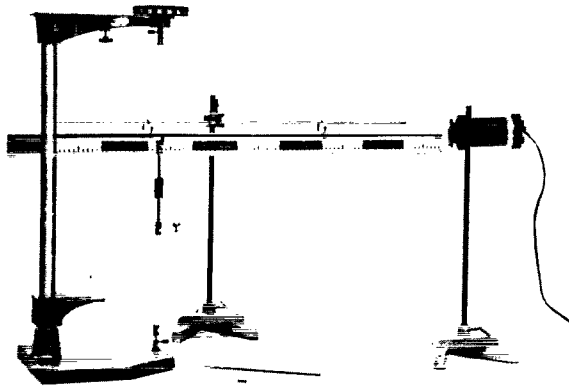


10/1987

Gebrauchsanweisung
Instruction Sheet
Mode d'emploi

516 01/04



Torsions-Drehwaage nach
Schürholz · Skala

Torsion balance, Schürholz
design · Scale

Balance de torsion · Echelle

Das Gerät ist zum Messen kleiner Kräfte und Drehmomente geeignet, wie sie beispielsweise bei der Messung des Magnetfeldes in verschiedenartigen stromdurchflossenen Spulen, beim Ausmessen der Magnetfelder von Permanentmagneten, bei der Messung der Kraft zwischen elektrisch geladenen Kugeln (Coulombsches Gesetz) oder auf eine elektrische Ladung im Feld eines Plattenkondensators sowie bei der Bestimmung der elektrischen Leistung mit einem Wattmeter auftreten.

This piece of apparatus is suitable for measuring small forces and torques such as occur, for example, when measuring the magnetic field in various types of current-carrying coils, exploring the magnetic fields of permanent magnets, measuring the force between electrically charged spheres (Coulomb's law of electrostatics) or upon an electric charge in the field of a parallel plate capacitor, and when determining the electric power with a wattmeter arrangement.

L'appareil convient pour mesurer de faibles forces et moments de couple du genre de ceux apparaissant par exemple dans le champ magnétique réanant dans les solénoïdes de divers types, dans les champs magnétiques engendrés par des aimants permanents, pour mesurer la force régnant entre des sphères électriquement chargées (loi de Coulomb) ou s'exerçant sur une charge électrique placée dans le champ d'un condensateur à plateaux, ainsi que pour déterminer la puissance électrique à l'aide d'un wattmètre.

1. Beschreibung

1. Die von Herrn Professor Schürholz entworfene **Drehwaage** (516 01) besteht aus einem stabilen Metallgestell, in das zwischen zwei Torsionsdrähten ein Drehkör-

1. Description

1. The **torsion balance** designed by Professor Schürholz (516 01) consists of a sturdy metal frame supporting between two torsion wires a holder into which various at-

1. Description

1. La **balance de torsion** (516 01) conçue par le prof. Schürholz est constituée par une potence en métal dressée sur une plaque-socle. Entre la tête de la potence

Anmerkungen

1. Die in Klammern gesetzten fünfstelligen Zahlen geben die Katalog-Nummern der betreffenden Geräte an.
2. Die Angaben: DK ... beziehen sich auf die Versuchsbeschreibungen in

LEYBOLD PHYSIKALISCHE HANDBLÄTTER.
Bisher sind erschienen:

	Kat.-Nr.
1. Folge (72 Blatt)	599 01
2. Folge (52 Blatt)	599 02
3. Folge (49 Blatt)	599 03
4. Folge (50 Blatt)	599 04

3. Die Angaben und Abbildungen sind für die Ausführung der Geräte nicht in allen Einzelheiten verbindlich. Wir sind bestrebt, unsere Fertigung stets den neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen anzupassen.

Notes

1. The five-digit numbers quoted in parentheses refer to the catalogue numbers of the respective apparatus.
2. The data DK ... refer to the experiment descriptions published as a collection of leaflets in the „LEYBOLD PHYSICS LEAFLETS“. Published to date:

	Cat. No.
1st series (72 sheets)	599 21
2nd series (52 sheets)	599 22
3rd series (49 sheets)	599 23
4th series (50 sheets)	599 24

3. The specifications and illustrations are not binding in every detail for the design of the apparatus. It is our policy always to keep our manufacturing programme right up to date so that it makes full allowance for the latest knowledge acquired in all scientific and technical fields.

Remarques

1. Les numéros à 5 chiffres entre parenthèses sont les numéros de catalogue des dits appareils.
2. Les lettres DK ... se rapportent aux descriptions des expériences publiées dans la collection «LEYBOLD FICHES D'EXPERIENCES». Paru jusqu'à présent:

	No de Cat.
1re série (72 fiches)	599 41
2e série (52 fiches)	599 42
3e série (49 fiches)	599 43

3. Les indications et reproductions sont données sans engagement de notre part, vu que nous nous efforçons de perfectionner nos appareils en faisant profiter notre production des plus récentes connaissances scientifiques et techniques.

per zur Befestigung verschiedener Apparateile eingespannt werden kann. Zur Beobachtung von Drehbewegungen ist am oberen Ende des Drehkörpers ein Hohlspiegel angebracht, mit dem ein Lichtzeiger auf einer Skala abgebildet werden kann. Die Torsion der Drähte läßt sich durch Verdrehen einer mit einer Skala versehenen Trommel am oberen Ende und durch Einstellen eines einfachen Klemmstückes am unteren Ende verstellen.

