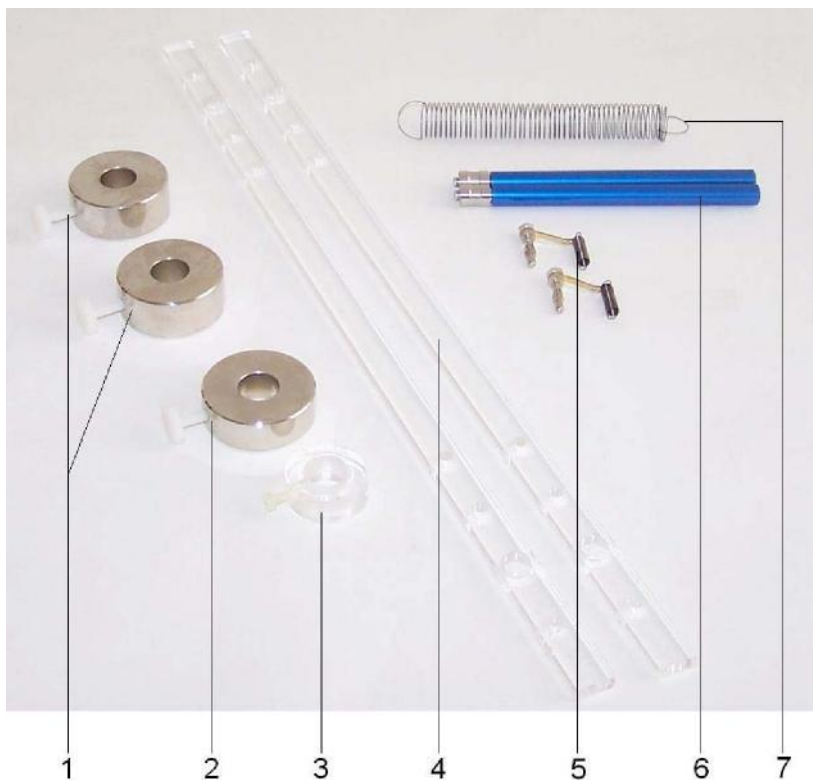


## SW-Paket Physikalisches Pendel 1012853

### Bedienungsanleitung

10/13 TL/ALF



- 1 Massenstück 200 g
- 2 Massestück 150 g
- 3 Acyrlring
- 4 Pendelstange
- 5 Kopplungsfeder
- 6 Lagerstab
- 7 Zugfeder

### 1. Beschreibung

Das Ausstattungspaket Physikalisches Pendel dient zum Aufbau eines physikalischen Pendels mit verschiebbarer Masse, zweier gekoppelter Pendel, eines Reversionspendels oder eines Metronompendels im platzsparenden Tischexperiment.

Es besteht aus Pendelstangen, Lagerstäben, Massestücken zum Aufbau der Pendel und weiteren Komponenten zur Ankopplung an die dynamischen Kraftsensoren aus dem SW-Paket Sensorik zur Aufzeichnung und umfangreichen Analyse der Schwingungen mit einem Oszilloskop.

### 2. Lieferumfang

- 2 Pendelstangen
- 2 Lagerstäbe
- 2 Massestücke 200 g
- 1 Massestück 150 g
- 1 Acyrlring
- 1 Zugfeder
- 2 Kopplungsfedern

### 3. Technische Daten

#### Pendelstange

Länge:	450 mm
Masse:	45 g
Abstand der Lagerbohrungen:	330 mm
Material:	Acrylglas

#### Massen

Massenstücke:	2x ca. 200 g 1x ca. 150 g
---------------	------------------------------

Acyrling:	ca. 10 g
-----------	----------

#### Zugfeder

Federkonstante:	2,5 N/m
-----------------	---------

### 4. Aufbau eines Pendels ohne Sensorik

#### 4.1 Allgemeine Hinweise

Zur Durchführung der Experimente ohne Kraftsensor sind folgende zusätzlichen Geräte erforderlich:

1 SW-Paket Stativmaterial	1012849
1 Digitale Stoppuhr	1002811

Eine Stoppuhr liefert hinreichend genaue Ergebnisse, wenn mindestens 10 Perioden gemessen werden.

- Auf festen Sitz der Stangen in der Bodenplatte sowie der Montageelemente des Stativsystems achten.
- Pendelstangen nicht über den Lagersitz verkanten (Bruchgefahr).

#### 4.2 Aufbau eines physikalischen Pendels ohne Sensorik

- Stativstange mit Außen- und Innengewinde in die mittlere Gewindebuchse der Grundplatte schrauben und mittels Stativstange mit Außengewinde verlängern.
- Doppelmuffe auf die Stativstange schieben.
- Lagerstab in Doppelmuffe einschieben und Pendelstange auf Lagerstab setzen.

