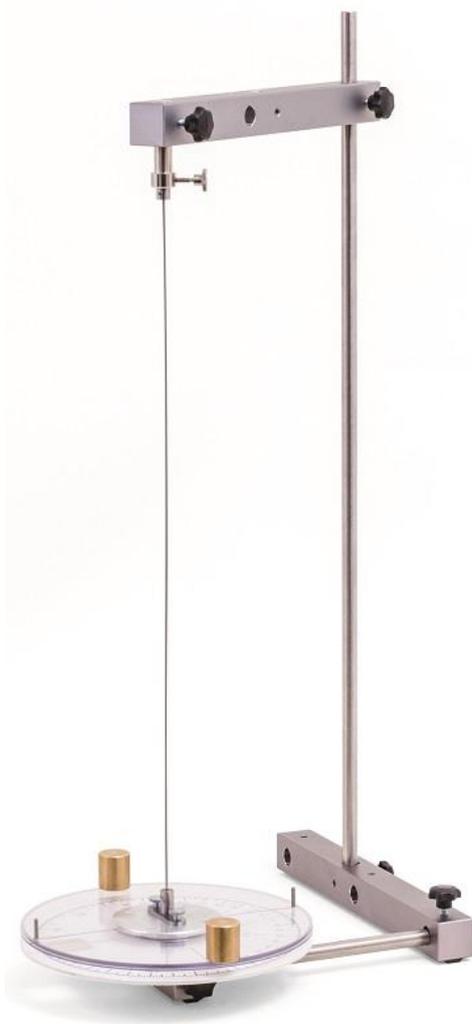


Torsiometro 1018550 Kit aggiuntivo per torsiometro 1018787

Istruzioni per l'uso

11/15 TL/UD



1. Descrizione

Il torsiometro serve per determinare la costante di collegamento angolare e il modulo di taglio di barre metalliche tonde a partire da misurazioni statiche dell'angolo e della forza di torsione nonché da misurazioni dinamiche del periodo di oscillazione del pendolo di torsione.

La forza di torsione viene trasmessa per mezzo di un disco del pendolo su un campione di materiale bloccato; l'angolo e la forza di torsione vengono misurati con il quadrante e un dinamometro a molla, mentre il periodo di oscillazione si misura utilizzando una fotocellula e un contatore digitale.

2. Fornitura

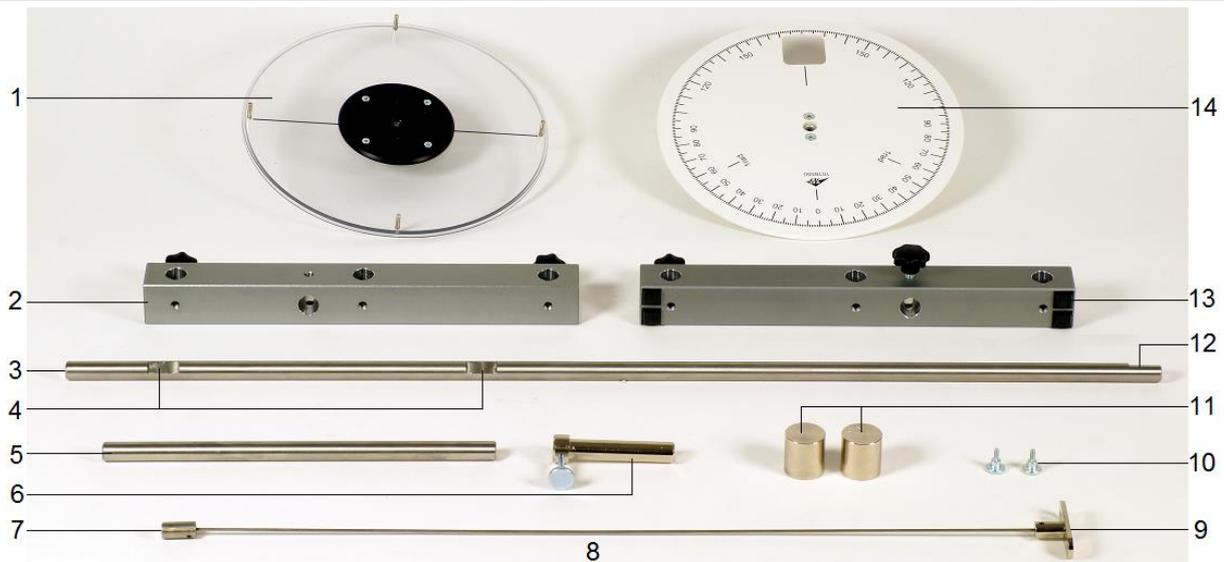


Fig. 1: Fornitura.

- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Disco del pendolo con 4 perni a inserto | 9 | Staffa di arresto per barra tonda |
| 2 | Traversa superiore | 10 | Vite di fissaggio per staffa di arresto |
| 3 | Asta verticale | 11 | Pesi a inserto |
| 4 | Tacche fresate per traversa superiore
(per barre tonde da L: 500 mm, 300 mm) | 12 | Tacca fresata per traversa inferiore |
| 5 | Asta trasversale | 13 | Traversa inferiore (con piedini in gomma) |
| 6 | Bussola di serraggio | 14 | Quadrante |
| 7 | Cilindro per bussola di serraggio | | Piastra di supporto per fotocellula 1000563 (non in
figura) |
| 8 | Barra tonda in acciaio (\varnothing : 2 mm, L: 500 mm) | | |

L'apparecchio è costituito da un disco del pendolo collegato a un'asta verticale per mezzo di un'asta trasversale e una traversa inferiore. Una traversa superiore funge, insieme alla bussola di serraggio, da sospensione del pendolo. L'asta verticale è dotata di tacche fresate intese come superfici di serraggio per le viti di arresto delle traverse. La traversa inferiore e superiore si posizionano così automaticamente in maniera corretta l'una rispetto all'altra. Il disco del pendolo è munito di quattro perni a inserto su cui è

possibile disporre simmetricamente a coppie i due pesi a inserto.

Il campione è una barra tonda in acciaio munita a un'estremità di una staffa di arresto per il fissaggio al disco del pendolo e, all'altra estremità, di un cilindro per il fissaggio nella bussola di serraggio. La staffa di arresto e il cilindro della bussola di serraggio sono fissati alla barra tonda ognuno con due viti ad esagono incassato.

3. Accessori consigliati

Kit aggiuntivo per torsionometro 1018787

Fornitura:

- 1 barra tonda in acciaio (\varnothing : 2 mm, L: 300 mm)
- 6 barre tonde in ottone / rame / alluminio (\varnothing : 2 mm, L: 300 / 500 mm)
- 2 barre tonde in alluminio (\varnothing : 3 / 4 mm, L: 500 mm)

4. Altri apparecchi necessari

- | | | |
|---|----------------------------------|---------|
| 1 | dinamometro di precisione, 2,5 N | 1003105 |
| 1 | dinamometro di precisione, 5 N | 1003106 |
| 1 | fotocellula | 1000563 |
| 1 | contatore digitale @230 V | 1001033 |
| | oppure | |
| 1 | contatore digitale (115 V) | 1001032 |

5. Dati tecnici

Torsiometro

Barra tonda	
Materiale:	acciaio
Lunghezza:	500 mm
Diametro:	2 mm
Peso a inserto	
Altezza:	27 mm
Diametro:	24 mm
Peso:	100 g
Dimensioni:	ca. 700x400x400 mm ³
Peso:	ca. 2,9 kg

Kit aggiuntivo

Materiale	Diametro	Lunghezze
Ottone	2 mm	300 / 500 mm
Rame		
Alluminio		
Alluminio	3 / 4 mm	500 mm



Fig. 3: Montaggio dell'asta verticale.

6. Messa in funzione



Fig. 2: Montaggio del quadrante e della traversa inferiore all'asta trasversale.



Fig. 4: Montaggio di traversa superiore (per barra tonda da L: 500 mm), bussola di serraggio e disco del pendolo.



Fig. 5: Avvitamento della barra tonda sul disco del pendolo con l'ausilio della staffa di arresto und inserimento della bussola di serraggio sull'apposito cilindro.