Die Drehwaage ist so gebaut, daß verschiedene Teile leicht auswechselbar sind.

Folgende Teile werden unter Kat.-Nr. 516 01 geliefert:

- a) 1 Gestell aus eisenfreiem Material, Stativplatte mit Stange von ca. 3 cm Durchmesser und oberer Platte mit Torsionskopf. Torsionskopf und Bodenplatte enthalten elektrisch isoliert je eine Klemmbuchse zum Einspannen von Torsionsdrähten. Der Torsionskopf ist halbseitig mit einer Skala versehen. Vor der Skala ist ein Zeiger als Nullmarke angebracht. Gesamthöhe des Gestells: ca. 72 cm.
- b) 1 Gehänge, bestehend aus Drehkörper mit 2 senkrecht zueinander stehenden Bohrungen zum Anbringen der Meßkörper, sowie mit Ansätzen für Dämpfungsfahne und Gegengewicht und mit aufsetzbarem Hohlspiegel, $10 \times 20 \text{ mm}^2$, $f = \text{ca. } 35 \text{ cm}$.
- c) 2 Paar Torsionsdrähte, ca. 20 cm lang
- d) 1 Dämpfungsbecher mit verschiebbarer Konsole
- e) 1 Dämpfungsfahne mit verschiebbarem Gegengewicht
- f) 1 Schwingstab, 24 cm lang, $6 \text{ mm } \phi$

tachments can be inserted. For observing the angular displacements, a concave mirror is provided at the upper end of the holder, which reflects a beam of light onto a distant scale. The twist of the wires can be varied by turning a graduated torsion head at the upper end and by adjusting a simple screw clamp at the lower end.

The torsion balance is so designed that individual parts are easy to replace.

The following parts are supplied under Cat. No. 516 01:

- a) 1 frame of nonferrous material, heavy base plate supporting a rod approx. 3 cm in diameter and carrying the upper plate with the torsion head. Torsion head and base plate are each provided with an electrically insulated terminal clamp for holding the torsion wires. One half of the circumference of the torsion head is graduated. In front of the graduation, a pointer is provided as zero mark. Overall height of frame: approx. 72 cm;
- b) 1 Sensitive system, consisting of a metal bar to be inserted lengthwise between two torsion wires. The bar has two transverse bores at right angles to one another, into which various attachments, to be used for the measurements, may be inserted; moreover, means for mounting the damping vane and counterweight are provided at its lower end, and a concave mirror, $10 \times 20 \text{ mm}^2$ in size, focal length approx. 35 cm, can be fitted on its upper end;
- c) 2 Pairs of torsion wires, approx. 20 cm long;
- d) 1 Damping vessel with adjustable support;
- e) 1 Damping vane with adjustable counterweight;
- f) 1 Bar for dynamic calibration, 24 cm long, dia. 6 mm;

et le plateau sont tendus deux fils métalliques portant un corps tournant servant à fixer divers accessoires et corps d'expérience. Pour observer les mouvements de rotation, la partie supérieure du corps tournant porte un miroir concave permettant d'obtenir un spot allant frapper une échelle graduée. On peut régler à volonté la torsion des fils à l'aide d'un tambour disposé sur la tête de la potence et d'une attache mobile agencée en bas sur la plaque-socle.

La balance est conçue de façon à pouvoir remplacer facilement tous ses éléments constitutants.

La livraison comprend sous le n° de cat. 516 01 les éléments suivants:

- a) 1 support en matériau non ferreux, constitué par une plaque-socle massive, sur laquelle est dressée une colonne de 3 cm ϕ formant, avec son bras horizontal supérieur, une potence, qui porte une tête de torsion. Tête de torsion et plaque-socle portent des bornes, électriquement isolées, pour fixer et tendre des fils métalliques de torsion. La tête de torsion avec tambour à graduation semi-circulaire. Devant l'échelle graduée du tambour est fixé un index pour indiquer le point zéro. La hauteur totale du système atteint environ 72 cm.
- b) 1 dispositif de suspension, constitué par le corps tournant, percé radialement de deux trous pour fixer les corps d'expérience, le frein amortisseur avec contrepoids et le miroir concave de $10 \times 20 \text{ mm}$ et f environ 35 cm.
- c) 2 paires de fils métalliques de torsion, d'environ 20 cm de long.
- d) 1 cuve pour le frein amortisseur avec console à hauteur réglable.
- e) 1 frein amortisseur avec contrepoids coulissant.
- f) 1 barreau oscillant, 24 cm de long, $6 \text{ mm } \phi$.

