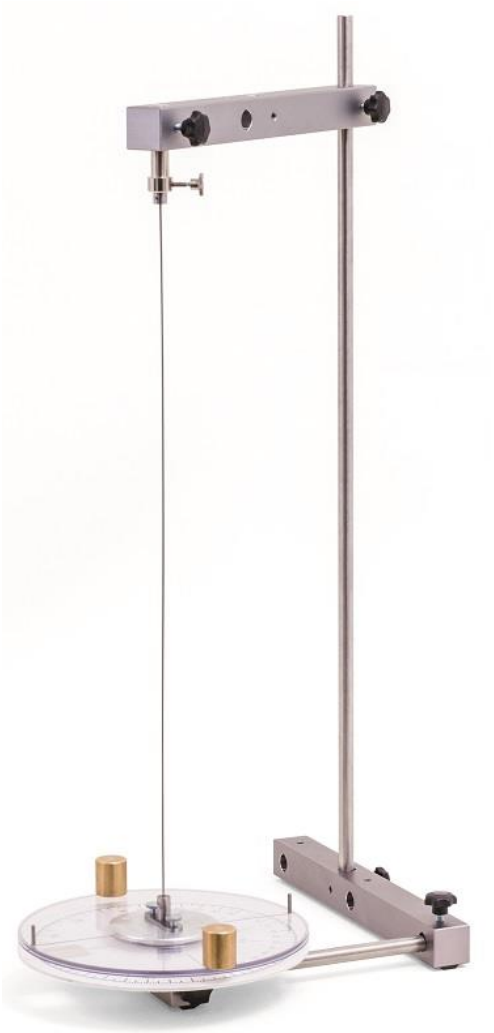
Appareil de torsion 1018550
Jeu d'extension à l'appareil de torsion 1018787

Instructions d'utilisation

11/15 TL/UD



1. Description

L'appareil de torsion détermine la référence angulaire et le module de cisaillement de baguettes rondes en métal à partir de mesures statiques de l'angle de torsion et de la force de torsion ainsi qu'à partir de mesures dynamiques de la durée d'oscillation du pendule de torsion.

La force de torsion est transmise par un balancier à l'échantillon, et l'angle et la force de torsion sont mesurés à l'aide du disque gradué et d'une balance dynamométrique, de même que la durée d'oscillation à l'aide d'une barrière lumineuse et d'un compteur numérique.