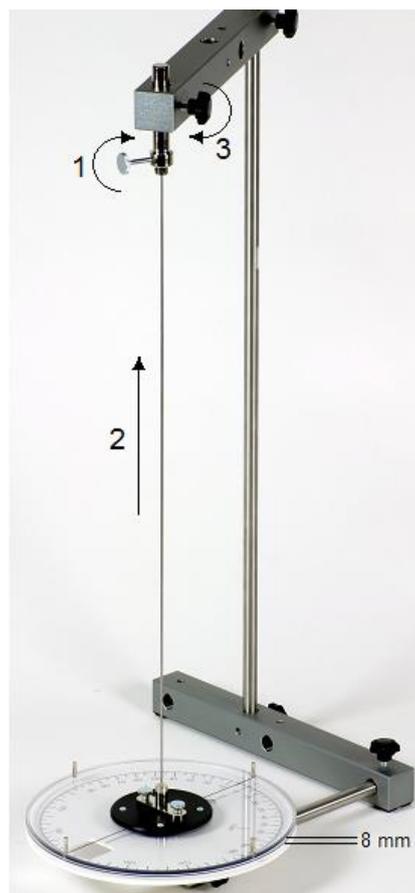


Fig. 6: Fissaggio della barra tonda nella bussola di serraggio e impostazione della distanza di lavoro (≈ 8 mm) fra disco del pendolo e quadrante.

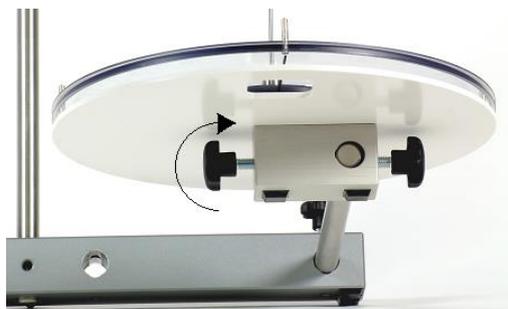


Fig. 7: Fissaggio del disco del pendolo.

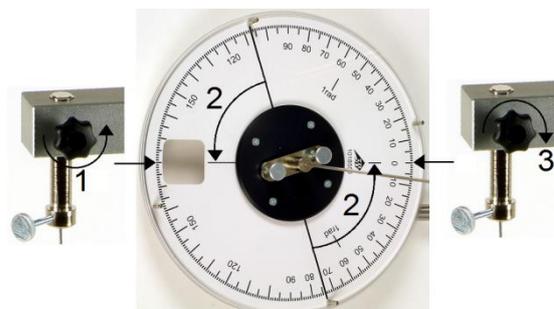


Fig. 8: Regolazione della posizione zero del disco del pendolo.

Sostituzione delle barre tonde

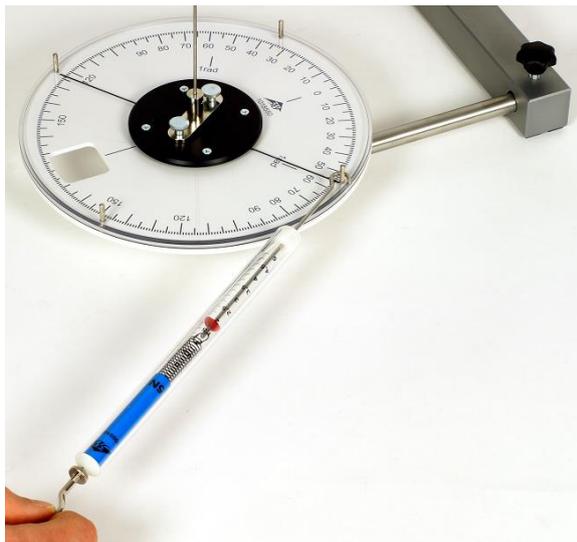
La procedura di smontaggio delle barre tonde sul torsionometro pronto all'uso avviene nella sequenza inversa rispetto a quanto illustrato nelle Figg. 6 e 5, il successivo montaggio segue esattamente l'ordine mostrato nelle Figg. 5 e Fig. 6. Non è necessario impostare ogni volta la distanza di lavoro settata (fase di lavoro 2 in Fig. 6) poiché, una volta fissato il disco del pendolo (Fig. 7), essa rimane invariata.