- g) 1 Eichstäbchen, 11 cm lang, mit Ringmarken zum Einhängen eines Eichgewichtes
- h) 1 Eichgewicht, 0,5 g
- i) 1 Stativstange, 30 cm lang
2. Die Skala (516 04) ist 1 m lang, hat eine farbige Zentimeterteilung und ist auf eine Metallschiene geklebt. Eine an der oberen Kante angebrachte Metallstange dient zum Einspannen in eine Leybold-Muffe, mit deren Hilfe die Skala seitlich und in der Höhe verstellt werden kann. Leybold-Muffe, Stativstange von 50 cm Länge und Stativfuß werden mitgeliefert.
- g) 1 Bar for static calibration, 11 cm long, with annular grooves from which calibrating weights may be suspended;
- h) 1 Calibrating weight, 0.5 g;
- i) 1 Stand rod, 30 cm long.
2. The scale (516 04) is 1 m long, has a coloured centimetre graduation, and is pasted on a metal rail. The metal rod provided parallel to the upper edge of the scale is inserted into a Leybold boss with the aid of which it can be conveniently displaced as desired in a vertical or horizontal direction. Leybold boss, 50 cm long stand rod and stand base are supplied with the scale.
- g) 1 barreau d'étalonnage de 11 cm de long, pourvu de traits de repère circulaires pour suspendre un poids d'étalonnage.
- h) 1 poids d'étalonnage de 0,5 g.
- i) 1 tige-support de 30 cm de long.
2. L'échelle à graduation centimétrique en couleur (516 04) de 1 m de long est collée sur un rail en métal. Elle est installée sur un dispositif-support, à l'aide d'une noix Leybold, par la tige en métal fixée sur son arête supérieure. Grâce à ce système de fixation, l'échelle peut être déplacée horizontalement et verticalement. La noix, la tige-support de 50 cm de long et le pied sont fournis avec l'échelle.

2. Inbetriebnahme

Die Drehwaage ist auf einen möglichst erschütterungsfreien Platz zu stellen. Ein fester Experimentier-tisch genügt meistens.

Der obere Torsionsdraht wird in den Torsionskopf eingehängt. Daran wird der Drehkörper mit dem Spiegel nach oben aufgehängt, an diesen unten der 2. Torsionsdraht und an dessen unterem Ende das abgeschraubte Klemmstück. Das Klemmstück kann nun wieder mit geringer Kraft in die Klemmbuchse eingesetzt und festgeschraubt werden.

Die Spannung des Torsionsdrahtes ist für die Richtkraft belanglos; sie soll so hoch sein, daß beim Anzupfen des gespannten Torsionsdrahtes ein hoher Ton entsteht. Dann ist ein Schlingern des Drehkörpers ausreichend vermieden.

Ist eine Dämpfung der Drehwaage nötig, so kann die mitgelieferte Dämpfungsfahne in den Drehkörper eingesteckt werden, die in den auf der verschiebbaren Konsole aufgestellten Dämpfungsbecher eintaucht. Der Dämpfungsbecher kann je nach der gewünschten Dämpfung mit destilliertem Wasser, dem ein Entspannungsmittel zugesetzt ist, oder mit Öl in verschiedener Höhe gefüllt werden.

Zum Ausgleich des Gewichtes der Dämpfungsfahne ist das zugehörige Gegengewicht an dem Drehkörper zu befestigen. Um den Schwerpunkt des Systems in die Achse der Waage zu bringen, wird die Fahne eingesetzt, die mitgelieferte Stativstange durch die obere Platte des Gestells gesteckt und die Waage auf die Seite gelegt, so daß sich die Torsionsdrähte in horizontaler Lage

2. Operation

The torsion balance should be set up in a place free from vibration; a solid laboratory bench will suffice as a rule.

The upper torsion wire should be hooked into the torsion head. From this the bar with the mirror towards the top is suspended, from the bar in turn the 2nd torsion wire, and from its lower end the unscrewed part of the screw clamp. Then this part is inserted again into the socket at the base, using little force, and screwed tight.

The tension of the torsion wires does not affect the restoring torque. It should be so adjusted that they give a high-pitched sound upon being plucked. The bar suspended between the torsion wires will not wobble then.

If damping of the torsion balance is required, the damping vane supplied with it can be inserted into the suspended bar and made to dip into the damping vessel arranged on the adjustable support. Depending upon the desired degree of damping, the vessel may be filled up to various levels with distilled water admixed with means to reduce surface tension or with oil.

In order to compensate for the weight of the damping vane, the appropriate counter-weight must be mounted on the bar. In order to make the centre of gravity of the system lie in the axis of the balance, the vane should be fitted, whilst the stand rod supplied with the balance should be inserted through the upper plate of the frame, and the balance should be laid on the side, so

2. Montage

Installer la balance sur un support aussi exempt que possible de vibrations. Une table d'expériences bien calée suffit le plus souvent.

Accrocher le fil de torsion supérieur à la tête de suspension. Monter alors le corps tournant avec le miroir fixé en haut. Attacher sous le corps tournant l'autre fil de torsion, dont l'extrémité inférieure est pourvue de l'attache qui peut alors être vissée facilement sur la plaque-socle.

La tension du fil n'a aucune influence sur la force directrice; il faut tout juste le tendre pour avoir un son aigu en le pinçant. Ainsi installé le corps tournant est pratiquement immobile.

