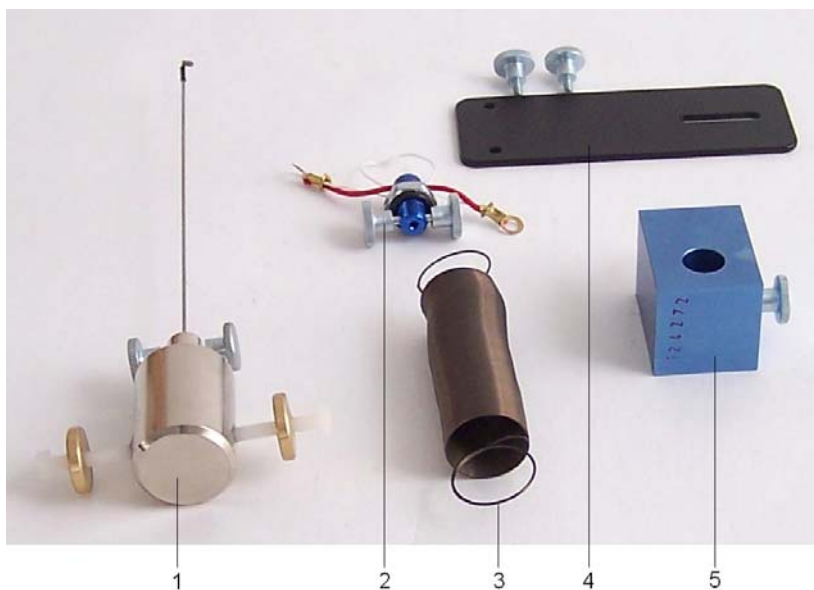


SW-Paket Wilberforce-Pendel 1012844

Bedienungsanleitung

09/13 TL/ALF



- 1 Rotationskörper mit Draht- haken
- 2 Federbaugruppe
- 3 Schraubenfeder
- 4 Vertikalblech mit Rändel- schrauben
- 5 Hakenkörper

1. Beschreibung

Das Ausstattungspaket SW-Paket Wilberforce-Pendel ermöglicht den Aufbau eines Wilberforce-Pendels im platzsparenden Tischexperiment.

Es besteht aus einer Schraubenfeder und einem justierbaren Rotationskörper zur Feinabstimmung des Trägheitsmomentes für die Untersuchung gekoppelter Translations- und Rotations-schwingungen im Wilberforce-Experiment.

Die Federbaugruppe erlaubt die Ankopplung des Pendels an die dynamischen Kraftsensoren aus dem SW-Paket Sensorik zur Aufzeichnung und Analyse beider Schwingungsarten mit einem Oszilloskop.

Der Drahthaken dient zur Stabilisierung der axialen Rotationsbewegung und gewährleistet eine schlupffreie Ankopplung des Rotationskörpers an die Feder.

2. Lieferumfang

- 1 Schraubenfeder
- 1 Rotationskörper
- 1 Drahthaken
- 1 Vertikalblech
- 1 Hakenkörper
- 1 Federbaugruppe

3. Technische Daten

Federkonstante Schraubenfeder:	5 N/cm
Masse Rotationskörper:	142 g

4. Funktionsprinzip

Das Wilberforce-Pendel demonstriert die Kopplung von Rotations- und Translationsschwingungen an einem abgestimmten Masse-Feder-System.

Die Ursache der Kopplung beider Schwingungen liegt in der Geometrie der Feder. Eine Bewegung in Längsrichtung bewirkt ein Verdrillen der Feder, was die Rotationsschwingung anregt. Die Rotation bewirkt entsprechend eine Dehnung oder Kontraktion der Feder, was wiederum zur Längsschwingung führt.

Bei der Auf- und Abwärtsbewegung haben Federkonstante und Masse des Rotationskörpers Einfluss auf die Pendelfrequenz, während die Torsionskonstante der Feder und das justierbare Trägheitsmoment des Rotationskörpers die Schwingungsdauer der Rotationsschwingung bestimmen.

Die Eigenfrequenz der Translationsschwingung ist mittels Gleichung 1 berechenbar:

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = Federkonstante
 m = Masse

Für die Eigenfrequenz der Rotationsschwingung gilt:

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = Torsionskonstante
 J = Trägheitsmoment des Rotationskörpers

5. Bedienung

5.1 Allgemeine Hinweise

Zur Durchführung der Experimente sind folgende zusätzlichen Geräte erforderlich:

1 SW-Paket Stativmaterial	1012849
1 SW-Paket Sensorik (@230V)	1012850
oder	
1 SW-Paket Sensorik (@115V)	1012851
1 USB Oszilloskop 2x 50 MHz	1017264
1 PC, Betriebssystem Win XP, Vista, Win 7	
oder	
1 Analog Oszilloskop 2x 30 MHz	1002727

Achtung! Die dynamischen Kraftsensoren dürfen nicht mechanisch überlastet werden!

- Den Krafthaken in axialer Richtung nicht mit mehr als 5 N und in Querrichtung nicht mit mehr als 1 N belasten.

- Besonders bei der Montage und beim Einhängen von Schlaufen oder Federn am Krafthaken auf die maximal zulässigen Kräfte achten.
- Auf festen Sitz der Stangen in der Bodenplatte sowie der Montageelemente des Stativsystems achten.

5.2 Aufbau des Wilberforce-Pendels

- Stativstangen mit Außen- und Innengewinde in die äußeren Gewindebuchsen der Grundplatte schrauben.
- Beide Stativstangen mittels Stativstangen mit Außengewinde verlängern.
- Beidseitig Doppelmuffen am oberen Ende montieren und nach innen ausrichten, so dass die Schlitze senkrecht gegenüber stehen.
- Rändelschrauben an der Federbaugruppe entfernen und Schraubenfeder einhaken. Schraubenfeder mittels der Mutter mit Gummiring von Hand gegen die Federöse verspannen (Öse darf in der Federbaugruppe kein Spiel haben).



Fig. 1 Federbaugruppe mit Schraubenfeder

- Hakenkörper auf Traverse auflegen und von der Unterseite her mittels der Rändelschraube montieren.
- Eine Öse der Federbaugruppe am Hakenkörper einhängen.
- Kraftsensor auf die Traverse legen und die zweite Öse in den Haken am Kraftsensor einhängen.
- Kraftsensor wie den Hakenkörper vorsichtig mittels der Rändelschraube auf der Traverse befestigen. Darauf achten, dass das rote Seil straff und gerade sitzt.

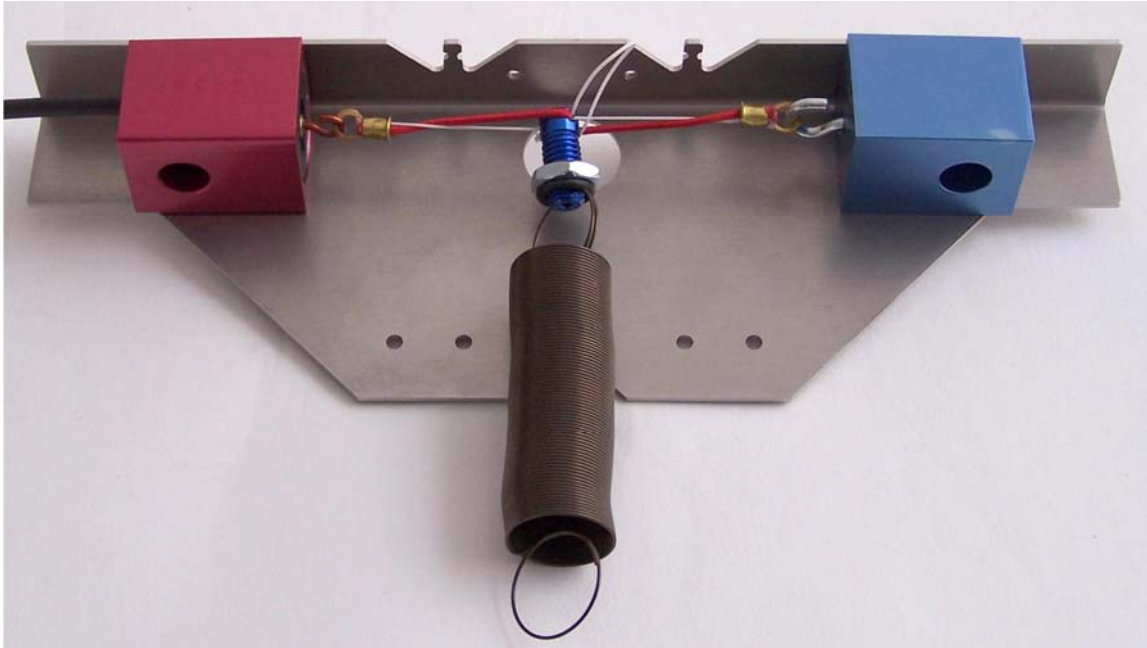


Fig. 2 Montage der Federbaugruppe

- Traverse in den Schlitzen der beiden Doppelmuffen einspannen.



Fig. 3 Montage der Traverse im Stativ

- Den zweiten Kraftsensor in der untersten Stellung am Vertikalblech anschrauben und an Traverse befestigen.

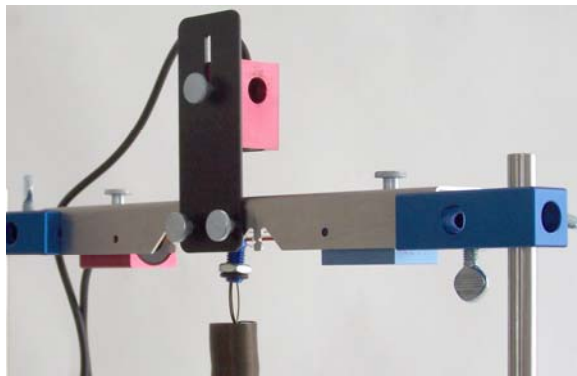


Fig. 4 Montage des Vertikalsensors

- Fadenschleife der Federbaugruppe in Haken des vertikalen Kraftsensors einhängen und bei gelockerter Rändelschraube Sensor soweit nach oben schieben, bis die Schleife leicht gestrafft ist (das rote Seil der Federbaugruppe muss dabei noch gerade zwischen den Haken verlaufen).

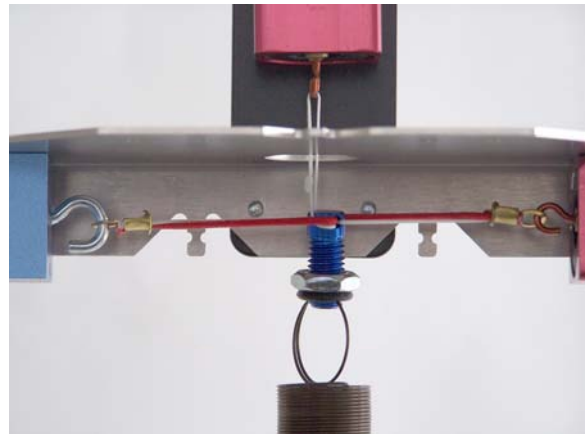


Fig. 5 Komplett montierte Baugruppe

- Rotationskörper mit Drahhaken an der unteren Öse der Feder einhängen.
- Kraftsensoren an die Eingänge der Kanäle A und B des Verstärkerboards MEC anschließen.
- Ausgänge mit Oszilloskop verbinden und Experiment starten.

Hinweise:

- Um eine möglichst störungsfreie Schwingung auszulösen, Rotationskörper senkrecht nach unten auf die Grundplatte ziehen und loslassen.

Die beiden Abstimmmassen am Rotationskörper (Rändelschrauben) müssen gleichmäßig weit eingeschraubt sein. Bei einem gut abgestimmten Pendel haben Rotations- und Translationschwingungen die gleiche Schwingungsdauer. Die Amplituden beider Schwingungsarten durchlaufen nacheinander den Amplitudenwert von Null.