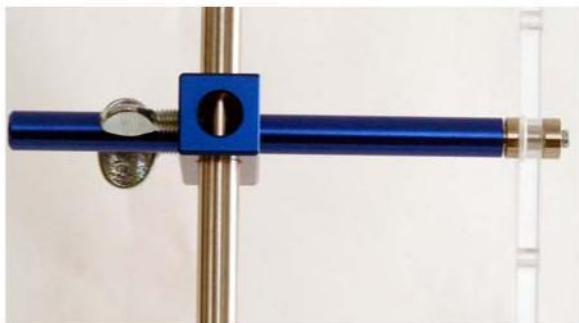


Fig. 1 Montage der Pendelstange

- Massenstück 200 g (Pendelmasse) mittels Rändelschraube an Pendelstange befestigen.

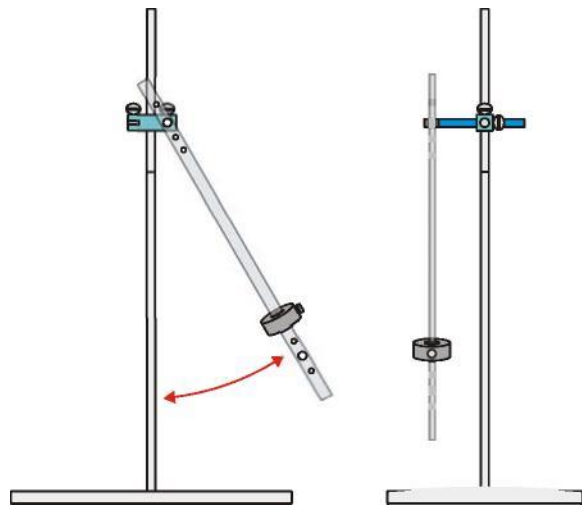


Fig. 2 Aufbau eines physikalischen Pendels ohne Sensorik

#### 4.3 Aufbau eines gekoppelten Pendels ohne Sensorik

- 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.
- Traverse in den Schlitzen der beiden Doppelmuffen einspannen.
- Lagerstäbe in die Doppelmuffen einschieben und Pendelstangen darauf setzen.
- Pendelstangen mittels Zugfeder koppeln.
- Massenstücke 200 g (Pendelmassen) mittels Rändelschraube an Pendelstange befestigen.

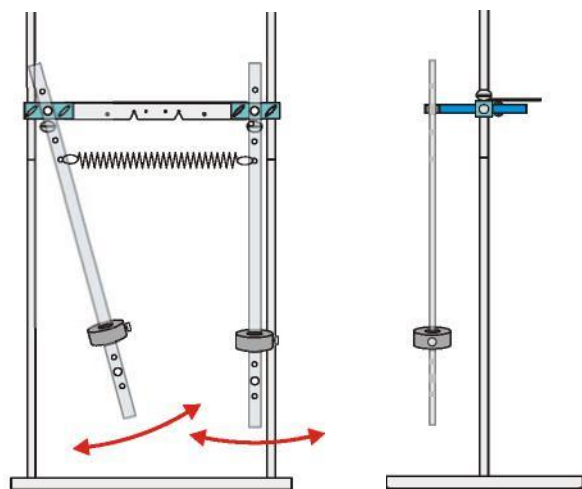


Fig. 3 Aufbau eines gekoppelten Pendels ohne Sensorik<sub>2</sub>

#### 4.4 Aufbau eines Reversionspendels

- Pendelstativ wie unter 4.2 beschrieben aufbauen.
- Zum Aufbau des Reversionspendels Massestück 200 g zwischen den Lagerbohrungen und Massestück 150 g am oberen Ende des Pendelstabes positionieren.

##### Hinweise:

- Pendel nur in kleinen Winkeln anregen.

Mit dem Abstand der Lagerbohrungen von  $l = 330 \text{ mm}$  ergibt sich bei korrekt abgestimmtem Pendel über beide Lager schwingend eine Periodendauer von  $T = 1,152 \text{ s}$  ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$T = \frac{4 \pi^2 \cdot l}{g}$$

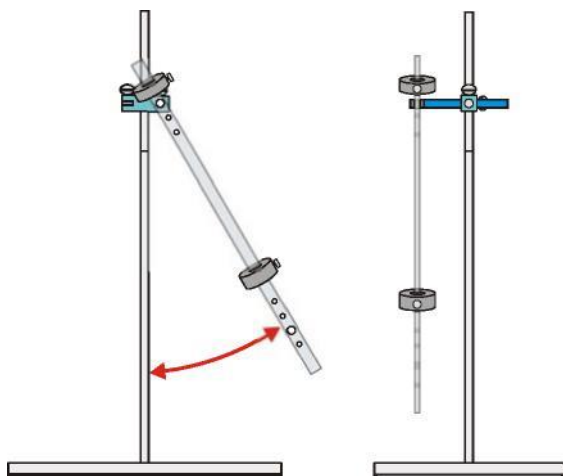


Fig. 4 Aufbau eines Reversionspendel

#### 4.5 Aufbau eines Metronompendels

- Pendelstativ wie unter 4.2 beschrieben aufbauen.
- Massestück 200 g mittels Rändelschraube am unteren Ende der Pendelstange befestigen.
- Acrylring am oberen Teil der Pendelstange anbringen.