Si la balance doit être amortie, on pourvoit le corps tournant de son frein. Celui-ci plonge dans la cuve placée sur la console à hauteur réglable, garnie en partie ou en totalité d'eau distillée mélangée à un produit pour basse tension superficielle, ou d'huile, selon l'amortissement désiré.

Pour compenser le poids du frein, on monte un contrepoids approprié. Pour amener le centre de gravité du système dans l'axe de la balance, on monte le frein, passe la tige-support fournie avec la balance dans la tête de la potence et couche la balance sur le côté, de sorte que les fils de torsion se trouvent en position horizontale. Dans cette position, la tige-support passée dans la

befinden. Dabei dient die oben eingesetzte Stativstange als Auflage. Das Gegengewicht wird nun so an der Dämpfungsfahne angebracht, daß deren Gewicht ausgeglichen ist.

Zur Lichtzeiger-Abbildung benutzt man zweckmäßigerweise die Lampe (450 60/450 51) mit Kondensator und Blendschieber (460 17). Man setzt die Lampe auf ein Stativ (300 02/42) mit Leybold-Muffe (301 01) in etwa 30—40 cm Entfernung vom Hohlspiegel und bildet mit diesem den Spalt oder einen über der großen Lochblende befestigten Draht auf einer Wand oder Skala (z. B. 516 04) ab. Zur bequemen Auswertung der Meßergebnisse ist es ratsam, den Abstand Spiegel — Wand in einer ganzen Zahl von Metern, z. B. 3 oder 4 m zu wählen.

3. Eichung

Die Eichung der Drehwaage ist notwendig, wenn die Meßergebnisse quantitativ ausgewertet werden sollen. Da sie leicht nach einer der beiden folgenden Methoden geschehen kann, ist sie zu empfehlen.

1. Dynamische Eichung

Man bestimmt aus der Schwingungsdauer T der Torsionsschwingung eines Körpers mit bekanntem Trägheitsmoment J die Direktionskraft D (Winkelrichtgröße), d. h. das für den Drehwinkel 1 rad ($= 57,30^\circ$) notwendige Drehmoment nach der Formel

$$T^2 = 4 \pi^2 J/D.$$

Man setzt dazu den mitgelieferten Schwingstab in den Drehkörper ein und beobachtet die Schwingungsdauer (ohne Dämpfungsfahne). Das Trägheitsmoment des Schwingstabes ist

$$J = \frac{ml^2}{12} (= 2,72 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2 = 2720 \text{ gcm}^2).$$

Die Schwingungsdauer ergab sich z. B. in einem Versuch zu $T = 6,08$ s. Daraus resultiert eine Winkelrichtgröße (Direktionskraft)

$$D = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

Das hierbei vernachlässigte Trägheitsmoment des Drehkörpers ist kleiner als 1 % des Trägheitsmo-

that the torsion wires are in a horizontal position. The stand rod fitted on top here serves as a support. The counter-weight should then be mounted on the damping vane in such a manner that its weight is compensated.

For lamp-and-scale reading it is advisable to use lamp house (450 60 and 450 51) and single-lens condenser with sliding aperture (460 17). The lamp should be mounted on a stand (300 02/42) using a Leybold boss (301 01) and set up approx. 30 to 40 cm away from the concave mirror, and the latter should be used to image the slit or a wire fastened across the large aperture on a wall or scale (e. g. 516 04). For convenient evaluation of the results it is advisable to select an integer number of metres (e. g. 3 or 4 m) for the distance between mirror and wall.

3. Calibration

For quantitative evaluation of the measurements the torsion balance must be calibrated. The calibration of the balance by one of the two methods described in the following is easy to perform and is, therefore, recommended.

1. Dynamic calibration

The period of oscillation T of the torsional oscillation of a body of known moment of inertia J is used to determine the restoring torque D , i. e. the torque required to produce an angular displacement of 1 rad ($= 57,30^\circ$) using the equation

$$T^2 = 4 \pi^2 J/D.$$

For this the bar for dynamic calibration supplied with the balance is inserted into the system and the period of oscillation (without damping vane) is measured. The moment of inertia of the bar is

$$J = \frac{ml^2}{12} (= 2,72 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2 = 2720 \text{ gcm}^2).$$

In a typical experiment, the period was $T = 6.08$ s; this gave for the restoring torque

$$D = 2.9 \times 10^{-4} \text{ Nm.}$$

Here, the moment of inertia of the system itself was neglected, it being less than 1 % of the moment

tête de la potence sert de point d'appui. Le contrepoids est maintenant glissé sur le frein amortisseur de façon à compenser le frein.

Pour le spot, nous recommandons d'employer la lampe (450 51) sous carter (450 60) avec condenseur à 1 lentille et diaphragme coulissant (460 17). A l'aide de noix Leybold (301 01), fixer la lampe sur un support (300 02/42) à environ 30 à 40 cm du miroir concave, qui sert à projeter sur un mur ou une règle graduée (par exemple 516 04) la fente ou l'ombre d'un fil métallique tendu devant un des trous du diaphragme coulissant. Pour faciliter les calculs, on fera bien d'adopter une distance de mètres entiers entre le miroir et le mur, par exemple 3 ou 4 mètres.