6. Entsorgung

- Verpackung und Komponenten bei den örtlichen Recyclingstellen entsorgen.

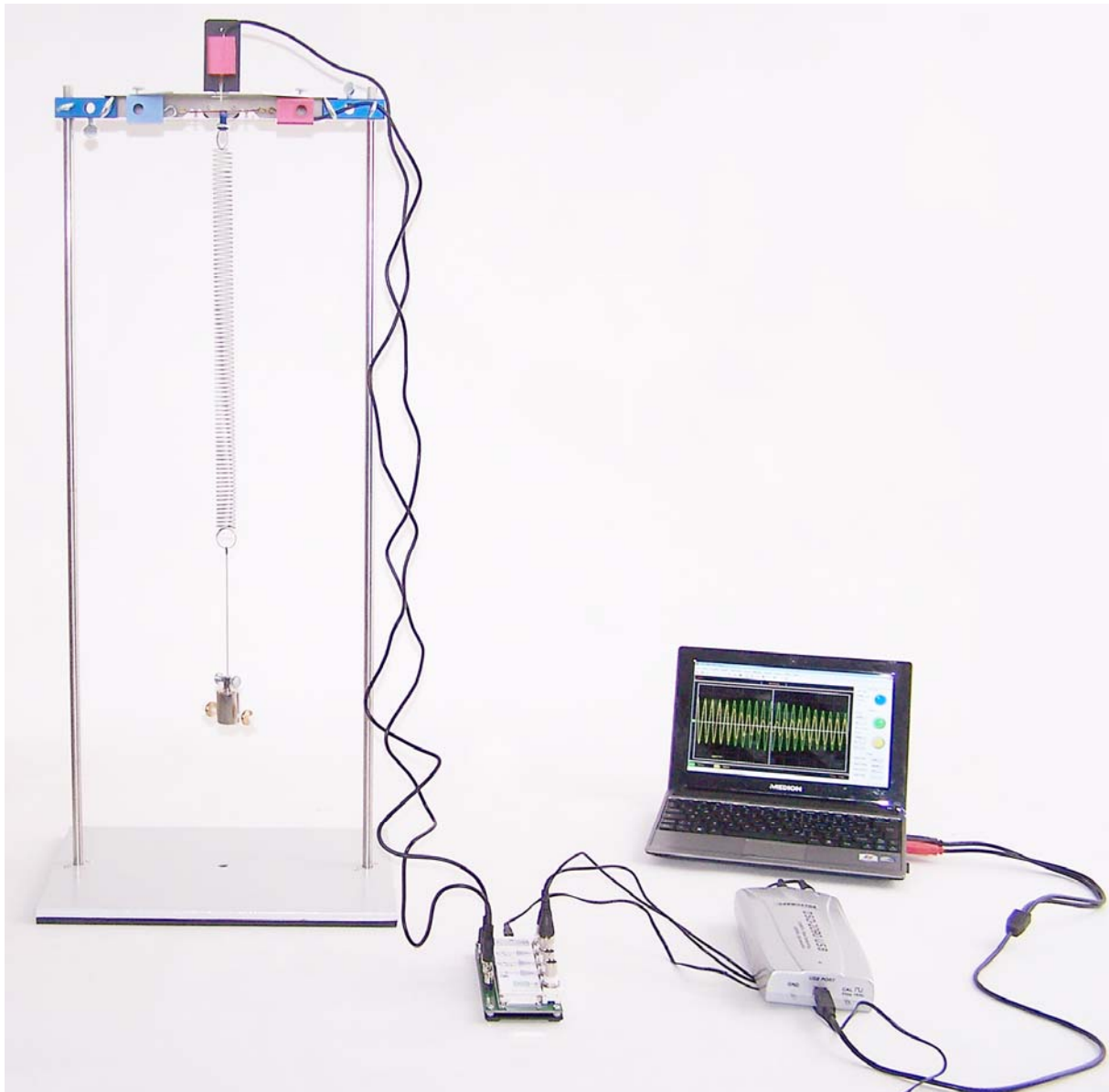
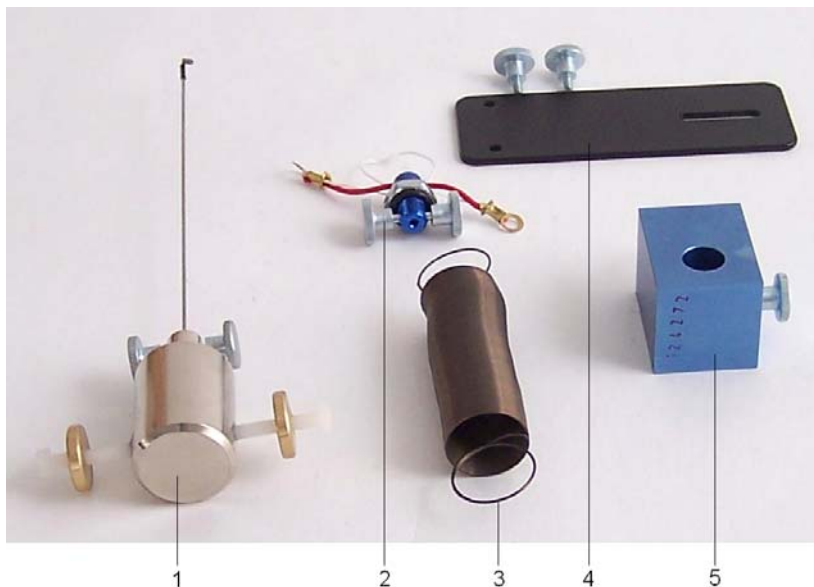


Fig. 6 Aufbau des Wilberforce-Pendels mit USB Oszilloskop

SW Set - Wilberforce Pendulum 1012844

Instruction manual

09/13 TL/ALF



- 1 Rotating body with wire hook
- 2 Spring module
- 3 Coil spring
- 4 Vertical plate and knurled screws
- 5 Body with hook

1. Description

The SW Wilberforce pendulum set has everything you need to build a Wilberforce pendulum in a space-saving table-top set-up.

It consists of a coil spring and an adjustable rotating body, allowing the moment of inertia to be fine-tuned in order to investigate coupled translation and rotation forces by means of the Wilberforce experiment.

A spring module makes it possible to connect the pendulum to the dynamic force sensors from the SW sensors set in order to record and analyse oscillations with two degrees of freedom by means of an oscilloscope.

The wire hook is designed to stabilise the axial rotation motion and guarantees non-slip coupling of the rotating body to the spring.

2. Contents

- 1 Coil spring
- 1 Rotating body
- 1 Wire hook
- 1 Vertical plate
- 1 Body with hook
- 1 Spring module

3. Technical data

Spring constant for coil spring:	5 N/cm
Mass of rotating body:	142 g

4. Functioning principle

The Wilberforce pendulum demonstrates coupling between translation and rotation oscillations in a calibrated mass-spring system.

The cause of the coupling between the two oscillations lies in the geometry of the spring. A motion along the length of the spring causes the wire of the coil to twist, which initiates rotary oscillation. The rotation similarly gives rise to extension or contraction of the spring, leading to further oscillation along its length.

For the up and down motion, the frequency of the pendulum is influenced by both the spring constant and the mass of the rotating body. The period and motion of the rotary oscillation are determined by the torsional constant of the spring and the adjustable moment of inertia of the rotating body.

The resonant frequency of the translation oscillation can be calculated using Equation 1:

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = Spring constant

m = Mass

The resonant frequency of the rotary motion is determined as follows:

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = Torsion constant

J = Moment of inertia of rotating body

5. Operation

5.1 General information

The following additional equipment is necessary in order to carry out the experiments:

1 SW stand equipment set	1012849
1 SW sensors set (@230V)	1012850
or	
1 SW sensors set (@115V)	1012851
1 USB oscilloscope 2x 50 MHz	1017264
1 PC, operating system Win XP, Vista, Win 7	
or	
1 Analogue oscilloscope 2x 30 MHz	1002727

Caution: Dynamic force sensors must not be subjected to mechanical overloading!

- Neither dynamometer hook may be loaded with more than 5N in the axial direction and 1 N in transverse direction.
- Be especially careful with the maximum loading force when assembling the system

or suspending loops or springs from the hook.

- Make sure stand rods are firmly fitted into the base and that all other mounting elements are also firmly fitted to the stands.

5.2 Set-up for Wilberforce pendulum

- Screw the stand rods with both external and internal threads into the outer threaded sockets of the base plate.
- Extend both rods by screwing rods with external thread only onto the ends of them.
- Attach double clamps near the top of both stand rods and turn them to point inwards so that the slots are vertical and facing one another.
- Remove the knurled screws from the spring module and hook the spring onto the mount. Tighten the nut with the rubber ring by hand against the spring eyelet (the eyelet must not have any play in the spring module).



Fig. 1 Spring module with coil spring

- Lay the body with hook on the cross bar and loosely attach it from underneath with the knurled screw.
- Hook one of the eyelets of the spring module onto the body with hook.
- Put the dynamometer on the cross bar and attach the second eyelet of the module to the hook on the dynamometer.
- Carefully attach the dynamometer to the cross bar with the knurled screw in the same way as the body with hook. Make sure that the red band is taut and straight.

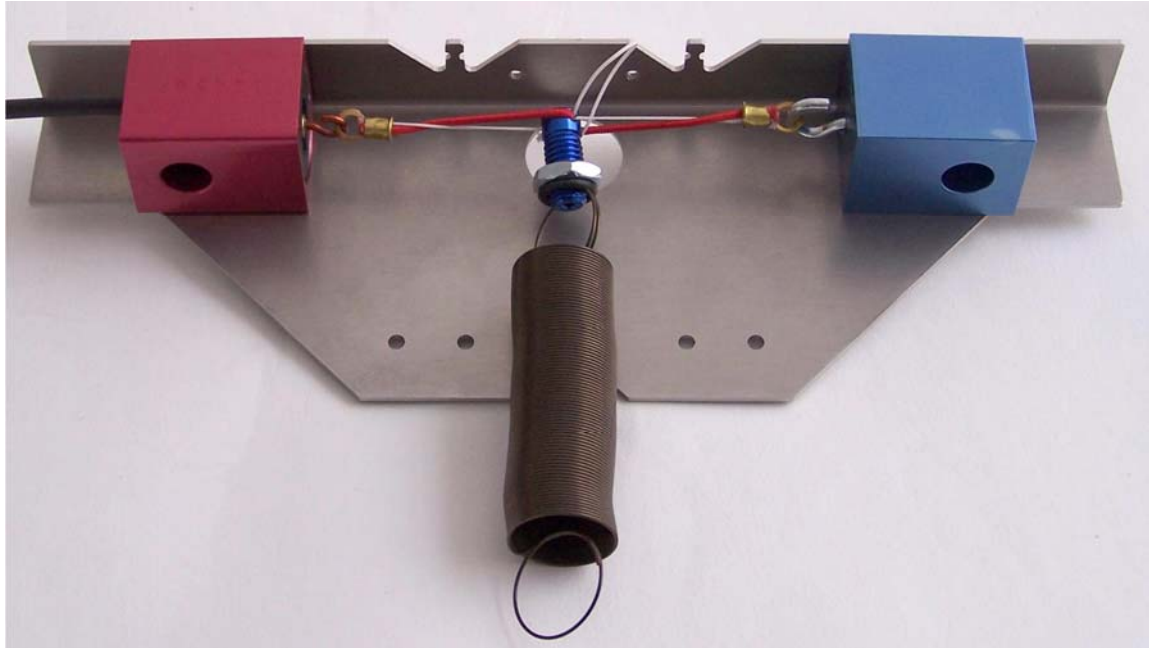


Fig. 2 Assembly of spring module

- Attach the cross bar into the slots of the two clamps.