2. Fournitures

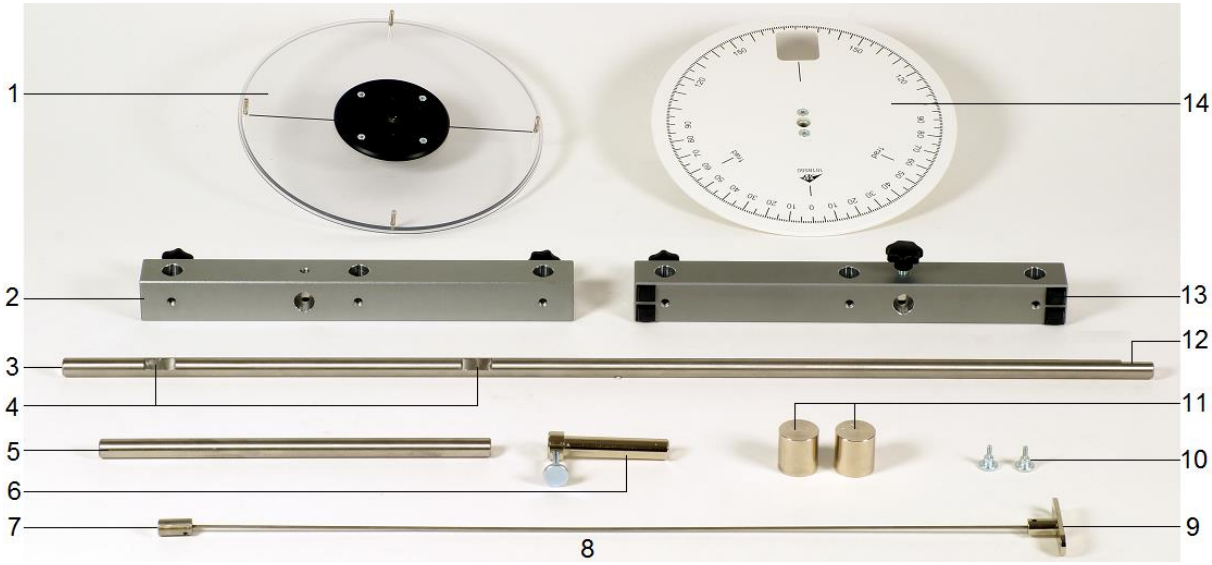


Fig. 1 : Fournitures.

1 Balancier avec 4 broches de fixation
2 Traverse supérieure
3 Barre verticale
4 Rainurages pour la traverse supérieure (pour baguettes rondes avec L : 500 mm, 300 mm)
5 Barre transversale
6 Douille de serrage
7 Cylindre à douille de serrage
8 Baguette ronde en acier (∅ : 2 mm, L : 500 mm)
9 Arceau de fixation pour baguette ronde
10 Vis de fixation pour arceau de fixation
11 Masses
12 Rainurage pour la traverse inférieure
13 Traverse inférieure (avec pieds en caoutchouc)
14 Disque gradué

Plaque de base pour barrière lumineuse 1000563 (non ill.)

L'appareil est constitué d'un disque gradué à pendule qui est relié à une barre verticale au moyen d'une barre transversale et d'une traverse inférieure. Combinée à une douille de serrage, une traverse supérieure permet de suspendre le pendule. La barre verticale présente des rainurages qui servent de surface de serrage aux vis de fixation des traverses. Les traverses supérieure et inférieure s'ajustent automatiquement dans la bonne position l'une par rapport à l'autre. Le balancier présente quatre broches de fixation qui permettent la pose symétrique deux par deux des deux masses.

L'échantillon est une baguette ronde en acier qui est dotée, sur une extrémité, d'un arceau de fixation permettant la fixation au balancier et, sur l'autre extrémité, d'un cylindre à douille de serrage permettant la fixation dans la douille de serrage. L'arceau de fixation et le cylindre à douille de serrage sont fixés chacun à la baguette ronde avec deux vis à six pans creux.

3. Compléments recommandés

Jeu d'extension à l'appareil de torsion 1018787

Matériel fourni :

1 baguette ronde en acier (∅ : 2 mm, L : 300 mm)
6 baguettes rondes en laiton / cuivre / aluminium (∅ : 2 mm, L : 300 / 500 mm)
2 baguettes rondes en aluminium

(∅ : 3 / 4 mm, L : 500 mm)

4. Complément nécessaire

1	dynamomètres de précision, 2 N	1003105
1	dynamomètres de précision, 5 N	1003106
1	barrière lumineuse	1000563
1	compteur numérique @230 V	1001033
ou		
1	compteur numérique @115 V	1001032

5. Caractéristiques techniques

Appareil de torsion

Baguette ronde

Matériau :	acier
Longueur :	500 mm
Diamètre :	2 mm

Masse

Hauteur :	27 mm
Diamètre :	24 mm
Masse :	100 g
Dimensions :	≈ 700x400x400 mm^3
Masse :	≈ 2,9 kg

Jeu d'extension

Matériau	Diamètre	Longueur
Laiton Cuivre Aluminium	2 mm	300 / 500 mm
Aluminium	3 / 4 mm	500 mm

Fig. 3 : Montage de la barre verticale.