3. Etalonnage

L'étalonnage de la balance est indispensable si l'on veut faire des calculs sur la base des données expérimentales. Cet étalonnage peut être facilement fait à l'aide d'une des méthodes suivantes:

1. Etalonnage par voie dynamique

Suivant la durée d'oscillation T d'un corps dont on connaît le moment d'inertie J , on détermine la force directrice D (couple de rappel), c'est-à-dire le moment de nécessaire à l'angle de torsion 1 rad ($= 57,30^\circ$), d'après l'équation

$$T^2 = 4 \pi^2 J/D.$$

Pour ce faire, fixer la tige oscillante, fournie avec la balance, au corps tournant et observer la durée d'oscillation (sans frein amortisseur). Le moment d'inertie de la tige oscillante est

$$J = \frac{ml^2}{12} (= 2,72 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2 = 2720 \text{ gcm}^2).$$

Par exemple, au cours d'une expérience, on obtint une durée d'oscillation de $T = 6,08$ sec. On en déduisit un couple de rappel (force directrice) de:

$$D = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

Le moment d'inertie du corps tournant a été ici négligé dans ce calcul, parce qu'il est inférieur à 1%

menten des Schwingstabes; es kann also unberücksichtigt bleiben.

2. Statische Eichung

Wenn man bei der Eichung des Gerätes nicht die Schwingungsgleichung und die Berechnung des Trägheitsmomentes voraussetzen kann, so ist eine statische Eichung wie folgt möglich: Man legt die Waage auf die Seite. Die durch die obere Platte geschobene Stativstange dient dabei als Stütze. Nun setzt man das kleine Eichstäbchen in den Drehkörper ein und richtet es durch Drehen des Torsionskopfes waagrecht aus. Um diese Lage genau festzuhalten, bringt man eine einstellbare Marke (z. B. den Zeiger des Höhenmaßstabes 311 22) auf gleiche Höhe mit dem einen Ende des Eichstäbchens. In eine der beiden, 50 mm von der Achse entfernten, Ringmarken des Eichstäbchens wird das Eichgewicht mit 0,5 g Masse eingesetzt und das Eichstäbchen durch Drehen des Torsionskopfes wieder in die gleiche markierte Lage gebracht. Dann ist der eine Torsionsdraht verdrillt, der andere dagegen entspannt. Bei Wiederholung des Versuches nach Einlegen des Eichgewichtes in die andere Ringmarke findet man ebenfalls einen Wert für die Verdrehung des Torsionskopfes.

In einem durchgeführten Versuch betragen die beiden Torsionswinkel des Kopfes z. B. 101° und 97° . Zur Verdrillung beider Drähte um den mittleren Winkel von 97° wäre also eine Kraft von $9,81 \cdot 10^{-3}$ N in 50 mm Abstand und die Direktionskraft

$$D = \frac{9,81 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 57,3}{97} \\ = 2,90 \cdot 10^{-4} \text{ Nm nötig.}$$

Die Werte der Eichung nach der dynamischen und nach der statischen Methode stimmen in den angeführten Beispielen gut überein. Berücksichtigt man noch die Verdopplung des Ablenkungswinkels durch den Spiegel, so folgt für eine Verschiebung des Lichtzeigers um 1 cm auf einer 1 m entfernten Skala ein Drehmoment

$$D_1 = \frac{1}{2 \cdot 100} D.$$

Im vorliegenden Beispiel wird:

$$D_1 = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ Nm.}$$

of inertia of the bar for dynamic calibration inserted into it; therefore, it need not be considered.

2. Static calibration

If, for the calibration of the instrument, one cannot assume the equation of oscillation and the equation for calculating the moment of inertia, then a static calibration can be performed as follows: The balance is laid on one side. The stand rod slid through the upper plate here serves as a support. The small bar for static calibration is inserted into the system and adjusted horizontally by turning the torsion head. In order to fix this position accurately, an adjustable mark (e. g. the pointer of the cursor on vertical scale 311 22) should be brought to exactly level with the one end of the calibrating rod. Now the calibrating weight having a mass of 0.5 g should be inserted into one of the two annular grooves provided at a distance of 50 mm from the axis, and the rod should be returned into the previous, marked position by turning the torsion head. Then one of the torsion wires will be twisted, the other one not. The experiment should then be repeated, inserting the calibrating weight into the other annular groove, to find another value for the twist on the torsion head.

In a typical experiment, the two angular displacements of the torsion head were 101° and 97° , respectively. Thus, in order to twist both wires by a mean angle of 97° , a force of 9.81×10^{-3} N would be required to act at a distance of 50 mm from the axis, which gives for the restoring torque:

$$D = \frac{9.81 \times 10^{-3} \times 0.05 \times 57.3}{97} \\ = 2.90 \times 10^{-4} \text{ Nm.}$$

The values obtained by dynamic and by static calibration agree quite well in the above examples. On considering that the angular displacement is doubled by the mirror, it follows that a 1 cm displacement of the light mark on a scale 1 m away corresponds to a torque of

$$D_1 = \frac{1}{2 \times 100} D.$$

In the present example, we have

$$D_1 = 1.45 \times 10^{-6} \text{ Nm.}$$

du moment d'inertie de la tige oscillante.