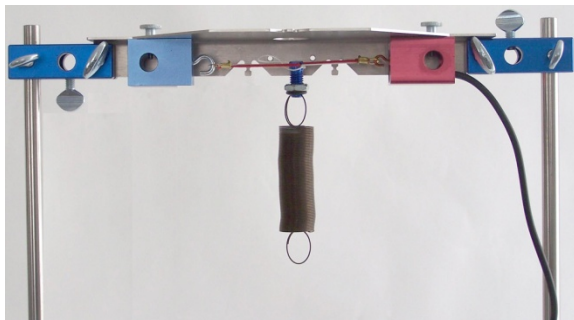


Fig. 3 Set-up of cross bar between stands

- Screw the second force sensor to the lowest position on the vertical plate and attach it to the cross bar.

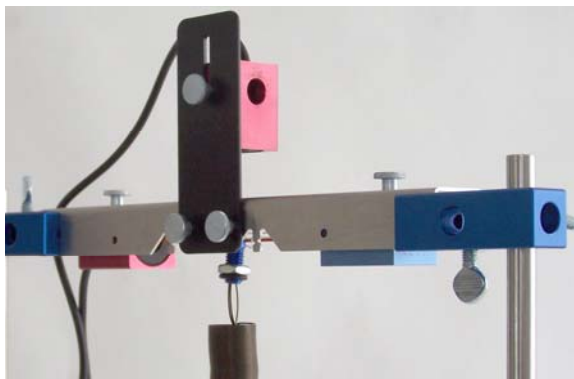


Fig. 4 Set-up of vertical sensor

- Suspend the loop of thread on the spring module from the hook of the vertical force sensor and loosen the knurled screw enough to push the sensor upward till the loop is gently tautened (the red cord of the spring module needs to still run in a straight line between the two hooks).

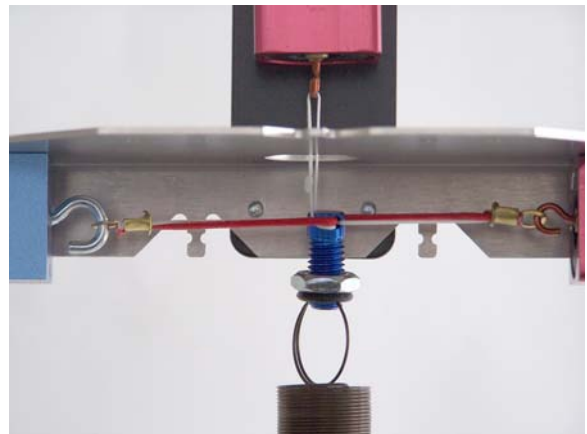


Fig. 5 Full set-up for module

- Suspend the wire hook from the lower eyelet of the spring and hang the rotating body from the end of it.
- Connect the force sensors to the inputs for channels A and B of the MEC amplifier board.
- Connect the outputs to an oscilloscope and start the experiment.

Note:

- In order to initiate an oscillation which is as free as possible from disturbance, pull the rotating body vertically down onto the base plate and then release it.

The two calibrating weights on the rotating body (knurled screws) need to be screwed in by an equal amount. For a well calibrated pendulum, the rotary and translational motions should have identical periods. The amplitudes of both types of oscillation pass through the point of zero amplitude in quick succession.

6. Disposal

- Packaging and components should be disposed of, where necessary, at local recycling centres.

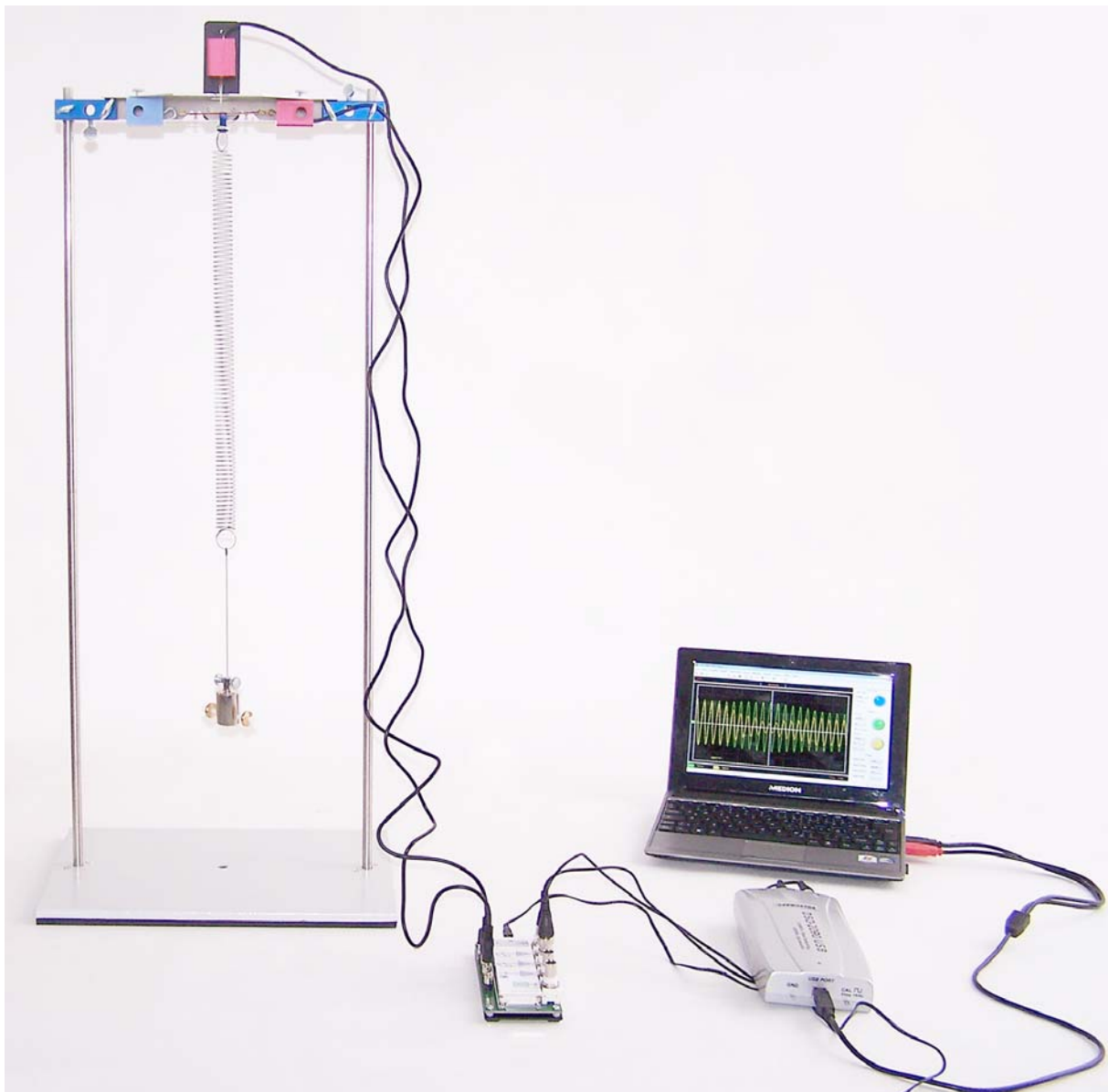
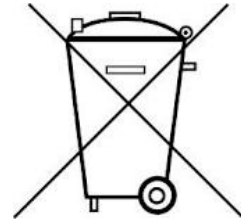
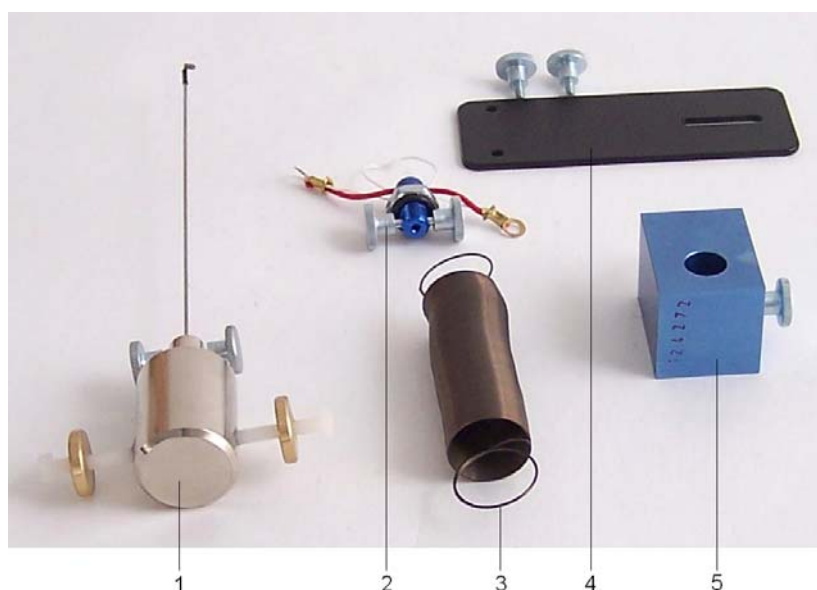


Fig. 6 Set-up for Wilberforce pendulum with USB oscilloscope

Pendule de Wilberforce SW 1012844

Manuel d'utilisation

09/13 TL/ALF



- 1 Corps de révolution avec crochet en fil métallique
- 2 Ensemble de ressorts
- 3 Ressort cylindrique
- 4 Tôle verticale avec vis moulée
- 5 Corps de crochet

1. Description

Le kit d'équipement Pendule de Wilberforce SW permet d'installer un pendule de Wilberforce peu encombrant sur une table d'expérimentation.

Il est constitué d'un ressort cylindrique et d'un corps de révolution réglable pour la détermination précise du couple d'inertie dans le but d'étudier les oscillations associées de translation et de rotation au cours de l'expérience de Wilberforce.

L'ensemble de ressorts permet d'associer le pendule aux capteurs de force dynamiques du kit SW afin d'enregistrer et d'analyser les deux types d'oscillations au moyen d'un oscilloscope.

Le crochet en fil métallique sert à stabiliser le mouvement de rotation axial et assure un couplage sans dérive du corps de révolution au ressort.

2. Fournitures

- 1 ressort cylindrique
- 1 corps de révolution
- 1 crochet en fil métallique
- 1 tôle verticale
- 1 corps de crochet
- 1 ensemble de ressorts

3. Caractéristiques techniques

- Constante du ressort à cylindrique : 5 N/cm
- Masse du corps de révolution : 142 g

4. Principe de fonctionnement

Le pendule de Wilberforce démontre le couplage des oscillations de rotation et de translation sur un système ressort-masse ajusté.

L'origine du couplage des deux oscillations réside dans la géométrie du ressort. Un mouvement en direction longitudinale entraîne la torsion du ressort, ce qui entraîne une oscillation de rotation. La rotation entraîne soit un étirement, soit une contraction du ressort, ce qui provoque alors une oscillation longitudinale.

Lors du mouvement ascendant et descendant, la constante du ressort et la masse du corps de révolution influent sur la fréquence du pendule, tandis que la constante de torsion du ressort et le moment d'inertie ajustable du corps de révolution déterminent la durée de l'oscillation de rotation.

La fréquence propre de l'oscillation de translation peut être calculée au moyen de l'équation 1 :

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = constante du ressort

m = masse

Pour la fréquence propre de l'oscillation de rotation :

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = constante de torsion

J = moment d'inertie du corps de révolution

5. Utilisation

5.1 Remarques générales

Pour exécuter les expériences, les appareils supplémentaires suivants sont nécessaires :

1 ensemble pour montage SW 1012849

1 commande de capteurs SW (@230 V) 1012850
ou

1 commande de capteurs SW (@115 V) 1012851

1 oscilloscope USB 2x 50 MHz 1017264

1 PC, système d'exploitation Win XP, Vista, Win 7
ou

1 oscilloscope analogique 2x 30 MHz 1002727

Attention ! Les capteurs de force dynamiques ne doivent pas être soumis à des surcharges mécaniques.