6. Mise en service

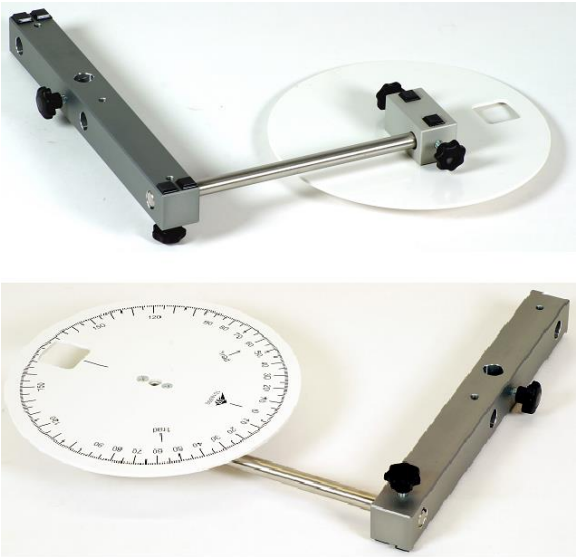


Fig. 2 : Montage du disque gradué et de la traverse inférieure sur la barre transversale.

Fig. 4 : Montage de la traverse supérieure (pour baguette ronde avec L : 500 mm), de la douille de serrage et du balancier.

Fig. 5 : Vissage de la baguette ronde sur le balancier à l'aide de l'arceau de fixation et enfilage de la douille de serrage sur le cylindre à douille de serrage.

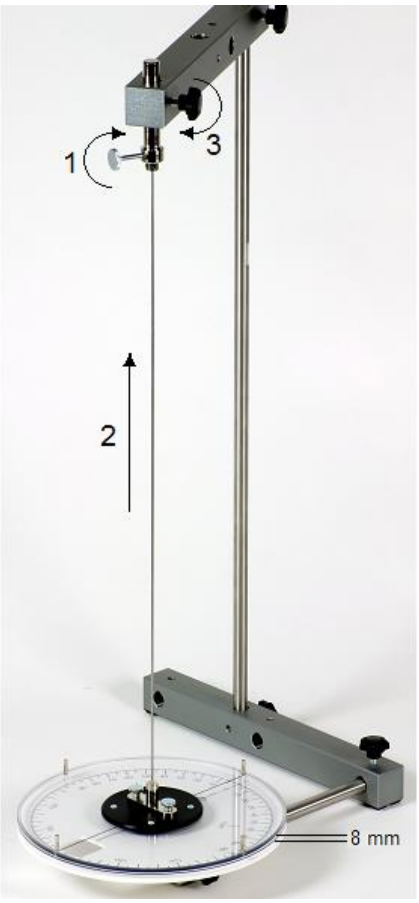


Fig. 6 : Fixation de la baguette ronde dans la douille de serrage et réglage de l'écart de travail (≈ 8 mm) entre le balancier et le disque gradué.

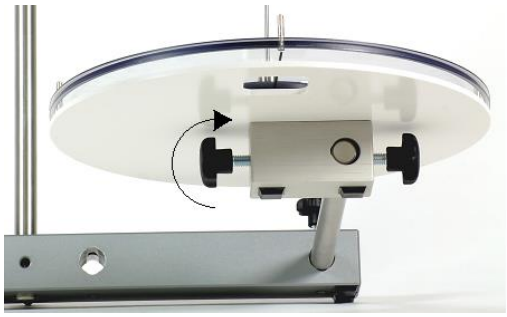


Fig. 7 : Fixation du balancier.

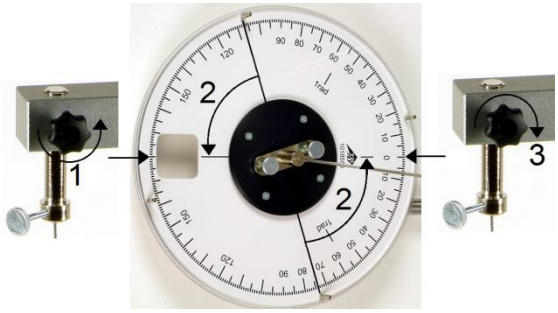


Fig. 8 : Ajustage de la position zéro du balancier.

