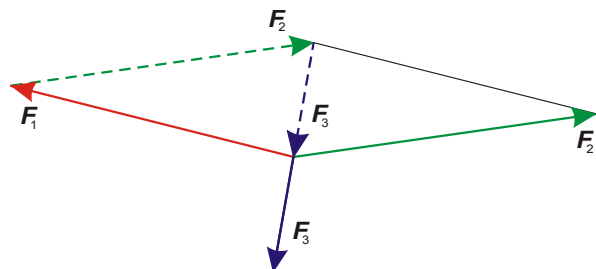


Fig. 3: Exame gráfico do equilíbrio de três forças individuais direcionadas à vontade

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 .

LISTA DE APARELHOS

- 1 Mesa de força 1000694 (U52004)

MONTAGEM



Fig. 4: Disposição da medição

- Montar a mesa de força numa superfície plana.
- Apertar firmemente as roldanas de desvio dos três braços de força em 60° , 180° e 300° .
- Enganchar os cordões mediante gancho de fixação no anel branco, alinhar-os sobre uma roldana de desvio e carregá-los com um conjunto completo de pesos de entalhe.
- Revisar se o anel branco está alinhado simetricamente com o centro da mesa.
- No caso, corrigir a orientação da mesa ou a direção dos cordões.

EXECUÇÃO

a) Orientação simétrica de F_1 e F_2 :

- Continuar a deixar o braço de força F_3 em 180° .
- Fixar os braços de força F_1 e F_2 em 10° e 350° (-10°) e carregar com 100 g.
- Escolher a carga do braço de força F_3 de maneira que o anel branco se encontre em posição de equilíbrio, e anotar o peso m_3 na tabela 1.
- Fixar os braços de força F_1 e F_2 em 20° e 340° (-20°) e através de escolha adequada do peso m_3 estabelecer de novo o equilíbrio.
- Mudar sucessivamente o ângulo $\alpha_1 = 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ$ e 90° , determinar cada vez o peso m_3 para a obtenção do equilíbrio e anotar na tabela 1.

b) Orientação geral dos braços de força:

- Fixar o braço de força F_1 em 340° e carregar-lo com 50 g.
- Fixar o braço de força F_1 em 80° e carregar-lo com 70 g.
- Orientar e carregar o braço de força F_3 de maneira que se estabeleça o equilíbrio de forças.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

a) Orientação simétrica de F_1 e F_2 :

Tab. 1: O peso m_3 necessário para o equilíbrio de forças e a força F_3 calculada a partir desse, em dependência do ângulo α_1 ($m_1 = m_2 = 100$ g, $F_1 = F_2 = 100$ g)

α_1	m_3 (g)	F_3 (N)
10°	200	2,00
20°	190	1,90
30°	170	1,70
40°	155	1,55
50°	130	1,30
60°	200	2,00
70°	70	0,70
90°	0	0,00

b) Orientação geral dos braços de força:

Tab. 2: O ângulo α_i dos braços de força, os pesos m_i engançados e as forças F_i calculadas a partir desses

α_1	m_1 (g)	F_1 (N)	α_2	m_2 (g)	F_2 (N)	α_3	m_3 (g)	F_3 (N)
350°	50	0,5	80°	70	0,7	221°	80	0,8

ANÁLISE

a) Orientação simétrica de F_1 e F_2 :

No caso simétrico ($F_1 = F_2$ e $\alpha_1 = -\alpha_2$) a equação (4) é realizada em forma trivial. Na equação (3) é usado o gráfico 5 para a descrição dos dados de medição utilizados para a equação determinada para a soma de forças.

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

Com essa equação de determinação foi calculada a curva desenhada na Fig. 5, que coincide com os dados de medição da Tab. 1.

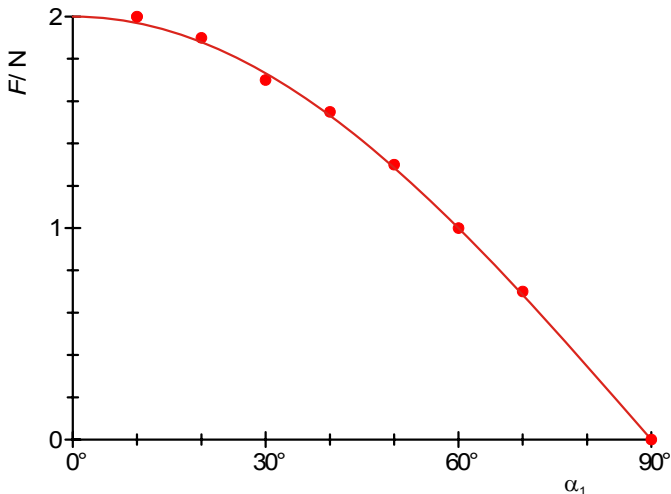


Fig. 5: A soma medida e calculada de duas forças simétricas em dependência do ângulo de abertura α_1 .

b) Orientação geral dos braços de força:

Para a avaliação gráfica dos dados de medição da Tab. 2 saindo a partir do ponto de começo central, primeiro foram desenhadas as três forças com as suas importâncias e ângulos. Seguidamente as forças F_2 e F_3 são deslocadas em paralelo, até que seus pontos de começo estejam colocados no final dos vetores precedentes.

O vetor resultante tem, no âmbito do rigor da medição o comprimento de 0.

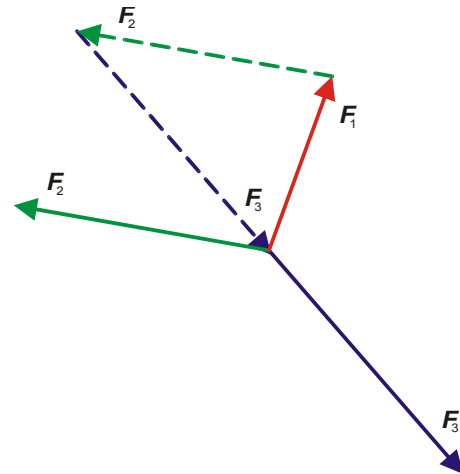


Fig. 6: A representação gráfica das forças para os dados de medição da Tab. 2 e da soma de todas as forças.