**Hinweise:** Mit diesem Pendel sind sehr unterschiedliche Perioden realisierbar.

Durch Verschieben der großen Masse kann das schwingungsfähige System an seine Indifferenz genähert werden. Die Periodenzeiten sind dann praktisch nur noch durch Lagerreibung eingeschränkt.

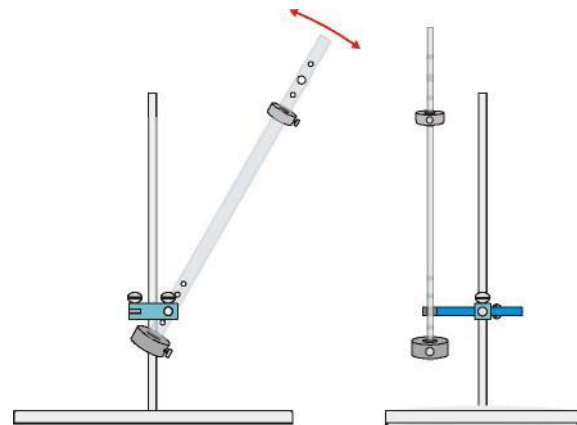


Fig. 5 Aufbau eines Metronompendels

## 5. Aufbau eines Pendels mit Sensorik

### 5.1 Allgemeine Hinweise

Zur Durchführung der Experimente mit Kraftsensor 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.
- Pendelstangen nicht über den Lagersitz verkanten (Bruchgefahr).

Die Kraftsensoren sind mit großer oder kleiner Vorspannung der Kopplungsfeder (auf zwei Positionen der Traverse) montierbar. Dem entsprechend ist die Distanz zwischen Kraftsensor und Pendelstange verschieden. Das ermöglicht einerseits große Amplituden infolge großer Pendelweiten. Andererseits sind bei geringerer Lagerreibung nur kleine Pendelweiten und damit kleinere Amplituden möglich.

## 5.2 Aufbau eines gekoppelten Pendels mit Sensorik

- Pendelstativ wie unter 4.3 beschrieben aufbauen.
- Kraftsensor mittels Rändelschraube auf Traverse montieren.
- Kopplungsfeder zwischen Pendelstange und Kraftsensor einhängen.
- Lagerstab in Doppelmuffe so verschieben, dass Kopplungsfeder und Pendelstab etwa auf einer Ebene mit dem Haken des Kraftsensor verlaufen.
- Zweiten Kraftsensor in gleicher Weise montieren.
- Pendelstangen mittels Zugfeder miteinander koppeln.
- Kraftsensoren an die Eingänge der Kanäle A und B des Verstärkerboards MEC anschließen.
- Ausgänge mit Oszilloskop verbinden und Experiment starten.