- Ne pas soumettre le crochet à une force supérieure à 5 N dans le sens axial ni à une force supérieure à 1 N dans le sens transversal.

- Veiller au respect des forces maximales admissibles en particulier lors du montage et lors de l'accrochage de boucles ou de ressorts au crochet de force.
- Veiller à ce que les tiges de la plaque de base et les éléments de montage du système de support statif soient solidement en place.

5.2 Montage du pendule de Wilberforce

- Visser les tiges du statif avec filetages intérieur et extérieur dans les orifices filetés extérieurs de la plaque de base.
- Rallonger les deux tiges du statif à l'aide de tiges de statif à filetage extérieur.
- Monter les noix doubles sur les deux côtés, au niveau de l'extrémité supérieure, et les orienter vers l'intérieur, de manière à ce que les fentes se trouvent à la verticale l'une en face de l'autre.
- Enlever les vis moletées sur l'ensemble de ressorts et accrocher le ressort à boudin. Serrer à la main l'écrou avec la bague en caoutchouc dans le sens contraire à l'œillet du ressort (l'œillet ne doit présenter aucun jeu dans l'ensemble de ressorts).



Fig. 1 Ensemble de ressorts avec ressort cylindrique

- Placer le corps de crochet sur la traverse et le monter sans serrer par le bas à l'aide de la vis moletée.
- Accrocher un œillet de l'ensemble de ressorts au corps de crochet.
- Poser le dynamomètre sur la traverse et accrocher le second œillet au crochet du capteur de force.
- Fixer le dynamomètre ainsi que le corps de crochet avec précaution sur la traverse à l'aide de la vis moletée. Veiller à ce que la corde rouge soit tendue et droite.

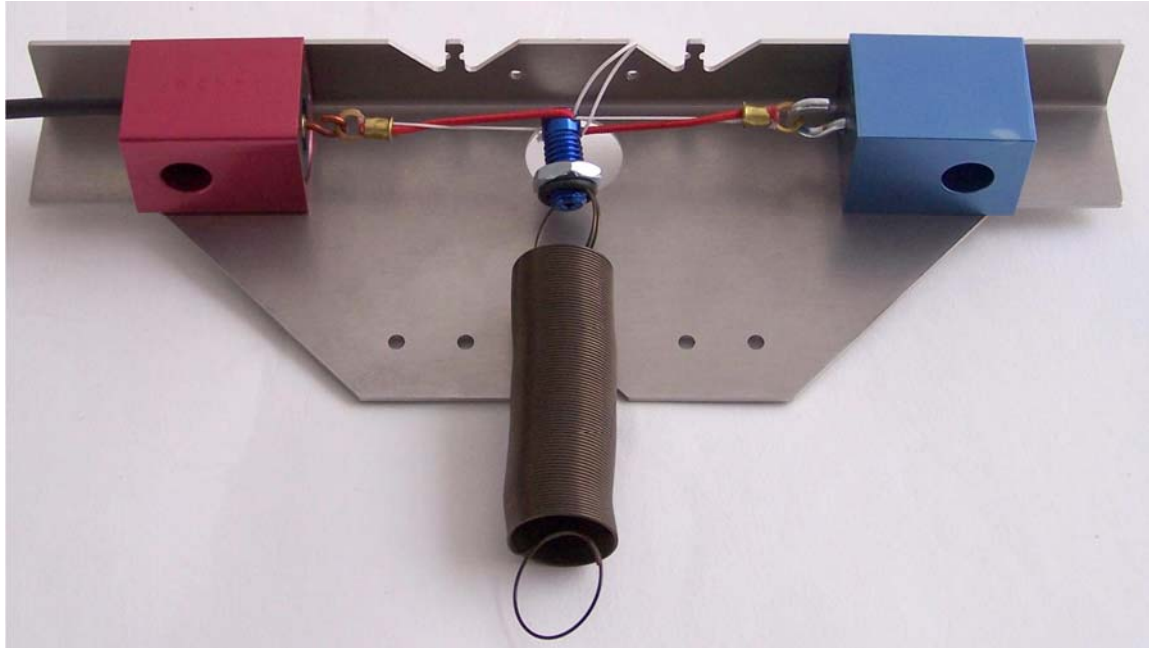


Fig. 2 Montage de l'ensemble de ressorts

- Fixer la traverse dans les rainures des deux noix doubles.



Fig. 3 Montage de la traverse sur le statif

- Visser le deuxième dynamomètre à la position la plus basse sur la tôle verticale et fixer à la traverse.

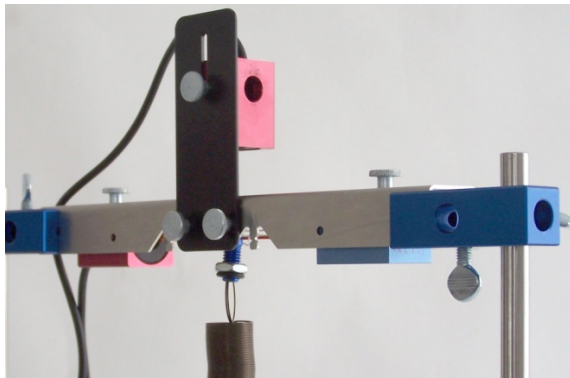


Fig. 4 Montage du dynamomètre vertical

- Accrocher la boucle de l'ensemble de ressorts au crochet du dynamomètre vertical et, la vis moletée étant légèrement dévissée, pousser le dynamomètre vers le haut, jusqu'à ce que la boucle soit légèrement tendue (ce faisant, la corde rouge de l'ensemble de ressorts doit passer tout juste encore entre les crochets).

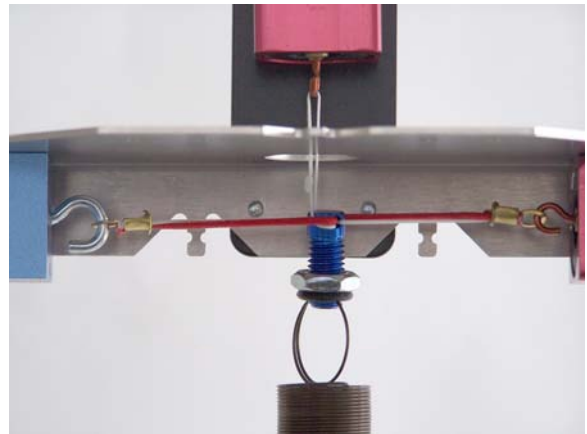


Fig. 5 Ensemble entièrement monté

- Accrocher le corps de révolution avec le crochet en fil métallique dans l'œillet inférieur du ressort.
- Raccorder les capteurs de force aux entrées des canaux A et B de l'amplificateur MEC.
- Relier les sorties à l'oscilloscope et démarrer l'expérience.

Remarques :

- Pour déclencher une oscillation aussi peu perturbée que possible, tirer sur le corps de révolution vers le bas, à la verticale, jusqu'à la plaque de base, puis le relâcher.

Les deux masses d'ajustage doivent être visées à même distance sur le corps de révolution (vis moletées). Si le pendule est ajusté correctement, les oscillations de rotation et de translation ont la même durée. Les amplitudes des deux types d'oscillation passent successivement par la valeur d'amplitude zéro.

6. Mise au rebut

- L'emballage et les composants doivent être amenés aux centres de recyclage locaux.

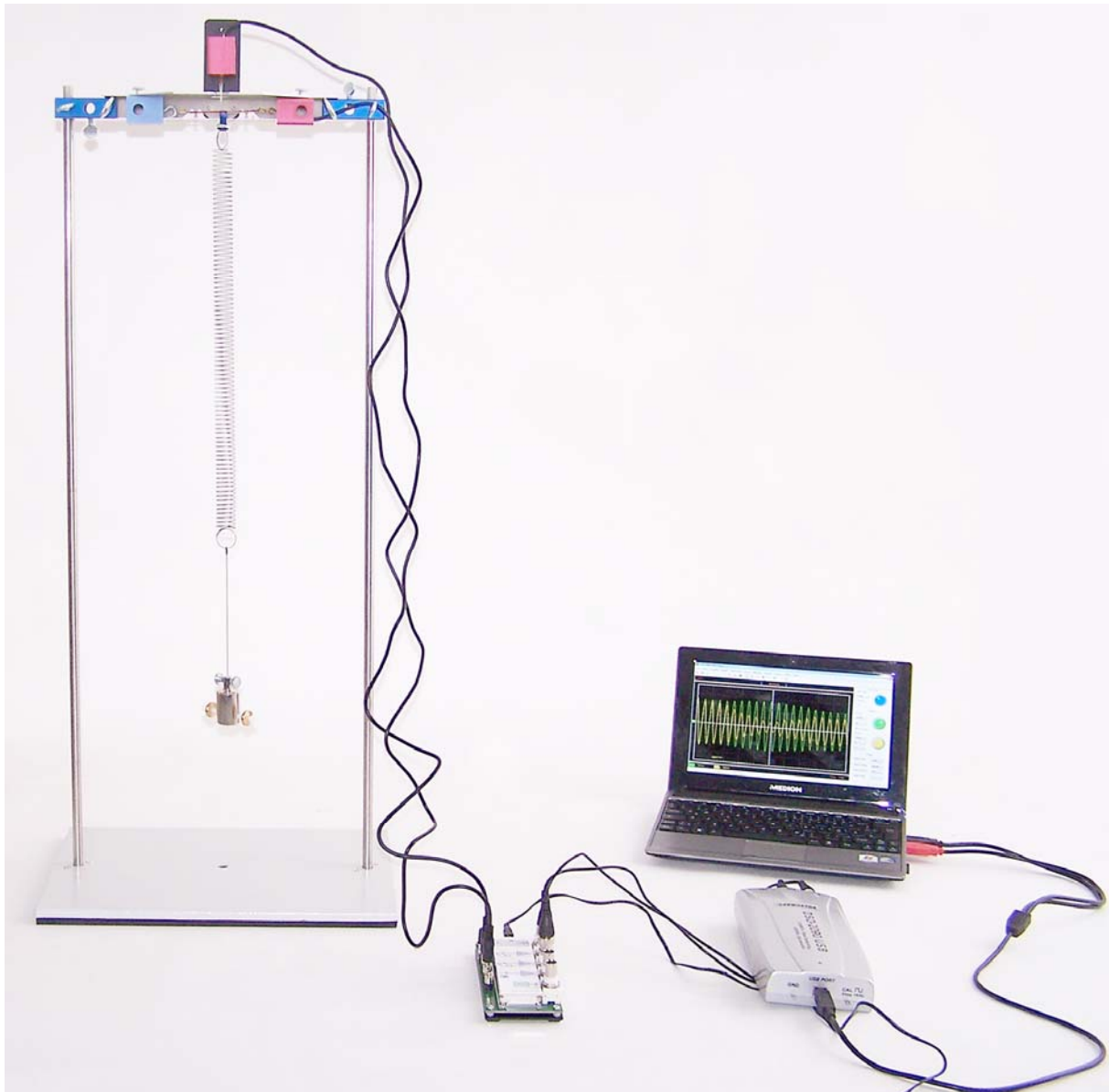
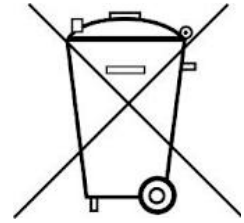
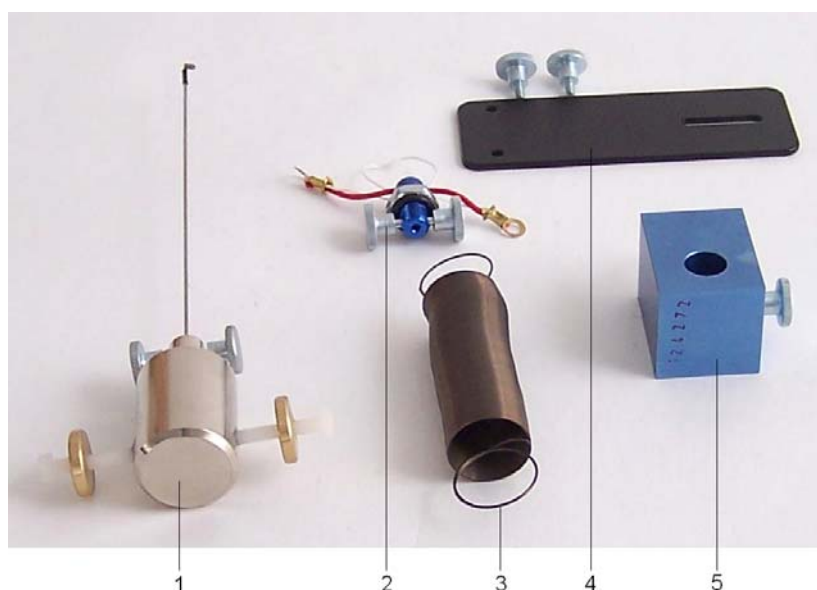


