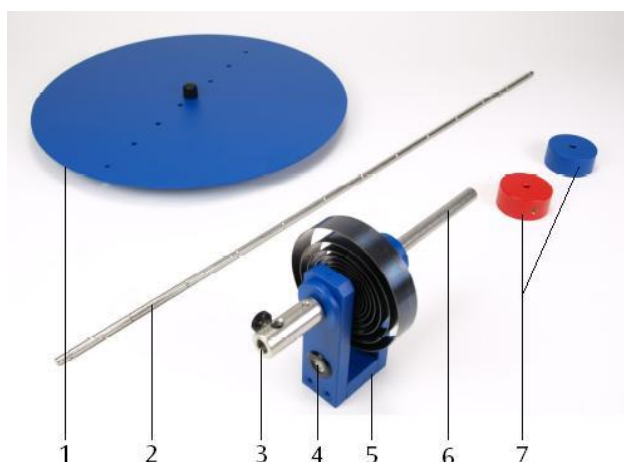


Eixo de torção 1008662

Manual de instruções

11/15 Alf



- 1 Disco circular
- 2 Barra transversal
- 3 Receptor para corpo de amostra
- 4 Nível de bolha
- 5 Garfo com mola espiral
- 6 Barra de suporte
- 7 Peças de peso

1. Indicações de segurança

Ao forçar a mola existe o perigo, que os corpos experimentais sejam lançados para longe, devido à alta força centrífuga.

- Não oscilar o corpo experimental mais do que máximo 360° (180° é recomendável).

2. Descrição

O eixo de torção com os seus elementos acessórios correspondentes servem para pesquisar oscilações rotativas e para a determinação dos momentos de inércia em vários tipos de corpos experimentais a partir da duração da oscilação.

O eixo de torção consiste em num eixo com duplo rolamento, o qual está associado a um garfo por uma mola espiral. Uma barra de suporte permite a instalação sobre um tripé ou fixação através de uma prensa de mesa. Um nível de bolha de ar montada sobre o garfo serve para o alinhamento horizontal do eixo de torção. Como corpos de amostra servem uma barra transversal com peças de peso deslocáveis e um disco circular com uma perfuração central e oito perfurações excêntricas para experiências para a determinação dos momentos de inércia em eixos de rotação excêntrica para a comprovação do teorema de Steiner.

3. Fornecimento

- 1 Eixo com garfo, mola espiral, barra de suporte e receptor para o corpo amostra
- 1 Barra transversal
- 2 Peças de peso
- 1 Disco circular

4. Dados técnicos

Momento de referência	
da mola:	0,028 Nm/rad
Altura do eixo de torção:	aprox. 200 mm
Barra transversal:	
Comprimento:	620 mm
Massa:	aprox. 135 g
Peças de peso:	260 g cada
Disco circular:	
Diâmetro:	320 mm
Massa:	aprox. 495 g
Orifícios:	9
Distancia da perfuração:	20 mm

5. Acessório

Conjunto de corpos de amostra para o eixo de torção 1008663

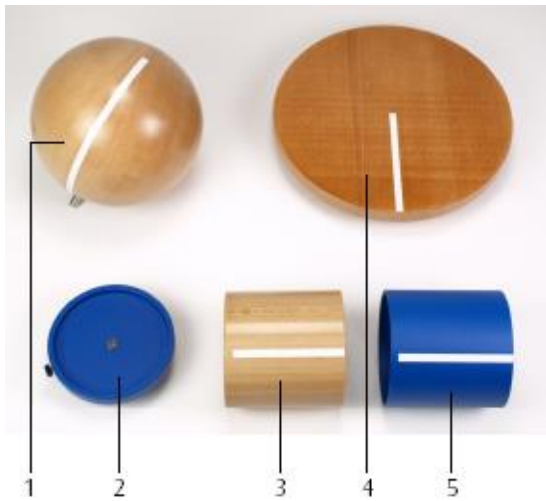


Fig. 1 Conjunto de corpos de amostra para o eixo de torção
1 Esfera de madeira, 2 Prato de recepção, 3 Cilindro maciço, 4 Disco de madeira, 5 Cilindro oco

O acessório para eixo de torção constando de dois cilindros com massa quase idêntica, porém com uma distribuição de massa diferente, um prato de recepção para os cilindros, um disco de madeira e uma esfera de madeira.

Cilindro oco (metal):

Diâmetro externo:	90 mm
Altura:	90 mm
Massa:	aprox. 425 g

Cilindro maciço (madeira):

Diâmetro:	90 mm
Altura:	90 mm
Massa:	aprox. 425 g

Prato de recepção:

Diâmetro:	100 mm
Massa:	aprox. 122 g

Disco de madeira:

Diâmetro:	220 mm
Altura:	15 mm
Massa:	aprox. 425 g
Momento de inércia:	0,51 kgm ²

Esfera de madeira:

Diâmetro:	146 mm
Massa:	aprox. 1190 g
Momento de inércia:	0,51 kgm ²

6. Princípio

Para determinar o momento de inércia de diferentes corpos de amostra, estes são instalados sobre um eixo equipado de rolamento desde o qual age uma mola espiral com uma constante de torção D , do período de oscilação T resulta o momento de inércia J .