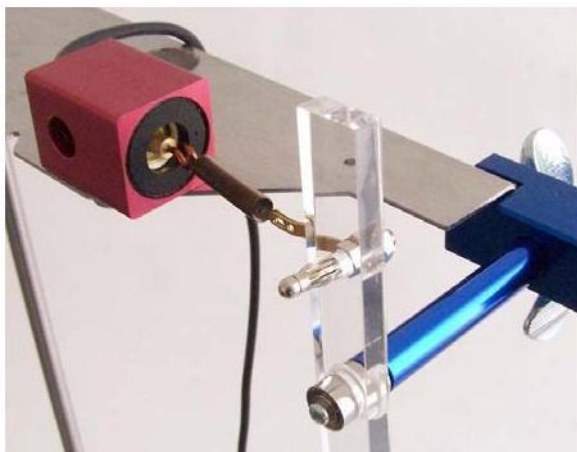


Fig. 6 Ankopplung des Kraftsensors

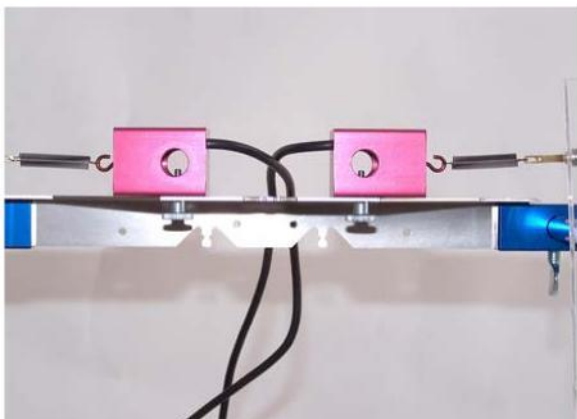


Fig. 7 Montage der Kraftsensoren

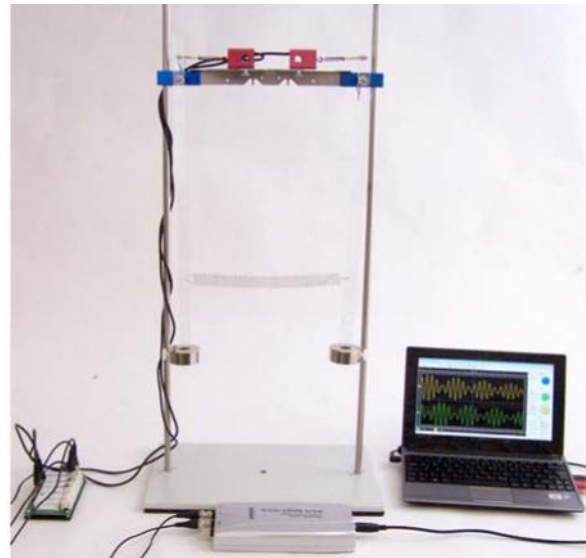
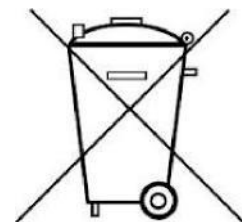


Fig. 8 Aufbau eines gekoppelten Pendels mit Sensorik und USB-Oszilloskop

## 6. Entsorgung

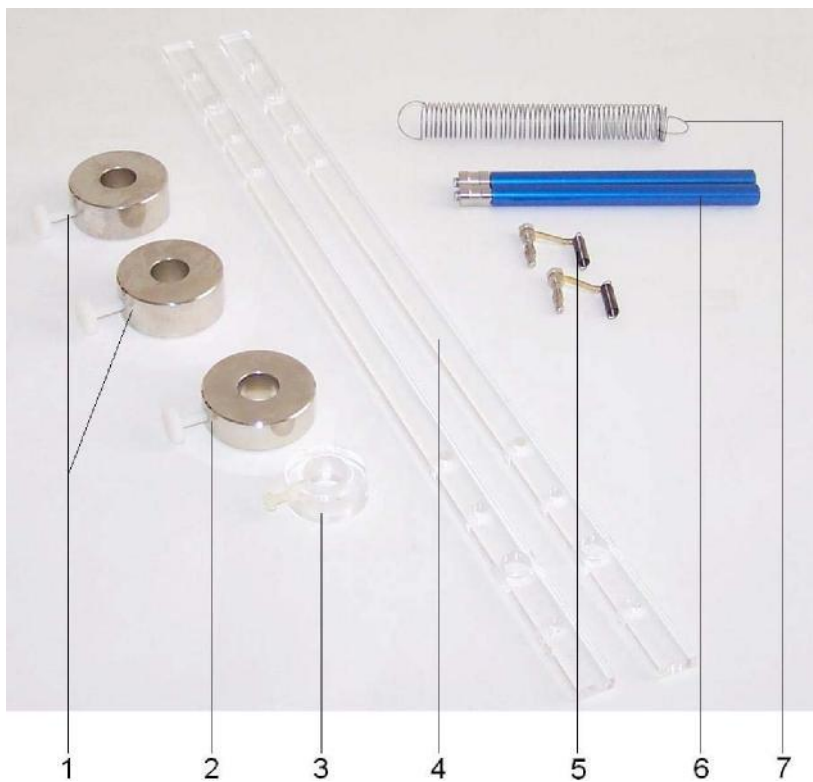
- Verpackung und Komponenten bei den örtlichen Recyclingstellen entsorgen.



## SW Set – Physical Pendulum 1012853

### Instruction manual

10/13TL/ALF



- 1 Weight, 200 g
- 2 Weight, 150 g
- 3 Acrylic ring
- 4 Pendulum rod
- 5 Coupling spring
- 6 Bearing rod
- 7 Tension spring

### 1. Description

The physical pendulum set is designed for assembly of a physical pendulum with a movable bob, a double coupled pendulum, a reversible (Kater) pendulum or a metronome pendulum in a space-saving table-top experiment set-up.

It consists of pendulum rods, bearing rods and weights for constructing the pendulums themselves, as well as additional components for attaching them to the dynamic force sensors from the SW sensors set in order to record and extensively analyse the oscillations with the help of an oscilloscope.

### 2. Equipment

- 2 Pendulum rods
- 2 Bearing rods
- Weights, 200 g 1
- Weight, 150 g 1
- Acrylic ring
- 1 Tension spring
- 2 Coupling springs

### 3. Technical data

#### Pendulum rods

Length:	450 mm
Weight:	45 g
Separation of bearing holes :	330 mm
Material:	Transparent acrylic

#### Weights

Weights:	2x 200 g approx. 1x 150 g approx.
Acrylic ring:	10 g approx.