Fig. 6 Montage du pendule de Wilberforce avec oscilloscope USB

Pacchetto SW pendolo di Wilberforce 1012844

Istruzioni per l'uso

09/13 TL/ALF



- 1 Corpo di rotazione con gancio metallico
- 2 Gruppo molla
- 3 Molla a elica
- 4 Lamiera verticale con vite a testa zigrinata
- 5 Corpo con gancio

1. Descrizione

Il kit di dotazione SW pendolo di Wilberforce permette di realizzare un pendolo di Wilberforce in un esperimento da tavolo a ingombro ridotto.

È composto da una molla a elica e da un corpo di rotazione regolabile per la regolazione fine del momento d'inerzia allo scopo di analizzare le oscillazioni traslazionali e rotazionali nell'esperimento di Wilberforce.

Il gruppo molla consente l'accoppiamento del pendolo ai sensori di forza dinamici del pacchetto SW sensori per la registrazione e l'analisi di entrambe le oscillazioni con un oscilloscopio standard.

Il gancio metallico serve per la stabilizzazione del moto di rotazione assiale e garantisce un accoppiamento senza slittamento del corpo di rotazione alla molla.

2. Fornitura

- 1 Molla a elica
- 1 Corpo di rotazione
- 1 Gancio metallico
- 1 Lamiera verticale
- 1 Corpo con gancio
- 1 Gruppo molla

3. Dati tecnici

Indice di rigidezza molle a elica:	5 N/cm
Peso corpo di rotazione:	142 g

4. Principio di funzionamento

Il pendolo di Wilberforce dimostra l'accoppiamento di oscillazioni traslazionali e rotazionali in un sistema massa-molla.

L'accoppiamento delle due oscillazioni è dovuto alla geometria della molla. Uno spostamento longitudinale provoca un attorcigliamento della molla che induce a sua volta l'oscillazione rotazionale. Tale rotazione produce di conseguenza un'espansione o una contrazione della molla che genera una nuova oscillazione longitudinale.

Durante il movimento ascendente e discendente il peso e l'indice di rigidità del corpo di rotazione influenzano la frequenza del pendolo, mentre l'indice di torsione della molla e il momento d'inerzia regolabile del corpo di rotazione determinano il periodo di oscillazione dell'oscillazione rotazionale.

La frequenza propria dell'oscillazione traslazionale è calcolabile mediante l'equazione 1:

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = Indice di rigidità

m = Peso

Per la frequenza propria dell'oscillazione rotazionale vale:

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = Costante di torsione

J = Momento di inerzia del corpo di rotazione

5. Uso

5.1 Indicazioni generali

Per l'esecuzione degli esperimenti sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 pacchetto SW stativo	1012849
1 pacchetto SW sensori (@230V)	1012850
oppure	
1 pacchetto SW sensori (@115V)	1012851
1 oscilloscopio USB 2x 50 MHz	1017264
1 PC, sistema operativo Win XP, Vista, Win 7	
oppure	
1 oscilloscopio analogico 2x 30 MHz	1002727

Attenzione! Non sovraccaricare meccanicamente i sensori di forza dinamici!

- Evitare di caricare il gancio di forza con oltre 5 N in direzione assiale e con oltre 1 N in direzione trasversale.
- Prestare attenzione alle forze massime consentite in particolare durante il montaggio e

l'aggancio di molle od occhielli al gancio di forza.

- Assicurarsi inoltre che le aste della piastra di fondo e gli elementi di montaggio del sistema di supporto siano fissati saldamente.

5.2 Costruzione del pendolo di Wilberforce

- Avvitare le aste di supporto con filettatura interna ed esterna nella boccola filettata esterna della piastra di base.
- Allungare entrambe le aste di supporto tramite aste di supporto con filettatura esterna.
- Su entrambi i lati montare doppi manicotti all'estremità superiore e orientarli verso l'interno di modo che le fessure siano rispettivamente perpendicolari.
- Rimuovere le viti a testa zigrinata presso il gruppo molla e agganciare la molla a elica. Fissare manualmente il dado con una guarnizione di gomma contro il gancio della molla (il gancio del gruppo molla non deve avere gioco).



Fig. 1 Gruppo molla con molla a elica

- Posizionare il corpo con gancio sulla traversa e montarlo dal lato inferiore per mezzo di una vite a testa zigrinata senza stringere.
- Agganciare un occhiello del gruppo molla al corpo con gancio.
- Posizionare il dinamometro sulla traversa e agganciare il secondo occhiello nel gancio del dinamometro stesso.
- Utilizzando la vite a testa zigrinata, fissare con cautela alla traversa il dinamometro come il corpo con gancio. Assicurarsi che il filo rosso sia ben teso e dritto.

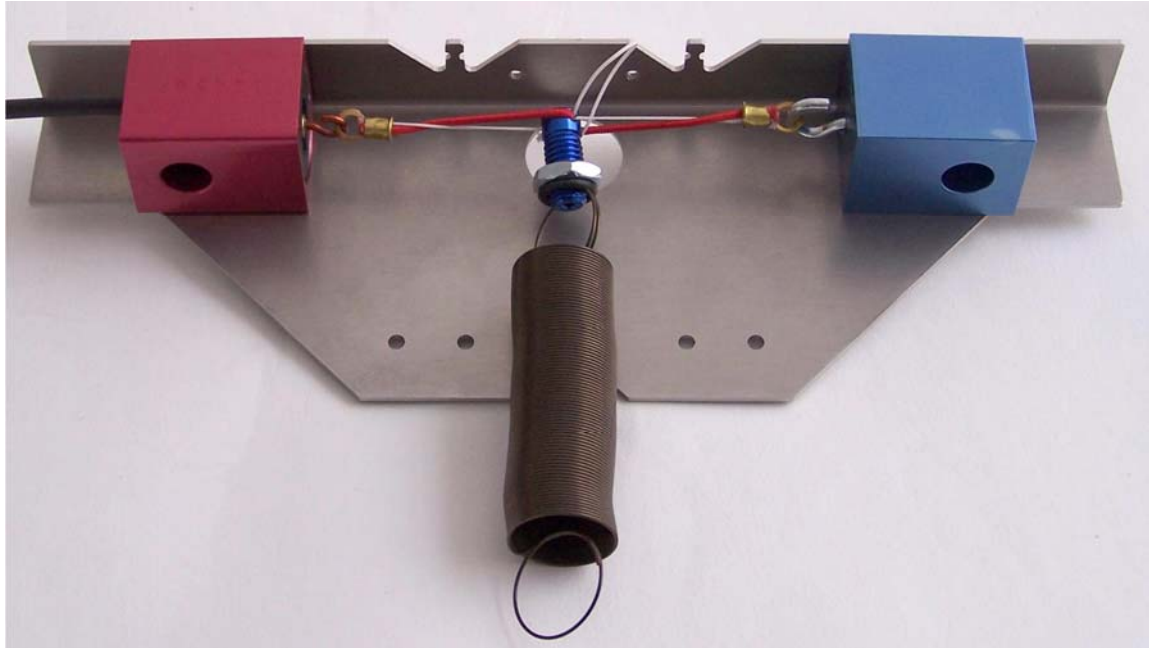


Fig. 2 Montaggio del gruppo molla

- Bloccare la traversa nelle fessure di entrambi i manicotti.



Fig. 3 Montaggio della traversa nello stativo

- Avvitare il secondo dinamometro di forza nella posizione inferiore alla lamiera verticale e fissarlo alla traversa.

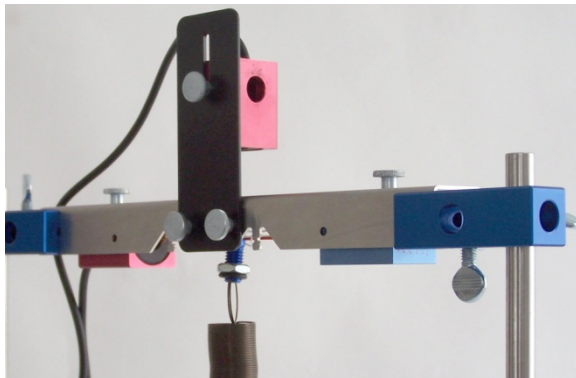


Fig. 4 Montaggio del sensore verticale

- Agganciare l'occhiello del filo del gruppo molla al gancio del sensore verticale e, con la vite a testa zigrinata allentata, spostare verso l'alto il dinamometro finché l'occhiello non è leggermente teso (il filo rosso del gruppo molla deve continuare a scorrere dritto fra i ganci).

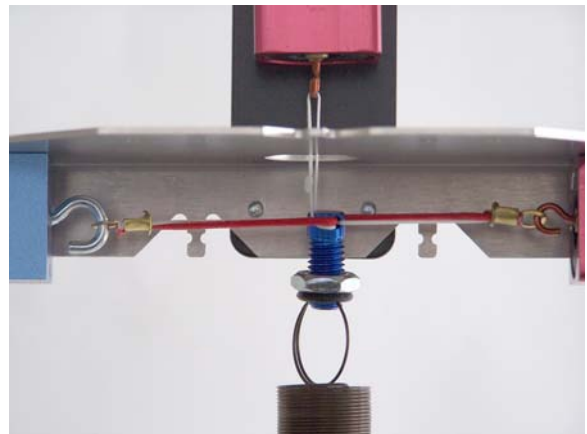


Fig. 5 Gruppo a montaggio ultimato

- Agganciare il corpo di rotazione con gancio metallico al gancio inferiore della molla.
- Collegare i sensori di forza agli ingressi dei canali A e B della board di amplificazione MEC.
- Collegare le uscite con l'oscilloscopio e avviare l'esperimento.

Note:

- Per produrre un'oscillazione possibilmente senza interferenze, tirare il corpo di rotazione verticalmente verso il basso fino alla piastra di base e rilasciarlo.

Entrambe le masse del corpo di rotazione (viti a testa zigrinata) devono essere avvitate alla stessa distanza. Se il pendolo è montato correttamente il periodo di oscillazione delle oscillazioni rotazionali e traslazionali coincide. La differenza tra le ampiezze delle due oscillazioni è pari a zero.

6. Smaltimento

- Smaltire l'imballo e le componenti presso i centri di raccolta e riciclaggio locali.