7. Uso

7.1 Misurazione statica

Nel caso della misurazione statica, un momento torcente agente in senso tangenziale viene trasmesso al disco del pendolo tramite il dinamometro a molla.

- Eseguire una regolazione del punto zero del dinamometro a molla da 5 N.
- Appendere il dinamometro a molla da 5 N nel perno a inserto del disco del pendolo situato presso il contrassegno 0° del quadrante.
- Tirare il dinamometro a molla fino a quando il contrassegno sul disco del pendolo coincide con il contrassegno "1 rad" sul quadrante (Fig. 9). Verificare che la forza esercitata attraverso il dinamometro a molla sul disco del pendolo agisca in senso tangenziale. Il contrassegno presente sul disco del pendolo e l'asse del dinamometro a molla devono formare un angolo di 90° .
- Leggere e annotare il valore della forza applicata sul dinamometro a molla.



Misurazione statica con un dinamometro a molla.

Note:

Controllare dopo ogni misurazione che il contrassegno sul disco del pendolo coincida sempre con il contrassegno 0° del quadrante. Se necessario, effettuare una nuova regolazione del disco del pendolo.

Se si utilizzano barre tonde del kit aggiuntivo, si consiglia di optare per una minore deviazione in base alla lunghezza e al diametro delle barre stesse.

7.2 Misurazione dinamica

- Avvitare la fotocellula 1000563 sull'apposita piastra di supporto. Posizionare la fotocellula montata sulla piastra di supporto sulla tacca fresata presente sul quadrante un po' più a destra o a sinistra rispetto al contrassegno sul disco del pendolo (Fig. 10).
- Collegare la fotocellula all'ingresso A del contatore digitale. Sul contatore digitale, impostare il selettore di modalità sul simbolo per la misurazione del periodo di un pendolo.
- Spostare il disco del pendolo senza pesi a inserto di modo che il contrassegno sul disco del pendolo coincida con il contrassegno "1 rad" del quadrante.
- Premere il pulsante "Start" sul contatore digitale e rilasciare il disco del pendolo. Leggere sul display del contatore digitale e annotare il primo valore registrato per il periodo T_0 .

Note:

Se si utilizzano barre tonde del kit aggiuntivo, si consiglia di optare per una minore deviazione in base alla lunghezza e al diametro delle barre stesse.

Le oscillazioni di torsione sono fortemente attenuate in funzione della lunghezza e del diametro delle barre tonde; ai fini dell'analisi è quindi consigliabile utilizzare come valore misurato rispettivamente il primo valore registrato e visualizzato dal contatore digitale.

- Collocare i pesi a inserto sui perni presenti presso il disco del pendolo che si trovano presso i contrassegni 90° del quadrante e ripetere la misurazione sopra descritta. Leggere sul display del contatore digitale e annotare il periodo T_{02m} del pendolo di torsione con i pesi applicati.



Fig. 10: Misurazione dinamica con fotocellula e contatore digitale.

8. Esempio di misurazione

Forza F esercitata dal dinamometro a molla per spostare il disco del pendolo di 1 rad: 2,05 N

Periodo T_0 del pendolo di torsione senza pesi applicati: 461 ms

Periodo T_{02m} del pendolo di torsione con pesi applicati: 767 ms

9. Analisi

9.1 Momenti d'inerzia dei pesi a inserto

Siccome i perni a inserto sono trascurabili, i pesi a inserto possono essere considerati con buona approssimazione come cilindri pieni. Il momento d'inerzia J di un cilindro pieno è dato da

$$(1) J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 .$$

m : massa del cilindro pieno

r : raggio del cilindro pieno

I momenti d'inerzia J_m dei pesi a inserto derivano dal teorema di Steiner, poiché essi oscillano a una distanza $R = 10$ cm intorno all'asse del pendolo:

$$(2) J_m = J + m \cdot R^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 + m \cdot R^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r^2 + 2 \cdot R^2) .$$