#### Tension springs

Spring constant:	2.5 N/m
------------------	---------

### 4. Set-up of pendulums without sensors

#### 4.1 General information

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

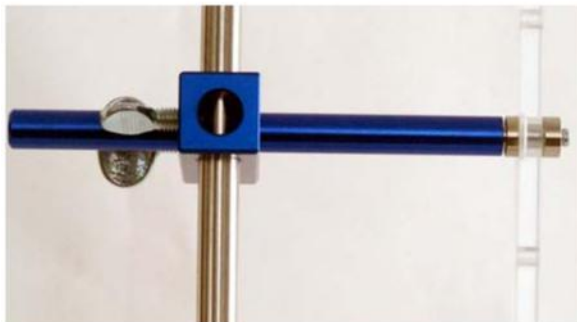
1 SW stand equipment set	1012849
1 Digital stopwatch	1002811

A stopwatch can provide sufficiently accurate results as long as at least 10 periods are measured.

- Make sure the stand rods are firmly fitted into the base and that all other mounting elements are also firmly fitted to the stands.
- Do not bend the pendulum rods over the bearings (otherwise they could break).

#### 4.2 Set-up for a physical pendulum without sensors

- Screw a stand rod with both external and internal threads into the central threaded sockets of the base plate and extend the rod by screwing one with external thread only onto the end.



- Attach a 200-g weight (pendulum bob) to the pendulum rod with the knurled screw.

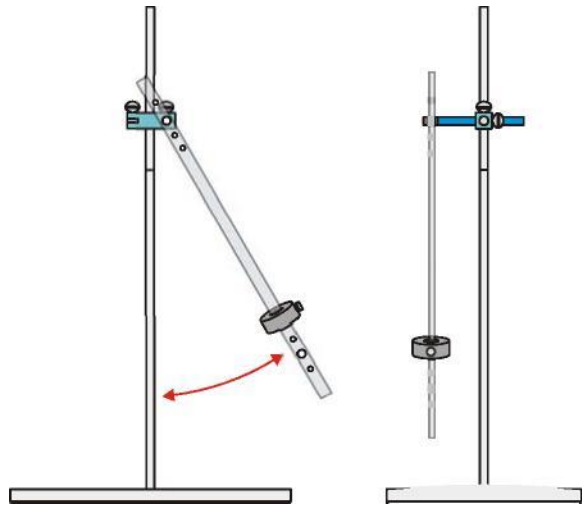


Fig. 2 Set-up for physical pendulum without sensors

#### 4.3 Set-up for a double pendulum without sensors

- 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.
- Clamp the cross bar into the slots of the two double clamps.
- Insert bearing rods into the double clamps and slot pendulum rods over the bearings.
- Couple the pendulum rods together with a tension spring.
- Attach 200-g weights (pendulum bobs) to the pendulum rods with the knurled screws.

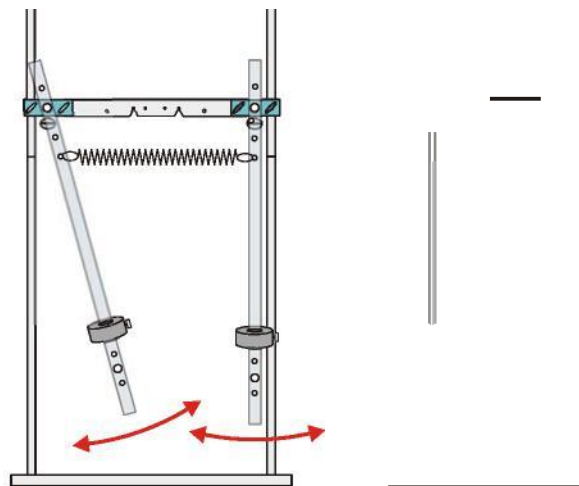


Fig. 3 Set-up for coupled pendulum without sensors



#### 4.4 Set-up for a reversible (Kater) pendulum

- Set up the pendulum stand as described in 4.2.
- To set up a reversible pendulum, position a 200-g weight between the bearing holes and a 150-g weight at the top end of the pendulum.

**Note:**

- Only deflect the pendulum by small angles.

If the bearing holes are  $l = 330$  mm apart, as long as the pendulum is correctly adjusted, the oscillation about either bearing should have a period  $T = 1.152$  s ( $g = 9.81$  m/s<sup>2</sup>).

$$T = \frac{4\pi^2 \cdot l}{g}$$

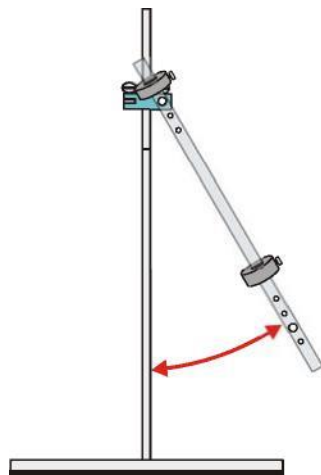


Fig. 4 Set-up for reversible pendulum

#### 4.5 Set-up for metronome pendulum

- Set up the pendulum stand as described in 4.2.
- Attach a 200-g weight at the bottom of the pendulum rod with the knurled screw.
- Attach the acrylic ring near the top of the pendulum.