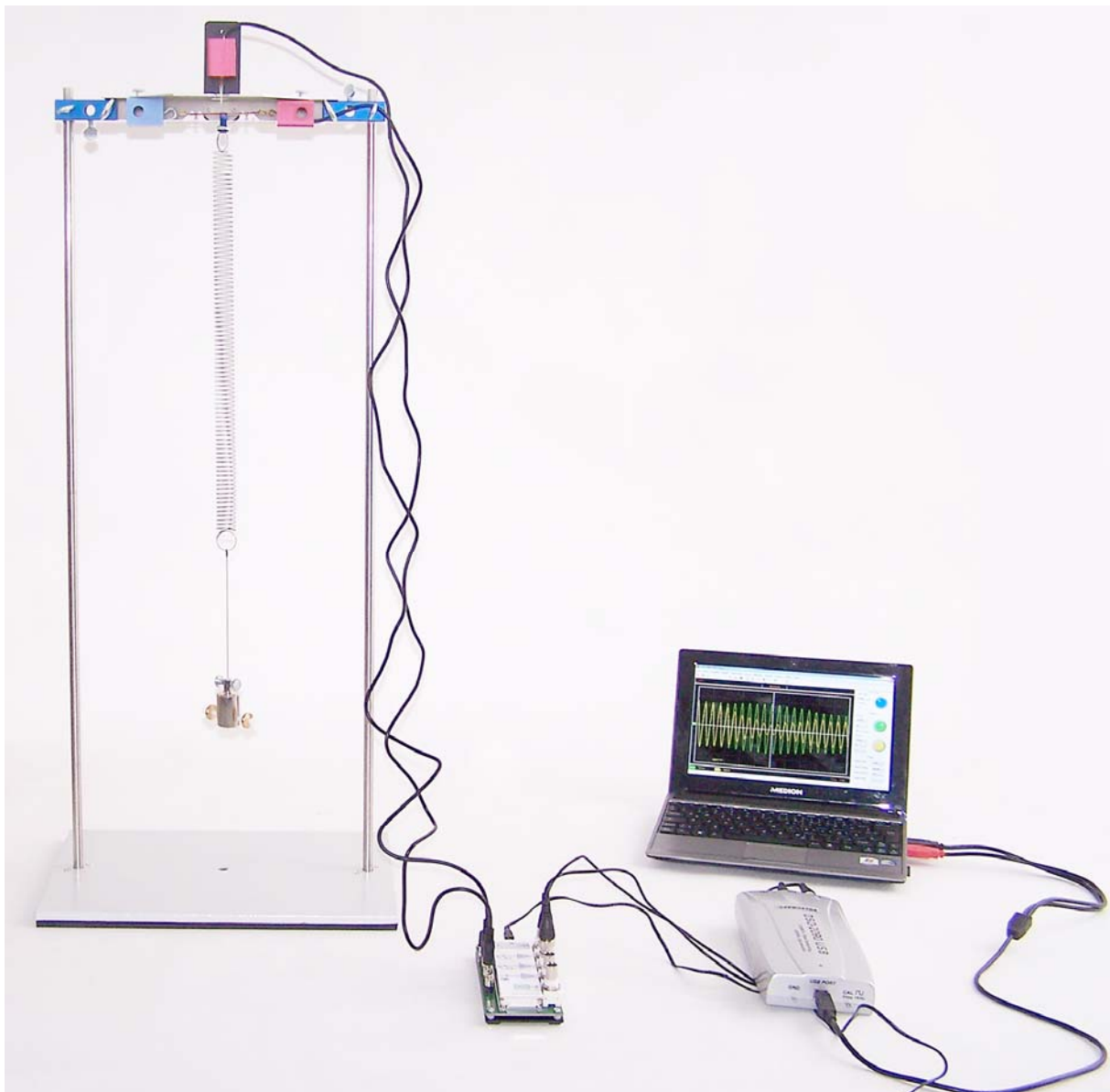
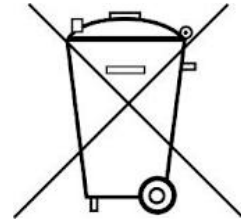
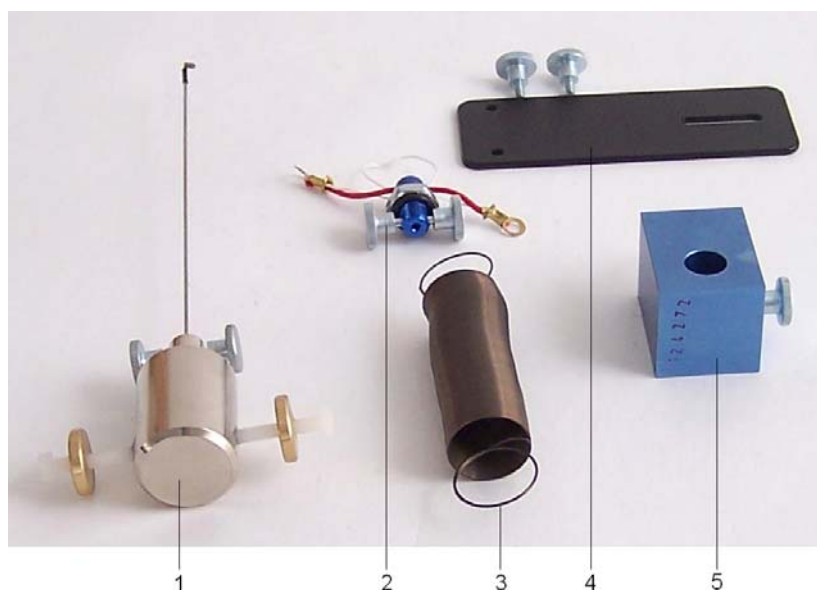


Fig. 6 Struttura del pendolo di Wilberforce con oscilloscopio USB

Paquete-SW - Péndulo de Wilberforce 1012844

Instrucciones de uso

09/13 TL/ALF



- 1 Cuerpo de rotación con gancho de alambre
- 2 Grupo constructivo de muelle
- 3 Muelle helicoidal
- 4 Chapa vertical y tornillos moleteados
- 5 Cuerpo con gancho

1. Descripción

El paquete de equipamiento SW – Péndulo de Wilberforce hace posible el montaje de un péndulo de Wilberforce en un experimento de sobremesa de espacio reducido.

Se compone de un muelle helicoidal y un cuerpo de rotación ajustable para el ajuste fino del momento de inercia en el estudio de oscilaciones de translación y de rotación acopladas en un experimento de Wilberforce.

El grupo constructivo de muelle permite el acoplamiento del péndulo a los sensores de fuerza dinámicos que forman parte del paquete-SW Sensores, para el registro y el análisis de ambas formas de oscilación por medio de un osciloscopio.

El gancho de alambre sirve para la estabilización del movimiento rotación axial y garantiza un acoplamiento libre de deslizamiento del cuerpo de rotación al muelle.

2. Volumen de suministro

- 1 Muelle helicoidal
- 1 Cuerpo de rotación
- 1 Gancho de alambre
- 1 Chapa vertical
- 1 Cuerpo con gancho
- 1 Grupo constructivo de muelle

3. Datos técnicos

Constante del muelle helicoidal:	5 N/cm
Masa del cuerpo de rotación:	142 g

4. Principio funcional

El péndulo de Wilberforce demuestra el acoplamiento de oscilaciones de rotación y translación en un sistema sintonizable de masa-muelle.

La causa del acoplamiento de las dos oscilaciones se basa en la geometría del muelle. Un movimiento en dirección longitudinal tiene como causa un retorcimiento del muelle, lo cual excita una oscilación rotacional. La rotación ocasiona correspondientemente una elongación o una contracción del muelle, lo cual conduce a una oscilación longitudinal.

En el movimiento hacia arriba y hacia abajo, la constante del muelle y la masa del cuerpo de rotación tienen influencia sobre la frecuencia del péndulo, mientras que la constante de torsión del cuerpo de rotación y el momento de inercia ajustable determinan el período de la oscilación de rotación.

La frecuencia propia de la oscilación de translación se puede calcular por medio de la ecuación 1:

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = Constante del muelle

m = Masa

Para la frecuencia propia de la oscilación de rotación se tiene:

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = Constante de torsión

J = Momento de inercia del cuerpo de rotación

5. Manejo

5.1 Observaciones generales

Para la realización de los experimentos se necesitan adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Paquete-SW Material de soporte	1012849
1 Paquete-SW Sensores (@230V)	1012850
1 Paquete-SW Sensores (@115V)	1012851
1 Osciloscopio USB 2x 50 MHz	1017264
1 PC, sistema operativo Win XP, Vista, Win 7	
1 Osciloscopio analógico de 2x 30 MHz	1002727

¡Atención! ¡Los sensores de fuerza dinámicos no se deben sobrecargar mecánicamente!

- El gancho de fuerza no se debe cargar con más de 5N en dirección axial y tampoco con más de 1 N en dirección transversal.

- Especialmente durante el montaje y al colgar lazos o muelles en el gancho de fuerza, es necesario tener en cuenta las fuerzas máximas permitidas.
- Se debe prestar atención a un asiento fijo de las varillas en la placa de fondo así como de los elementos de montaje del sistema de soporte.

5.2 Montaje del péndulo de Wilberforce

- Se atornillan las varillas soporte de rosca interna y externa en los casquillos roscados externos de la placa base.
- Ambas varillas soporte se alargan por medio de varillas soporte con rosca externa.
- En cada uno de los lados se monta una nuez doble en el extremo superior y se orientan hacia adentro, así que las ranuras queden perpendiculares una enfrente de la otra.
- Se retiran los tornillos moleteados en el grupo constructivo del muelle y se engancha el muelle helicoidal. La tuerca que lleva el anillo de goma se tensa con la mano en contra del ojal del muelle (el ojal no debe tener juego en el grupo constructivo del muelle).



Fig. 1 Grupo constructivo de muelle con muelle helicoidal

- Se coloca el cuerpo de gancho sobre el travesaño, se monta por el lado de abajo pero se deja flojo, utilizando el tornillo moleteado.
- Un ojal del grupo constructivo del muelle se engancha en el cuerpo con gancho.
- Se coloca el sensor de fuerza sobre el travesaño y el segundo ojal se engancha en el sensor de fuerza.

- El sensor de fuerza, así como el cuerpo con gancho se fijan con cuidado en el travesaño por medio del tornillo moleteado, teniendo en cuenta que la cuerda roja quede tensa y recta.

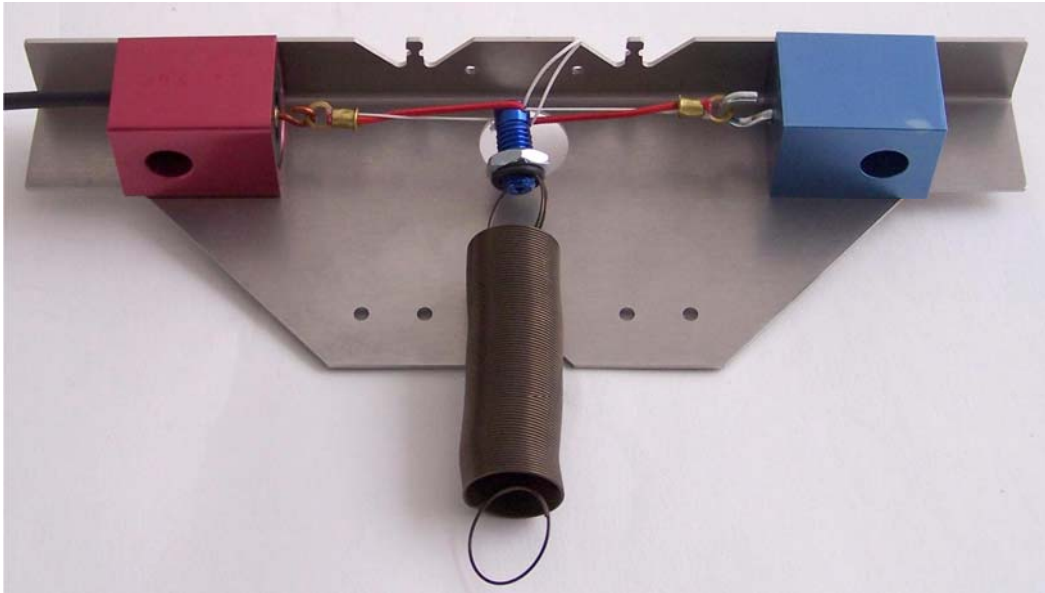


Fig. 2 Montaje del grupo constructivo de muelle

- El travesaño se sujeta en las dos ranuras de las nueces dobles.
- El lazo del hilo del grupo constructivo del muelle se cuelga en el gancho del sensor de fuerza vertical y con el tornillo moleteado aflojado se desplaza el sensor hacia arriba hasta que el lazo esté un poco tenso (la cuerda roja del grupo constructivo del muelle debe moverse en línea recta entre los ganchos).