Il momento d'inerzia J_{2m} dei due pesi a inserto insieme è pari al doppio:

$$(3) J_{2m} = 2 \cdot J_m = m \cdot (r^2 + 2 \cdot R^2) = 100 \text{ g} \cdot ((12 \text{ mm})^2 + 2 \cdot (10 \text{ cm})^2) = 0,002 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

9.2 Misurazione statica

Il dinamometro a molla esercita alla distanza $R = 10$ cm dall'asse del pendolo una forza agente in senso tangenziale F generando così un momento torcente M :

$$(4) M = R \cdot F .$$

Il momento torcente M è direttamente proporzionale alla deviazione del pendolo di torsione intorno all'angolo φ . La costante di proporzionalità è la costante di collegamento angolare D :

$$(5) M = D \cdot \varphi .$$

Dalle equazioni (4) e (5) e dal valore derivante da 8 segue che:

$$(6) D = \frac{R \cdot F}{\varphi} = \frac{10 \text{ cm} \cdot 2,05 \text{ N}}{1 \text{ rad}} = 0,205 \text{ Nm} .$$

Il modulo di taglio G è una costante fisica che descrive dal punto di vista quantitativo la deformazione elastica lineare di un materiale ad opera di una forza di taglio o una tensione tangenziale. Per una barra tonda avente lunghezza L e diametro d è data dalla seguente formula:

$$(7) G = \frac{2 \cdot L \cdot D}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^4} .$$

Nel caso della barra tonda in acciaio si ha dunque:

$$(8) G = \frac{2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 0,205 \text{ Nm}}{\pi \cdot \left(\frac{2 \text{ mm}}{2}\right)^4} = 65,3 \text{ GPa} .$$

Il valore si trova nell'ordine di grandezza del valore previsto dalla letteratura (≈ 80 GPa in base al tipo di acciaio).

9.3 Misurazione dinamica

Il periodo T del pendolo di torsione è generalmente definito come segue:

$$(9) \quad T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{J}{D}} \Leftrightarrow D = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{J}{T^2}.$$

J : momento d'inerzia

D : costante di collegamento angolare

Non essendo noto il momento d'inerzia del disco del pendolo, la costante di collegamento angolare viene rilevata con la misurazione dei periodi T_0 e T_{02m} con e senza pesi a inserto (v. 7.2 e 8), noto il momento d'inerzia dei pesi stessi (v. 9.1). Dall'equazione (9) consegue che:

$$(10) \quad D = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{J_{2m}}{T_{02m}^2 - T_0^2}.$$

J_{2m} : momento d'inerzia dei pesi a inserto

T_{02m} : periodi con pesi applicati

T_0 : periodi senza pesi applicati

Inserendo nell'equazione (10) il momento d'inerzia dei pesi a inserti calcolato in 9.1 e i valori di misura di cui in 8 si ha:

$$(11) \quad D = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{0,002 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{(767 \text{ ms})^2 - (461 \text{ ms})^2} \\ = 0,210 \text{ Nm}$$

Il modulo di taglio si ricava dall'equazione (7):

$$(12) \quad G = \frac{2 \cdot 500 \text{ mm} \cdot 0,210 \text{ Nm}}{\pi \cdot \left(\frac{2 \text{ mm}}{2}\right)^4} = 66,8 \text{ GPa}.$$

Il valore si trova nell'ordine di grandezza del valore previsto dalla letteratura ($\approx 80 \text{ GPa}$ in base al tipo di acciaio).

I valori della costante di collegamento angolare D e del modulo di taglio G determinati durante la

misurazione statica e dinamica corrispondono al 2% circa.

10. Conservazione, pulizia, smaltimento

- Conservare l'apparecchio in un luogo pulito, asciutto e privo di polvere.
- Non impiegare detergenti o soluzioni aggressive per la pulizia del apparecchio.
- Per la pulizia utilizzare un panno morbido e umido.
- Smaltire l'imballo presso i centri di raccolta e riciclaggio locali.
- Non gettare l'apparecchio nei rifiuti domestici. Per lo smaltimento rispettare le disposizioni vigenti.