**Note:** This pendulum can be used to achieve a wide variety of periods.

By moving the large weight, the oscillating system can be adjusted to approach an indifferent equilibrium. Period durations are then effectively limited only by friction at the bearings.

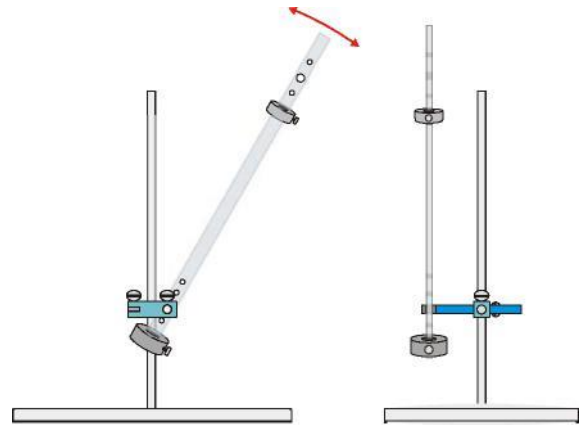


Fig. 5 Set-up for a metronome pendulum

### 5. Set-up for pendulums with sensors

#### 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 Analog oscilloscope 2x 30 MHz	1002727

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

- Neither sensor 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.
- Do not bend the pendulum rods over the bearings (otherwise they could break).

The force sensors can be set up with high or low pre-tensioning of the coupling springs (by attaching them to two different positions on the cross bar). This means that the distance between pendulum rod and force sensor may differ. One position allows for high amplitudes with long pendulum swings, whereas the other provides for low bearing friction but only short pendulum swings and therefore small amplitudes are possible.

## 5.2 Set-up for coupled pendulum with sensors

- Set up the pendulum stand as described in 4.3.
- Attach a force sensor to the cross bar with the knurled screw.
- Stretch a coupling spring between the pendulum rod and the force sensor.
- Clamp the bearing rod into the double clamp in such a way that the coupling springs and pendulum rod move in roughly the same plane as the hook of the force sensor.
- Set up the second force sensor in the same way.
- Couple the two pendulum rods together with the tension spring.
- 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.

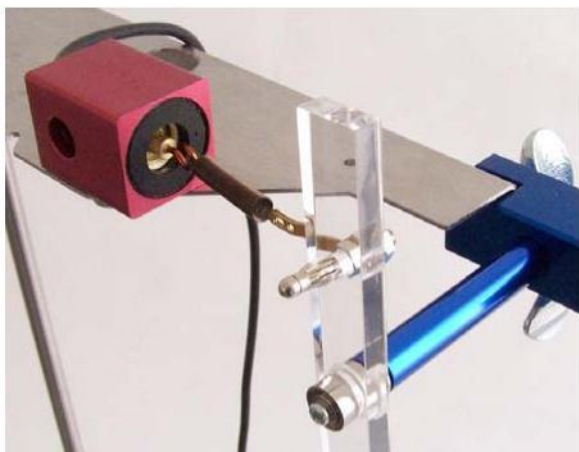


Fig. 6 Coupling of force sensor

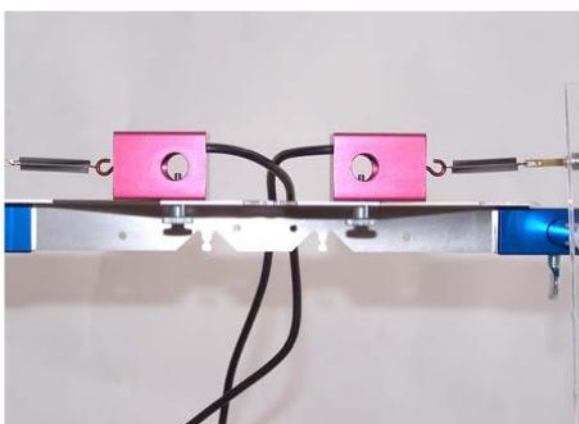


Fig. 7 Set up of force sensors

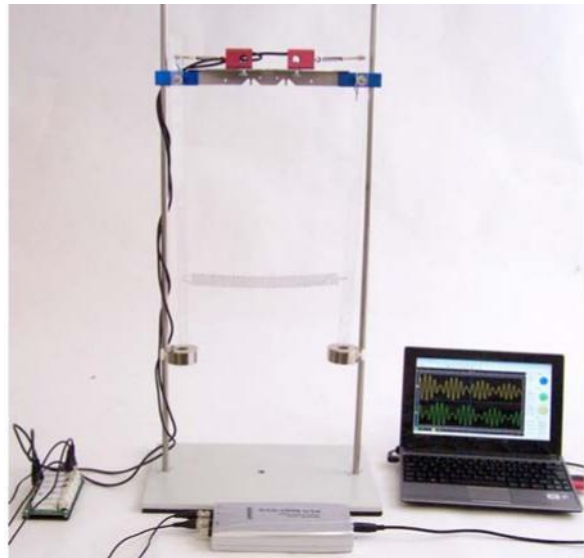
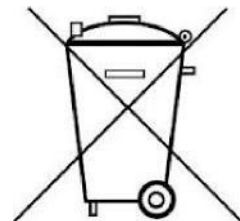