2. Etalonnage par voie statique

Lorsqu'on ne connaît ni l'équation d'oscillation ni le calcul du moment d'inertie on peut étalonner la balance par voie statique, en opérant de la façon suivante:

On couche la balance sur le côté, en se servant à cette fin de la tige transversale installée dans la tête de la potence, de façon que la balance se trouve dans une position horizontale. Cela fait, on fixe la petite tige d'étalonnage sur le corps tournant et l'ajuste à l'horizontale en tournant la tête de torsion. Puis on place devant une des extrémités de la tige un repère réglable (par exemple l'index de la règle verticale 311 22), afin de déterminer exactement la position horizontale de la petite tige d'étalonnage. A 50 mm de l'axe — c'est-à-dire du fil de torsion — on place le poids de 0,5 gf dans une des marques circulaires de la tige et ramène la dite tige à la marque circulaire en tournant la tête de suspension. Au cours de cette manoeuvre, un des deux fils subit une torsion, tandis que l'autre reste détendu. En répétant l'expérience après avoir inséré le poids d'étalonnage dans l'autre marque circulaire de la tige, on trouve également une valeur pour la rotation de la tête de torsion.

Lors d'une expérience, les deux angles de torsion de la tête de torsion furent par exemple de 101° et 93° . La torsion des deux fils, autour de l'angle moyen de 97° , nécessiterait donc une force de $9,81 \cdot 10^{-3}$ N à 50 mm de distance et la force directrice

$$D = \frac{9,81 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 57,3}{97} \\ = 2,90 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

Dans les expériences décrites, les valeurs obtenues par l'étalonnage par voie dynamique concordent bien dans nos exemples avec celles de la méthode statique. En considérant que le miroir double l'angle de déviation, on trouve pour un déplacement du spot de 1 cm sur une échelle placée à 1 m un moment de couple

$$D_1 = \frac{1}{2 \cdot 100} D.$$

Dans l'exemple présent, cette valeur devient:

$$D_1 = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ Nm.}$$

Näheres über die Eichung findet man im Handblatt DK 531.781; a enthalten in 4. Folge (50 Blatt) Bestellnummer 599 04.

For more details concerning the calibration, see LEYBOLD Physics Leaflet DC 531.781; a contained in the 4th Series (50 Sheets), Order No. 599 24.

On trouvera de plus amples détails sur l'étalonnage sur la fiche d'expériences CD 531.781; a (fiche 50) de la 4e série, pouvant être commandée sous le n° 599 44.

4. Versuche

Messung des magnetischen Feldes von stromdurchflossenen Spulen (516 22) mit der Drehwaage als Magnetometer

Messung der magnetischen Felder kreisförmiger Leiter (516 23)

Messung der Magnetfelder von Permanentmagneten (516 21)

Messung der Coulombschen Kraft zwischen elektrisch geladenen Kugeln (516 20)

Messung der elektrischen Leistung mit der Drehwaage, der Wattmeterspule (516 30) und den Zylinder-spulen (516 22)

Messung der Kraft auf eine elektrische Ladung im homogenen Feld eines Plattenkondensators (544 22) mit dem elektrostatischen Löffel (aus 516 20)

4. Experiments

Measurement of the magnetic field of current-carrying coils (516 22) using the torsion balance as magnetometer

Measurement of the magnetic fields of circular conductors (516 23)

Measurement of the magnetic fields of permanent magnets (516 21)

Measurement of Coulomb's force between electrically charged spheres (516 20)

Measurement of the electrical output with the torsion balance, the wattmeter coil (516 30) and the solenoids (516 22)

Measurement of force exerted on an electric charge in the homogeneous electric field of a parallel plate capacitor (544 22) with the probe plate (from 516 20).

4. Expériences

Mesure du champ magnétique de solénoïdes (516 22) à l'aide de la balance de torsion servant de magnétomètre

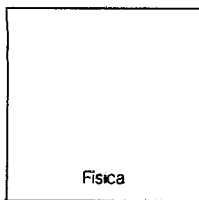
Mesure des champs magnétiques engendrés par des conducteurs circulaires (516 23)

Mesure des champs magnétiques engendrés par des aimants permanents (516 21)

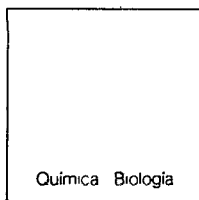
Mesure des forces régnant entre des sphères électriquement chargées (516 20) (loi de Coulomb).

Mesure de la puissance électrique avec la balance de torsion, la bobine d'induction (516 30) et les bobines cylindriques 516 22)

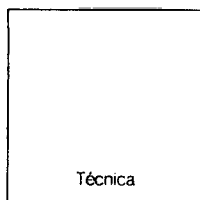
Mesure de la force exercée sur une charge électrique placée dans le champ homogène d'un condensateur à plateaux (544 22) à l'aide de la cuillère électrostatique (empruntée à 516 20).