Remplacement des baguettes rondes

Procéder au démontage des baguettes rondes de l'appareil de torsion en état de service dans l'ordre inverse de la procédure décrite dans les Fig. 6 et Fig. 5, le réassemblage s'effectuant précisément comme le montrent les Fig. 5 et Fig. 6. Il n'est pas nécessaire de régler à chaque fois l'écart de travail ajusté une fois pour toutes (étape 2 dans la Fig. 6), car il ne se modifie plus une fois que le balancier est fixé (Fig. 7).

7. Manipulation

7.1 Mesure statique

Au cours de la mesure statique, la balance dynamométrique permet de transmettre sur le balancier un couple tangentiel.

- Ajuster le point zéro de la balance dynamométrique 5 N.
- Accrocher la balance dynamométrique 5 N dans la broche de fixation du balancier se trouvant sur le repère 0° du disque gradué.
- Tirer sur la balance dynamométrique, jusqu'à ce que le repère sur le balancier coïncide avec le repère 1 rad du disque gradué (Fig. 9). Veiller à ce que la force exercée par la balance dynamométrique sur le balancier soit tangentielle. Le repère sur le balancier et l'axe de la balance dynamométrique doivent couvrir un angle de 90°.
- Sur la balance dynamométrique, lire la valeur pour la force appliquée, puis la noter.

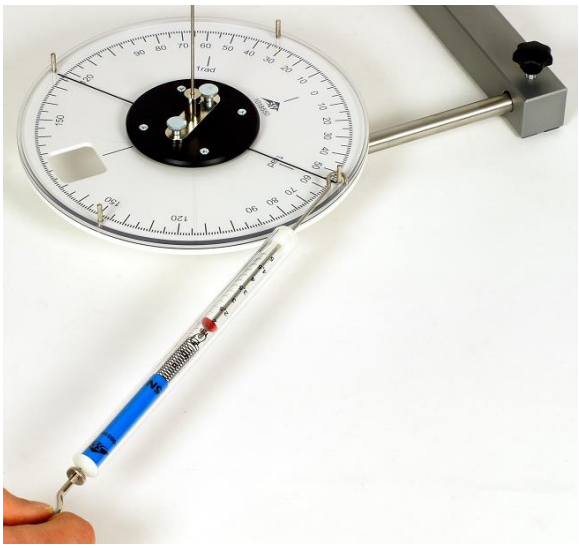


Fig. 9 : Mesure statique avec une balance dynamométrique.

Notes :

Après chaque mesure, vérifier que le repère sur le balancier coïncide encore avec le repère 0° du disque gradué. Le cas échéant, rajuster le balancier.

En cas d'utilisation de baguettes rondes provenant du jeu d'extension, il est recommandé, en fonction de leur longueur et de leur diamètre, de choisir une déviation plus petite.

7.2 Mesure dynamique

- Visser la barrière lumineuse 1000563 sur sa plaque de base. Placer la barrière lumineuse avec sa plaque de base au-dessus du rainurage du disque gradué légèrement à gauche ou à droite du repère sur le balancier (Fig. 10).
- Raccorder la barrière lumineuse à l'entrée A du compteur numérique. Sur le compteur numérique, régler le sélecteur pour le mode de service sur le symbole de mesure de la période d'un pendule.
- Dévier le balancier sans les masses, de sorte que le repère sur le balancier coïncide avec le repère 1 rad du disque gradué.
- Sur le compteur numérique, appuyer sur « Start » et relâcher le balancier. Lire la première valeur de mesure enregistrée pour la durée de période T_0 sur l'affichage du compteur numérique, puis la noter.

Notes :

En cas d'utilisation de baguettes rondes provenant du jeu d'extension, il est recommandé, en fonction de leur longueur et de leur diamètre, de choisir une déviation plus petite.

Suivant la longueur et le diamètre des baguettes rondes, les oscillations de torsion sont fortement amorties, de sorte qu'il est recommandé d'utiliser comme valeur de mesure pour l'évaluation la première valeur enregistrée et affichée par le compteur numérique.