Fig. 8 Set-up for coupled pendulum with sensors and USB oscilloscope

## 6. Disposal

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

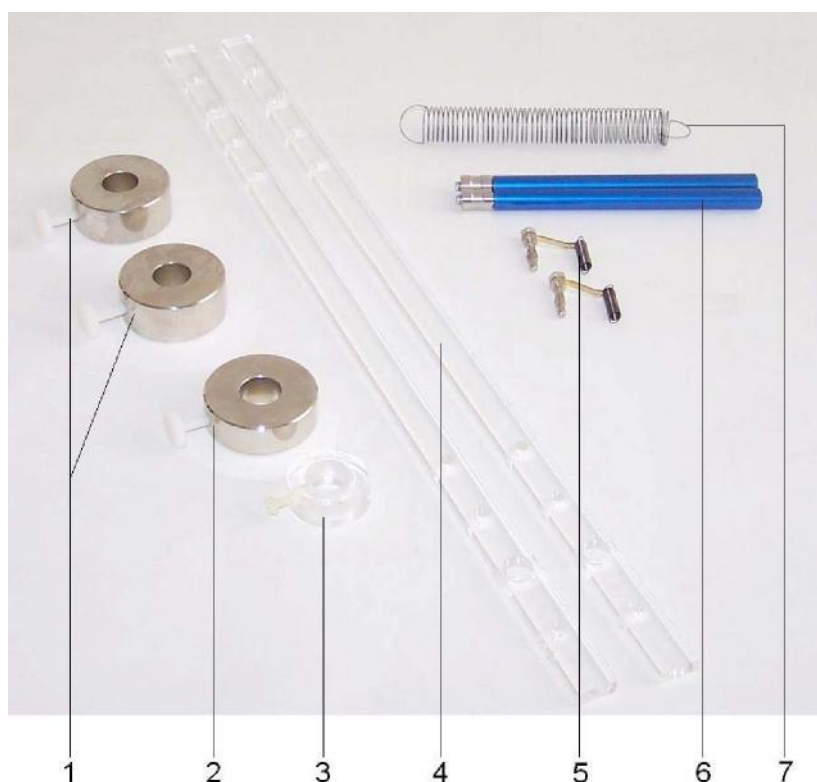




## Pendule physique SW 1012853

### Manuel d'utilisation

10/13 TL/ALF



- 1 Poids 200 g
- 2 Poids 150 g
- 3 Anneau acrylique
- 4 Barre de pendule
- 5 Ressort de couplage
- 6 Tige de montage
- 7 Ressort de traction

### 1. Description

Le kit d'équipement Pendule physique sert au montage d'un pendule physique avec poids déplaçable, un deuxième pendule couplé, un pendule de réversion ou un pendule métronome pour expérience sur table peu encombrante.

Il est composé de tiges de pendule, de tiges de montage, de poids pour monter le pendule et d'autres composants permettant la connexion aux capteurs de force dynamiques du kit Capteurs SW, dans le but d'enregistrer et d'analyser les oscillations à l'aide d'un oscilloscope.

### 2. Fournitures

- 2 tiges de pendule
- 2 tiges de montage
- 2 poids 200 g
- 1 poids 150 g
- 1 anneau acrylique
- 1 ressort de traction
- 2 ressorts de couplage

### 3. Caractéristiques techniques

#### Tige de pendule

Longueur :	450 mm
Masse :	45 g
Distance entre les alésages de montage :	330 mm
Matériau :	Verre acrylique

#### Masses

Poids :	2x env. 200 g 1x env. 150 g
---------	--------------------------------

Anneau acrylique : env. 10 g

#### Ressort de traction

Constante de ressort : 2,5 N/m

### 4. Montage d'un pendule sans capteur

#### 4.1 Remarques générales

Pour exécuter les expériences sans capteur de force, les appareils supplémentaires suivants sont nécessaires :

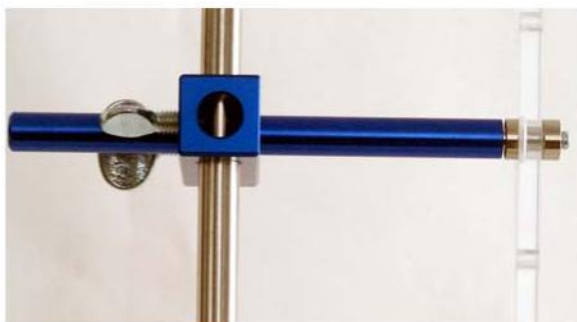
1 ensemble pour montage SW	1012849
1 chronomètre numérique	1002811

Le chronomètre fournit des résultats suffisamment précis si on mesure 10 périodes.