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}} \quad J = \frac{D}{4\pi^2} \cdot T^2$$

Os valores experimentais obtidos confirmam os resultados que a teoria proporciona para um corpo de massa m , cujos elementos de massa Δm rotam a uma distância r_z num eixo fixo:

$$J = \sum_{z=1}^n \Delta m_z \cdot r_z^2 = \int r^2 dm$$

7. Indicações para o montagem

- Montar o eixo de torção no pé de apoio e alinhá-lo horizontalmente com ajuda do nível de bolha.
- Não mexer os parafusos que pressionam os descansos para as esferas contra a barra (os parafusos estão ajustados de modo que as massas possam ser deslocadas e de forma que possam resistir contra a força centrífuga).
- Sempre organizar a ordem de experiência de modo que a mola esteja comprimida e não seja torcida.
- No início do movimento oscilatório recomenda-se um deslocamento angular de no máximo 180° (máx. 360°).
- Determinar o período de oscilação resultado de várias medições, por exemplo, 5 oscilações, pelo cálculo do valor médio.
- Anotar o valor exato da constante de torção D , necessária para determinar o momento de inércia J a partir do período de oscilação T , no próprio eixo de torção ou no manual de instruções.

8. Exemplos de experiências

Para a execução das experiências são necessários os seguintes aparelhos adicionais

1 Conjunto de corpos de amostra para o eixo de torção	1008663
1 Pé de apoio, 3 pernas, 185 mm	1002836
1 Cronômetro digital	1002811
1 Dinamômetro de precisão 1 N	1003104

8.1 Determinação da constante de torção D

- Inserir a barra sem as massas no eixo de torção.

- Aplicar 1 N no dinamômetro à barra de forma que este aja verticalmente.
- Medir a força F a intervalos r de 10 cm, 15 cm e 20 cm a partir do meio da barra, os Momento de torção: $M = F \cdot r$

Constante de torção: $D = \frac{M}{\alpha}$

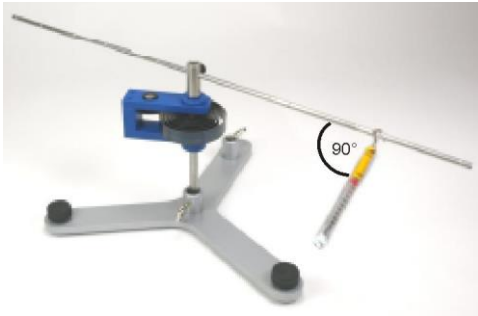


Fig. 2 Determinação da constante de torção

8.2 Dependência do momento J do intervalo r quando uma massa está em rotação num eixo fixo

- Inserir a barra sem as massas no eixo de rotação.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{barra})$.
- Colocar as massas ordenadas simetricamente a intervalos de $r = 5$ cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm e 25 cm desde o meio da barra.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{barra} + \text{massas})$.
- Determinar $J(\text{massas}) = J(\text{barra} + \text{massas}) - J(\text{barra})$.



Fig. 3 Dependência do momento J do intervalo r

8.3 Comparação dos momentos de inércia de cilindros de massas idênticas mas com distribuição de massa diferente

8.3.1 Disco de madeira (DM)

- Instalar o disco de Madeira (DM) no eixo de torção.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{DM})$.

quais são necessários para rotar a barra a $\alpha = 180^\circ$ e saia do seu estado de equilíbrio.



Fig. 4 Determinação do momento de inércia de um disco de madeira

8.3.2 Cilindro maciço (CM) e cilindro oco (CO)

- Colocar o prato de recepção (P) no eixo de rotação.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{P})$.
- Colocar o cilindro no prato de recepção.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{CM} + \text{P})$ e $J(\text{CO} + \text{P})$.
- Determinar os momentos de inércia $J(\text{CM}) = J(\text{CM} + \text{P}) - J(\text{P})$
 $J(\text{CO}) = J(\text{CO} + \text{P}) - J(\text{P})$
por equação diferencial.



Fig. 5 Comparação dos momentos de inércia de cilindros

8.4 Momento de inércia de uma esfera (E)

- Instalar a esfera (E) no eixo de torção.
- Determinar o momento de inércia $J(\text{E})$.

Da comparação da esfera com o disco de madeira (vide 8.3.1) resulta que ambos possuem o mesmo momento de inércia.

Esferas (E) e discos de madeira (DM) têm o mesmo momento de inércia quando o seguinte é válido para suas massas m e raios R :

$$m(\text{DM}) \cdot R(\text{DM})^2 = \frac{4}{5} m(\text{E}) \cdot R(\text{E})^2$$



Fig. 6 Determinação do momento de inércia de uma esfera

8.5 Dependência do momento de inércia J da distância a entre o eixo de rotação e o eixo de gravidade, confirmação do teorema de Steiner

- Colocar o disco circular no eixo de torção e ajustá-lo horizontalmente.
- Deixar rotar o disco circular em torno ao seu eixo de gravidade ($a = 0$).
- Determinar o momento de inércia J_0 .
- Determinar o momento de inércia J_a para a distância $a = 2$ cm, 4 cm, 6 cm.....16 cm entre o eixo de rotação e o eixo de gravidade.
- Ajustar o disco circular na horizontal após cada mudança.
- Estabelecer os quocientes $\frac{J_a - J_0}{a^2} = \text{const.}$

Com isto o teorema de Steiner $J_a = J_0 + ma^2$ está comprovado.



Fig. 7 Confirmação do teorema de Steiner