Fig. 3 Montaje del travesaño en las varillas soporte

- El segundo sensor de fuerza en la posición más baja se atornilla en la chapa vertical y se fija en el travesaño.

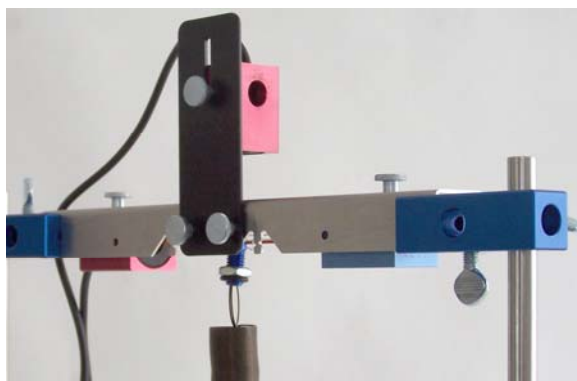


Fig. 4 Montaje del sensor vertical

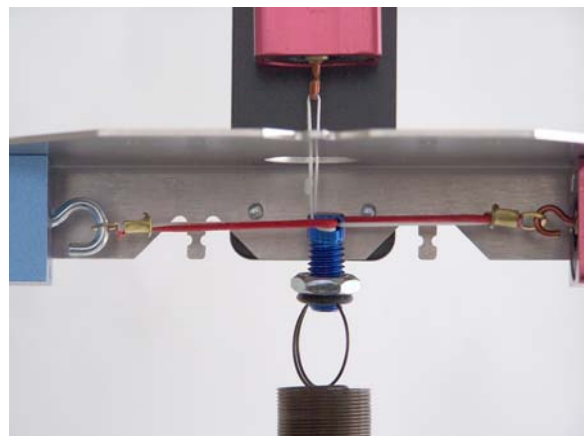


Fig. 5 Grupo constructivo montado completamente

- El cuerpo de rotación que lleva el gancho de alambre se cuelga en el ojal de abajo del muelle.
- Se conectan los sensores de fuerza en los canales A y B de la placa de amplificación MEC.
- Las salidas se conectan con el osciloscopio y se inicia el experimento.

Observaciones:

- Para iniciar una oscilación en lo posible libre de perturbaciones, se tira del cuerpo de rotación perpendicularmente hacia abajo hasta la placa base y luego se suelta.

Las dos masas de sintonización en el cuerpo de rotación (tornillos moleteados), deben ser atornilladas igualmente lo más hacia adentro posible. En caso de un péndulo bien sintonizado las dos formas de oscilación, de rotación y translación, tienen el mismo período de oscilación. Las amplitudes de las dos formas de oscilación pasan secuencialmente el valor de amplitud igual a cero.

6. Desecho

- El embalaje y las componentes se desechan en los sitios de reciclaje del lugar.

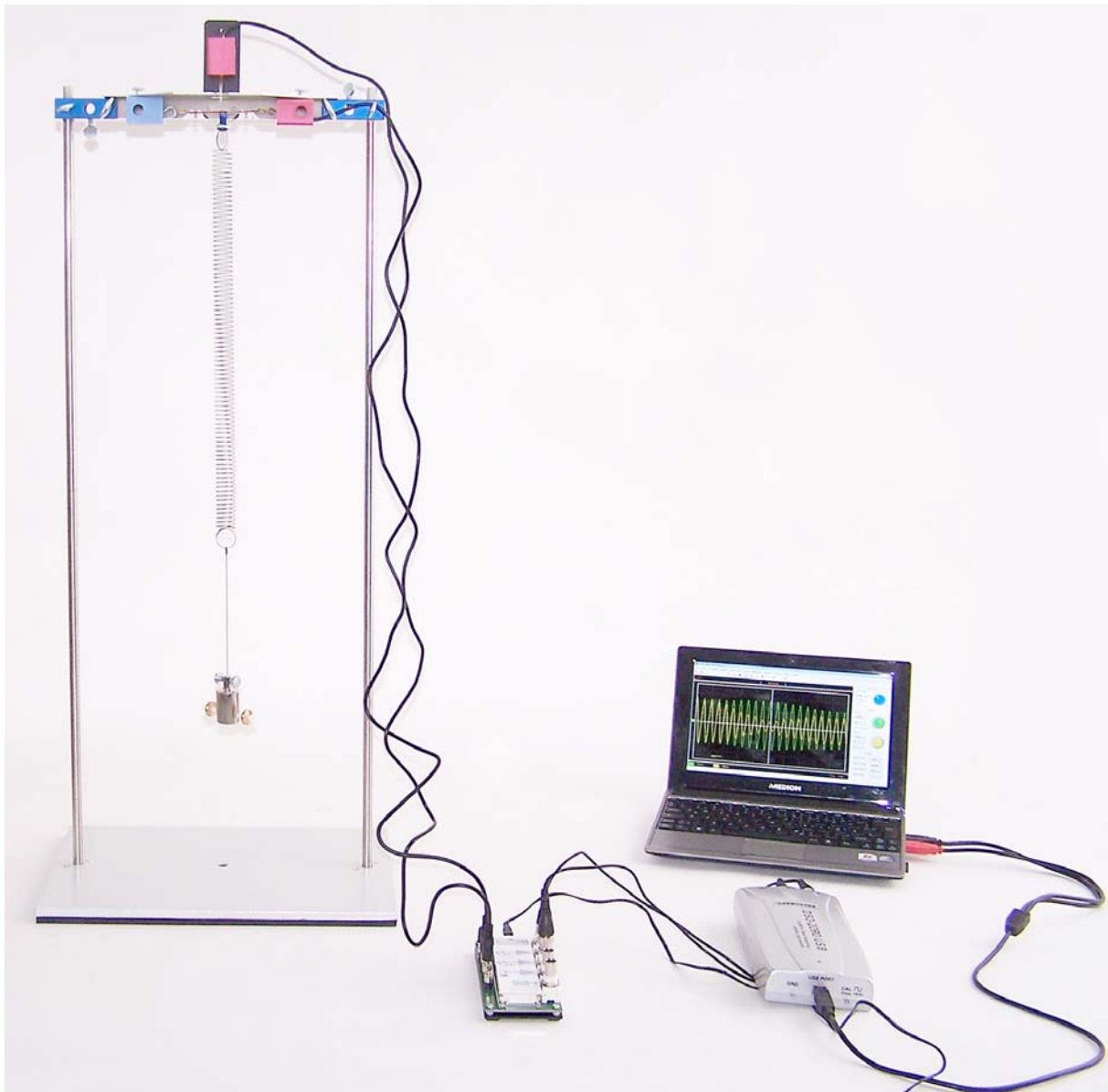
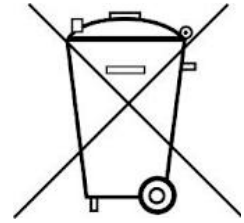
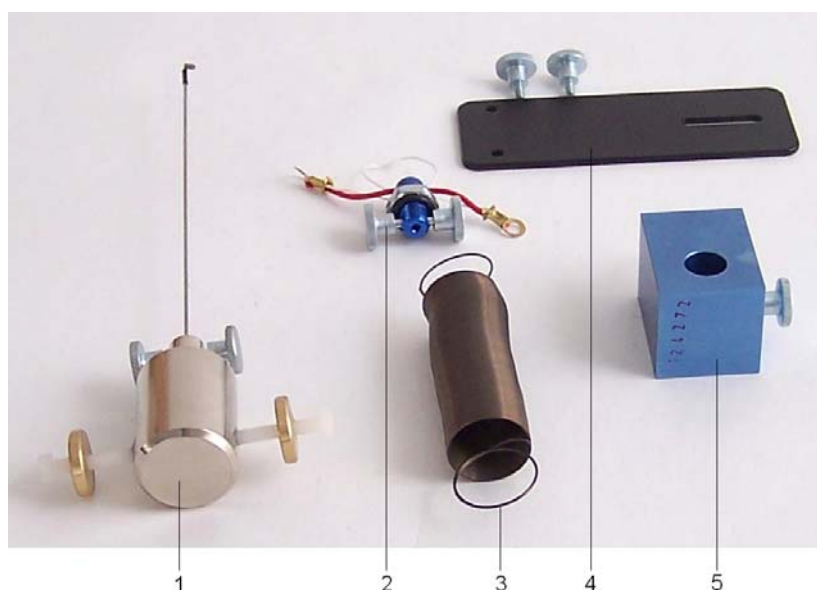


Fig. 6 Montaje del péndulo de Wilberforce con el osciloscopio de USB

Pacote SW Pêndulo de Wilberforce 1012844

Instruções de operação

09/13 TL/ALF



- 1 Corpo de rotação com gancho de arame
- 2 Grupo de montagem de mola
- 3 Mola helicoidal
- 4 Chapa vertical com parafusos serralhados
- 5 Corpo em gancho

1. Descrição

O pacote de fornecimento para o pacote SW pêndulo de Wilberforce permite a montagem do pêndulo de Wilberforce em experiência de mesa com economia de espaço.

Ele consiste de uma mola helicoidal e um corpo de rotação ajustável para o ajuste de precisão do momento de inércia para a análise das oscilações acopladas de translação e de rotação na experiência de Wilberforce.

O grupo de montagem de molas permite o acoplamento do pêndulo aos sensores dinâmicos de força do pacote SW Sensorik para o registro e análise de ambos os modos de oscilação com um osciloscópio.

O gancho de arame serve para a estabilização do movimento axial de rotação e garante um acoplamento sem escorregamento do corpo de rotação à mola.

2. Fornecimento

- 1 Mola helicoidal
- 1 Corpo de rotação
- 1 Gancho de arame
- 1 Chapa vertical
- 1 Corpo em gancho
- 1 Grupo de montagem de mola

3. Dados técnicos

- Constante de mola da mola helicoidal: 5 N/cm
- Massa do corpo de rotação: 142 g

4. Princípio funcional

O pêndulo de Wilberforce demonstra o acoplamento de oscilações de rotação e de translação em um sistema de massa / mola sintonizado.

A causa do acoplamento das duas oscilações encontra-se na geometria da mola. Um movimento na direção longitudinal produz uma torção da mola, o que incita a oscilação rotacional. A rotação efetua em correspondência um estiramento ou uma contração da mola, o que conduz outra vez à oscilação longitudinal.

Nos movimentos de subida e descida a constante de mola e a massa do corpo de rotação têm influência sobre a frequência do pêndulo, enquanto a constante de torção da mola e o momento de inércia ajustável do corpo de rotação determinam a duração da oscilação rotativa.