Física



Química Biología



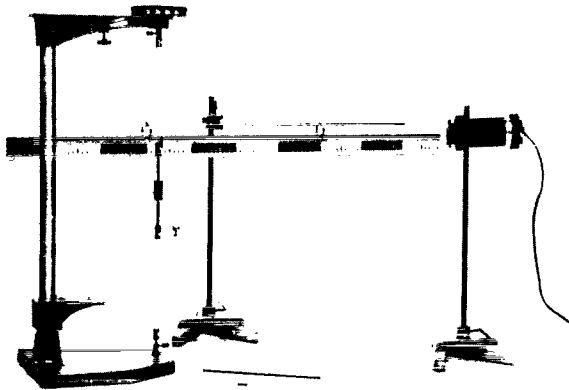
Técnica

LEYBOLD AG
Una Empresa de Degussa

10/1987

Instrucciones de Servicio

516 01/04



Balanza de torsión de Schürholz · Escala

El aparato sirve para medir fuerzas pequeñas y momentos de giro como los que se presentan por ejemplo en la medición del campo magnético de diferentes bobinas por las que pasa corriente eléctrica, en la medición de campos magnéticos de imanes permanentes, en la apreciación de la fuerza que existe entre dos esferas cargadas eléctricamente (ley de Coulomb) y en la medición de la carga eléctrica en el campo de un condensador de placas, así como también en la determinación de la potencia eléctrica por medio de un vatímetro.

1. Descripción

1. La **balanza de torsión (516 01)**, proyectada por el profesor Schürholz, está formada por un pedestal estable de metal ligero, en el cual, entre dos alambres de torsión se puede sujetar un rotoide en el que se pueden fijar los aparatos experimentales necesarios. En la parte superior del rotoide se encuentra un espejo cóncavo destinado a la observación de movimientos giratorios. Por medio de este espejo se puede proyectar una aguja luminosa sobre una escala graduada. La torsión de los alambres se puede variar girando un tambor con escala graduada situado en el extremo superior y ajustando una sencilla pieza de apriete, colocada en el extremo inferior.

La balanza de torsión se ha construido de tal forma que sea posible cambiar con facilidad sus diferentes elementos.

A la balanza de torsión 516 01 pertenecen los siguientes elementos:

- a) 1 pedestal de metal ligero, placa base con varilla de unos 3 cm de diámetro y placa superior con cabeza de torsión. La cabeza de torsión y la placa base disponen cada una de un manguito, eléctricamente aislados, para sujetar los alambres de torsión. La mitad de la cabeza de torsión lleva una escala, delante de la cual se encuentra una aguja puesta en la marca cero. Altura total del pedestal: aprox. 72 cm.
 - b) 1 dispositivo de suspensión, compuesto de un rotoide con 2 perforaciones perpendiculares entre sí para fijar los cuerpos a medir, con apéndices para la aleta de amortiguamiento y el contrapeso, y de un espejo cóncavo montable de $10 \times 20 \text{ mm}^2$, $f =$ aprox. 35 cm.
 - c) 2 pares de alambres de torsión, de 20 cm de longitud
 - d) 1 recipiente de amortiguamiento con repisa corrediza
 - e) 1 aleta de amortiguamiento con contrapeso corredizo
 - f) 1 barra oscilante, de 24 cm de longitud y ϕ mm ϕ
 - g) 1 varilla de contraste, de 11 cm de largo con marcas anulares para colgar la pesa de contraste
 - h) 1 pesa de contraste, de 0,5 g
 - i) 1 varilla de soporte, de 30 cm de longitud
2. La escala (516 04), de 1 m de longitud, posee una división centimétrica coloreada y está pegada sobre una regla metálica. La varilla metálica colocada en la arista superior sirve para sujetarla en una tuerca universal Leybold, con ayuda de la cual la escala puede desplazarse vertical y lateralmente. Están incluidos la tuerca universal Leybold, la varilla de soporte de 50 cm de longitud y el pie.

2. Puesta en funcionamiento

La balanza de torsión debe colocarse en un lugar, a ser posible, libre de sacudidas. En la mayoría de los casos basta con una mesa firme de experimentación.

El alambre de torsión superior se sujeta a la cabeza de torsión. En éste se cuelga el cuerpo giratorio con el espejo hacia arriba, y en el extremo inferior de dicho cuerpo, el segundo alambre de torsión, en cuyo extremo inferior se coloca la pieza de apriete destornillada. Esta pieza de apriete puede colocarse acto seguido con poca fuerza en el manguito, donde se atornilla.

La tensión del alambre de torsión no influye en la fuerza direccional; debe ser tan elevada que al pulsar el alambre con el dedo, emita un sonido alto. De este modo, se evita totalmente que el cuerpo giratorio se balancee.

Si es necesario amortiguar la balanza de torsión, se puede colocar en el rotoide una aleta de amortiguamiento, incluida en el equipo, la cual se sumerge en el recipiente de amortiguamiento

colocado en la repisa corrediza. El recipiente de amortiguamiento puede llenarse con agua o con aceite, a diferentes alturas, según el grado de amortiguamiento deseado.