- Placer les masses sur les broches de fixation du balancier se trouvant sur les repères 90° du disque gradué, puis répéter la mesure ci-dessus. Lire la durée de période T_{02m} du pendule de torsion (avec les masses) sur l'affichage du compteur numérique, puis la noter.

Fig. 10 : Mesure dynamique avec une barrière lumineuse et un compteur numérique.

8. Exemple de mesure

Force F exercée par la balance dynamométrique pour dévier le balancier de 1 rad :	2,05 N
Durée de période T_0 du pendule de torsion sans les masses :	461 ms
Durée de période T_{02m} du pendule de torsion avec les masses :	767 ms

9. Évaluation

9.1 Moments d'inertie des masses

Les masses peuvent être considérées dans une très bonne approximation comme cylindres pleins, car les perforations pour les broches de fixation sont négligeables. Le moment d'inertie J d'un cylindre plein est donné par

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

m : masse du cylindre plein
r : rayon du cylindre plein

Les moments d'inertie J_m des masses résultent du théorème de Steiner, car les masses oscillent dans un écart R = 10 cm autour de l'axe du pendule :

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

Le moment d'inertie J_{2m} des deux masses réunies est deux fois plus grand :

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

9.2 Mesure statique

Dans un écart R = 10 cm de l'axe du pendule, la balance dynamométrique exerce une force tangentielle F et génère ainsi un couple M :

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

Le couple M est directement proportionnel à la déviation du pendule de torsion selon l'angle φ. La constante de proportionnalité est la référence angulaire D :

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

Des équations (4) et (5) et de la valeur de mesure de 8, il résulte :

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

Le module de cisaillement G est une constante de matériau qui décrit de façon quantitative la déformation élastique et linéaire d'un matériau due à une force ou une tension de cisaillement. Pour une baguette ronde de longueur L et de diamètre d, il est donné de la manière suivante :

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

Pour la baguette ronde en acier, il en résulte :

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

La valeur se situe dans l'ordre de grandeur de la valeur théorique (≈ 80 GPa selon le type d'acier).

9.3 Mesure dynamique

La durée de période T du pendule de torsion est généralement fournie de la manière suivante :

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

J : moment d'inertie
D : référence angulaire

Comme le moment d'inertie du balancier est inconnu, la référence angulaire est déterminée à partir de la mesure des durées de période T_0 et T_{02m} sans et avec les masses (cf. 7.2 et 8), le moment d'inertie des masses étant connu (cf. 9.1). De l'équation (9), il résulte :

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

J_{2m} : moment d'inertie des masses
T_{02m} : durée de période avec masses
T_0 : durée de période sans masses

Avec le moment d'inertie calculé sous 9.1 des masses et les valeurs de mesure de 8, il en résulte l'équation (10) :

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

Le module de cisaillement résulte de l'équation (7) :

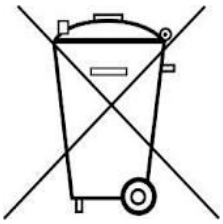
(12) $G = \frac{2 \cdot 500\,\text{mm} \cdot 0{,}210\,\text{Nm}}{\pi \cdot \left(\frac{2\,\text{mm}}{2}\right)^4} = 66{,}8\,\text{GPa}$.

La valeur se situe dans l'ordre de grandeur de la valeur théorique (≈ 80 GPa selon le type d'acier).

Les valeurs déterminées à partir des mesures statique et dynamique pour la référence angulaire D et le module de cisaillement G coïncident à ≈ 2 % près.

10. Conservation, nettoyage, élimination

- Ranger l'appareil dans un endroit propre, sec et à l'abri de la poussière.
- Pour le nettoyage, ne pas utiliser de nettoyants ni de solvants agressifs.
- Utiliser un chiffon doux et humide.
- L'emballage doit être déposé aux centres de recyclage locaux.
- Si l'appareil doit être jeté, ne pas le jeter dans les ordures ménagères. Il est important de respecter les consignes locales.



© Copyright 2015 3B Scientific GmbH