A frequência própria da oscilação de translação é calculável por meio da equação 1:

$$\omega_{\text{trans}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

k = Constante de mola

m = Massa

Para a frequência individual da oscilação rotacional vale:

$$\omega_{\text{rot}} = \sqrt{\frac{K}{J}} \quad (2)$$

K = Constante de torção

J = Momento de inércia do corpo de rotação

5. Operação

5.1 Indicações gerais

Para a execução das experiências os seguintes aparelhos adicionais são necessários:

1 Pacote SW material de suporte	1012849
1 Pacote SW Sensorik (@230V)	1012850
ou	
1 Pacote SW Sensorik (@115V)	1012851
1 Osciloscópio USB 2x 50 MHz	1017264
1 PC, sistema operacional Win XP, Vista, Win 7	
ou	
1 Osciloscópio analógico 2x 30 MHz	1002727

Atenção! Os sensores dinâmicos não devem ser sobrecarregados mecanicamente!

- Não carregar os ganchos de força na direção axial com mais de 5 N e na direção transversal com mais de 1 N.

- Especialmente tomar cuidado, na montagem e no enganche de laços ou molas no gancho de força das forças máximas permitidas.
- Cuidar do assentamento apertado das varas na placa base, assim como com os elementos de montagem do sistema de apoio.

5.2 Montagem do pêndulo de Wilberforce

- Parafusar as varas de apoio com rosca exterior e interior nas roscas exteriores da placa base.
- Alongar ambas as varas de apoio através das varas de apoio com rosca exterior.
- Montar em ambos os lados as mangas duplas no extremo superior e alinhar para o interior, de forma que as fendas estejam perpendiculares um em relação à outra.
- Remover os parafusos borboleta do grupo de montagem de molas e enganchar a mola helicoidal. Fixar a porca com o anel de borracha manualmente contra o olhal da mola (O olhal não pode ter nenhuma folga no grupo de montagem de mola).



Fig. 1 Grupo de montagem de mola com mola helicoidal

- Colocar o corpo em gancho sobre a travessa e montá-lo frouxamente desde o lado inferior através do parafuso serrilhado.
- Enganchar um olhal do grupo de montagem de molas.
- Colocar o sensor de força sobre a transversal e enganchar o outro olhal no gancho do sensor de força.
- Fixar o sensor de força, assim como o corpo em gancho, cuidadosamente por meio do parafuso borboleta na transversal. Atentar para que a corda vermelha esteja esticada e reta.

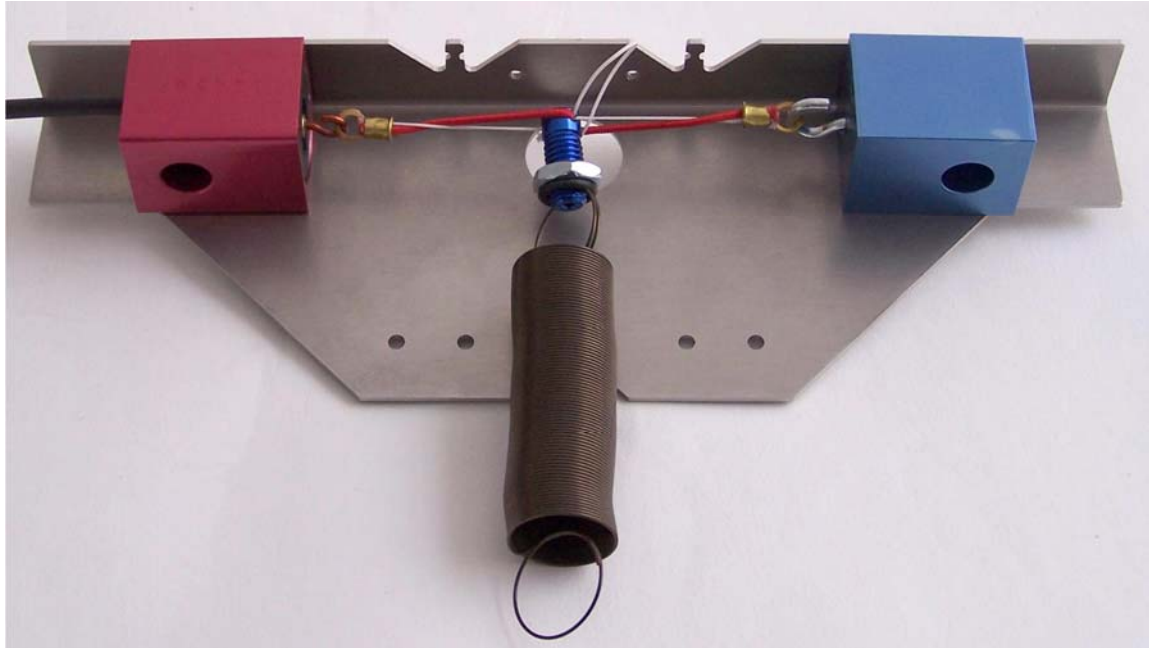


Fig. 2 Montagem do grupo de montagem de mola

- Fixar a transversal nas fendas das duas mangas duplas.



Fig. 3 Montagem da transversal no suporte

- Aparafusar o segundo sensor de força na posição inferior na chapa vertical e fixá-lo na travessa.

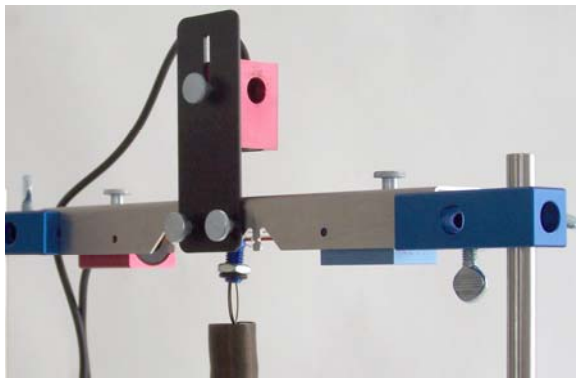


Fig. 4 Montagem do sensor vertical

- Enganchar o laço do grupo de montagem de molas no gancho do sensor de força vertical e, com o parafuso borboleta solto, empurrar o sensor para cima até que o laço esteja levemente esticado (a corda vermelha do grupo de montagem de molas tem que passar justo entre os ganchos).

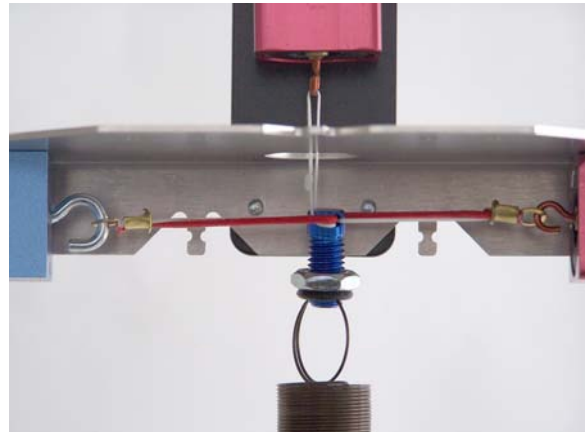


Fig. 5 Grupo de montagem completamente montado

- Pendurar o corpo de rotação com gancho de arame no olhal inferior da mola.
- Conectar os sensores de força nas entradas dos canais A e B do painel amplificador MEC.
- Ligar as saídas com o osciloscópio e iniciar a experiência.

Indicações:

- Para desencadear uma oscilação livre de interferências o maior possível, puxar o corpo de rotação verticalmente para baixo sobre a placa base e soltá-lo.

As duas massas sintonizadas no corpo de rotação (parafusos serrilhados) devem de estar aparafusadas em distâncias simétricas. Num pêndulo bem sintonizado as oscilações de rotação e de translação terão a mesma duração. As amplitudes de ambos os tipos de oscilações percorrem, uma atrás da outra, o valor de amplitude de zero.

6. Eliminação de resíduos

- Eliminar a embalagem e componentes nos postos locais de reciclagem.

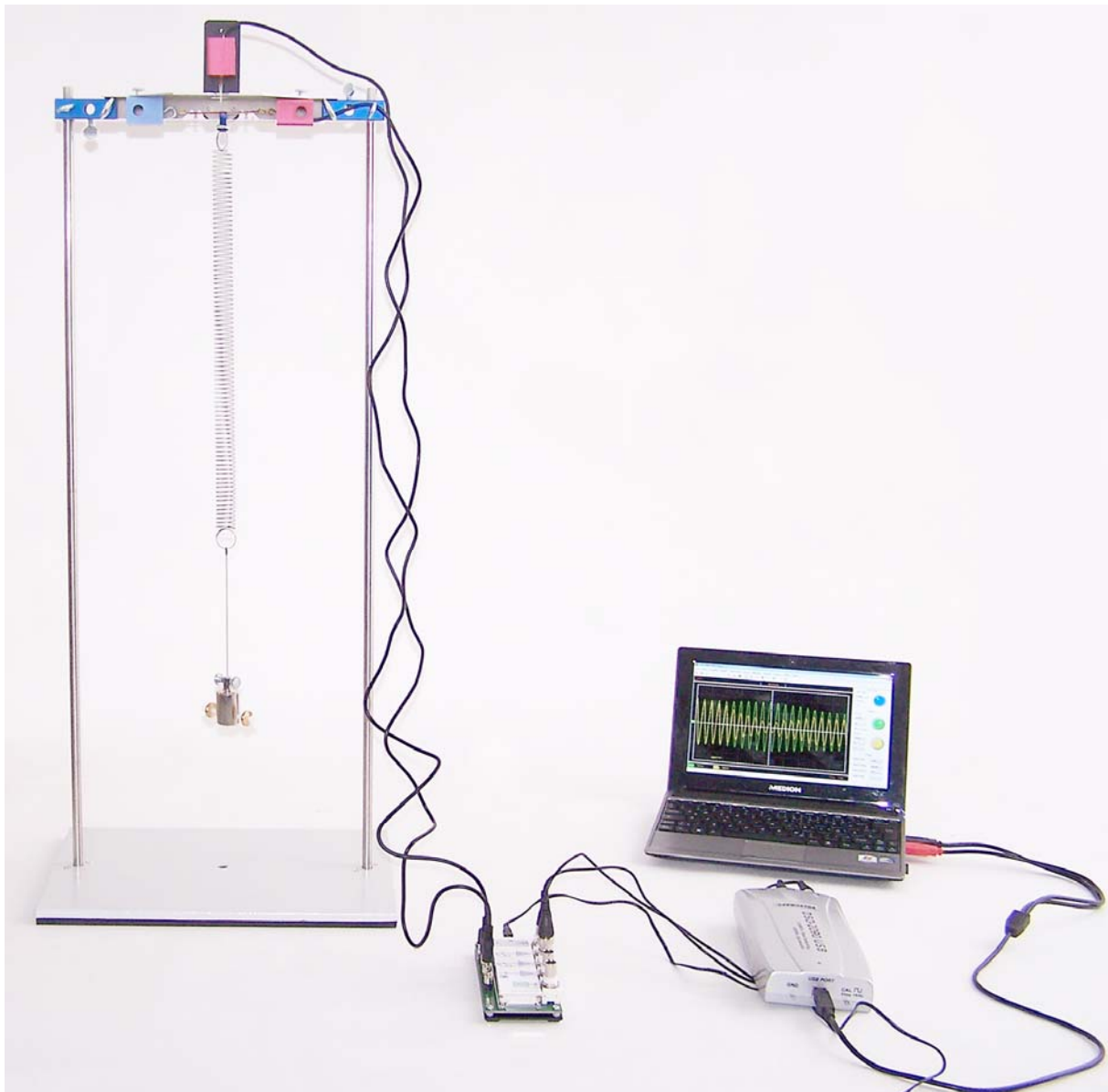
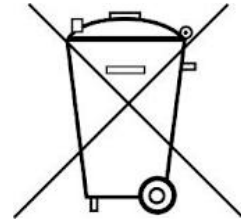


Fig. 6 Montagem do pêndulo de Wilberforce com osciloscópio USB