Para equilibrar el peso de la aleta de amortiguamiento, hay que poner el contrapeso correspondiente en el cuerpo giratorio. Para lograr que el centro de gravedad del sistema se encuentre sobre el eje de la balanza, se sujeta la aleta, se introduce la varilla de soporte incluida a través de la placa superior del pedestal y se coloca la balanza en posición horizontal, de manera que también los alambres de torsión se encuentren horizontales, y la varilla introducida en la placa superior sirva de base. Acto seguido se coloca el contrapeso en la aleta de amortiguamiento, de tal forma que el peso de aquella esté compensado.

Para la proyección de la aguja luminosa, lo más conveniente es usar la lámpara Leybold (450 60 y 450 51) con la lente condensadora con diafragma (460 17). La lámpara se coloca sobre un pie (300 02/42) con tuercas universales Leybold (301 01) a una distancia de 30 a 40 cm del espejo cóncavo, y con éste, se proyecta sobre la pared o la escala graduada (por ej. 516 04), la rendija, o bien, un alambre colocado en un diafragma grande. A fin de poder calcular con comodidad los resultados de la medición, se aconseja que la distancia elegida entre la pared y el espejo sea un número exacto de metros, por ej. 3 ó 4 m.

3. Contraste

El contraste de la balanza de torsión es necesario si se desea evaluar cuantitativamente los resultados de la medida. Es recomendable efectuar el contraste ya que puede realizarse sencillamente según uno de los métodos siguientes.

1. Contraste dinámico

A partir del período de oscilación T de la vibración de torsión de un cuerpo de momento de inercia J conocido, determinamos la fuerza repositora D (coeficiente de torsión); es decir, el momento de giro necesario para el ángulo de giro de 1 rad ($= 57,30^\circ$), según la fórmula:

$$T^2 = 4 \pi^2 J/D.$$

Para ello, se introduce en el rotoide la varilla de oscilación suministrada y se observa el período de oscilación (sin aleta de

amortiguamiento). El momento de inercia de la varilla de oscilación es:

$$J = \frac{ml^2}{12} (= 2,72 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2 = 2720 \text{ gcm}^2).$$

El período de oscilación obtenido en una experiencia era por ej. igual a $T = 6,08$ seg. Resultó un valor aproximado del ángulo (fuerza repositora) de:

$$D = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

El momento de inercia del rotoide es inferior a 1 % del momento de inercia de la varilla de oscilación y por tanto puede despreciarse su valor.

2. Contraste estático

Si al realizar el contraste del aparato no podemos considerar la ecuación de oscilaciones ni el cálculo del momento de inercia, podrá realizarse un contraste estático de la forma siguiente:

Se coloca la balanza a un lado. La varilla de soporte que se introduce a través de la placa superior sirve como apoyo. A continuación se introduce en el rotoide la pequeña varilla de contraste y se equilibra verticalmente girando el cabezal de torsión. Para poder mantener esta posición con exactitud se coloca una marca ajustable (por ej. el índice de la regla graduada vertical 311 22) a la misma altura que un extremo de la varilla de contraste. En una de ambas señales de enrase, alejadas 50 mm del eje, de la varilla de contraste se coloca el peso de contraste con 0,5 g de masa y se sitúa la varilla de contraste por giro del cabezal de torsión en la misma posición marcada. El alambre de torsión estará retorcido y el otro estará rígido. Repitiendo la experiencia y colocando el peso de contraste en la otra señal de enrase se obtiene igualmente un valor para la torsión del cabezal de torsión.

En una experiencia realizada se obtuvieron unos ángulos de torsión para el cabezal de 101° y 93° , por ejemplo. Para la torsión de ambos alambres alrededor del ángulo medio de 97° sería necesaria una fuerza de $9,81 \cdot 10^{-3}$ N en 50 mm de distancia y la fuerza repositora necesaria sería:

$$D = \frac{9,81 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 57,3}{97} = 2,90 \cdot 10^{-4} \text{ Nm.}$$

Los valores del contraste según los métodos dinámicos y estáticos se corresponden perfectamente en los dos ejemplos mencionados. Si se considera todavía la duplicación del ángulo de desviación debido al espejo tendremos que

para un desplazamiento del índice luminoso en 1 cm sobre una escala de una distancia de 1 m, aparece un momento de giro de

$$D_1 = \frac{1}{2 \cdot 100} D.$$

En el ejemplo presente será

$$D_1 = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ Nm.}$$

Otros datos sobre el contraste se encuentran en las hojas de Física Leybold CD 531.781; a, cuarta serie (en alemán).

4. Experimentos

Medición de la intensidad del campo magnético de bobinas (516 22) por las que pasa corriente eléctrica, con la balanza de torsión actuando como magnetómetro

Medición de la intensidad del campo magnético de conductores circulares (516 23)

Medición de los campos magnéticos de imanes permanentes (516 21)

Medición de la fuerza (Coulombios) entre esferas electrizadas (516 20)

Medición de la potencia eléctrica con la balanza de torsión, la bobina para vatímetro (516 30) y las bobinas cilíndricas (516 22)

Medición de la fuerza ejercida sobre una carga eléctrica en un campo homogéneo de un condensador de placas planas (544 22) por medio de la cuchara electrostática (de 516 20).