- 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.
- Ne pas tordre les tiges de pendule au-delà de la position de montage (risque de rupture).

#### 4.2 Montage d'un pendule physique sans capteur

- Visser les tiges de statif avec filetages extérieur et intérieur dans l'orifice fileté du milieu de la plaque de base, et rallonger avec des tiges de statif avec alésage extérieur.
- Insérer la noix double sur la tige de statif.
- Insérer la tige de montage dans la noix double et placer la tige de pendule sur la tige de montage.



- Fixer le poids de 200 g (poids de pendule) sur la tige de pendule au moyen de la vis moletée.

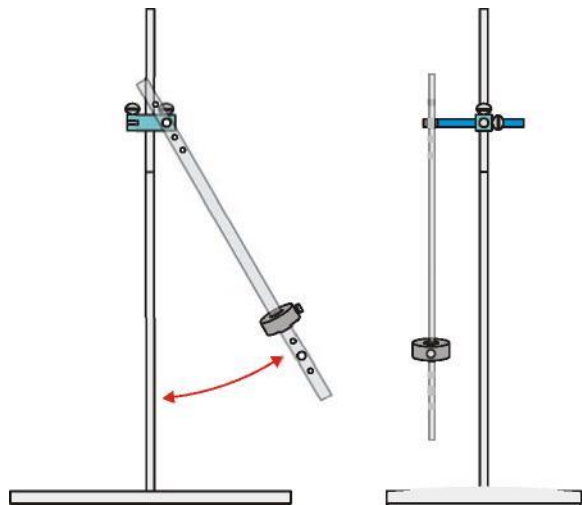


Fig. 2 Montage d'un pendule physique, sans capteur

#### 4.3 Montage d'un pendule couplé sans capteur

- 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.
- Tendrer la traverse dans les fentes des deux noix doubles.
- Insérer les tiges de montage dans les noix doubles et placer les tiges de pendule dessus.
- Coupler les tiges de pendule avec le ressort de traction.
- Fixer le poids de 200 g (poids de pendule) sur la tige de pendule au moyen de la vis moletée.

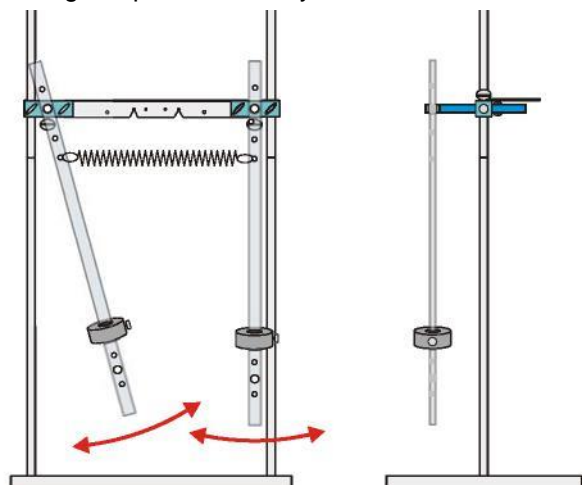


Fig. 1 Montage de la tige de pendule

Fig. 3 Montage d'un pendule couplé, sans capteur

#### 4.4 Montage d'un pendule de réversion

- Monter le statif de pendule comme décrit au 4.2.
- Pour monter le pendule de réversion, placer le poids de 200 g entre les alésages de montage et le poids de 150 g, à l'extrémité supérieure de la tige de pendule.

#### Remarques :

- N'exciter le pendule que par petits angles.

Avec la distance entre alésages de  $l = 330$  mm, on obtient une durée de  $T = 1,152$  s ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>) pour un pendule correctement ajusté qui oscille sur les deux paliers.

$$T = \frac{4t^2 \cdot l}{g}$$

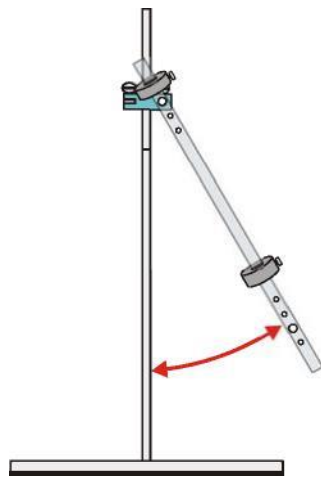


Fig. 4 Montage d'un pendule de réversion

#### 4.5 Montage d'un pendule métronome

- Monter le statif de pendule comme décrit au 4.2.
- Fixer le poids de 200 g à l'extrémité inférieure de la tige de pendule à l'aide de la vis moletée.
- Poser l'anneau acrylique sur la partie supérieur de la tige de pendule.

**Remarques :** Ce pendule permet des périodes très différentes.

En déplaçant le poids le plus lourd, il est possible d'approcher le système du point neutre. Les périodes ne sont alors limitées que par le frottement des paliers.

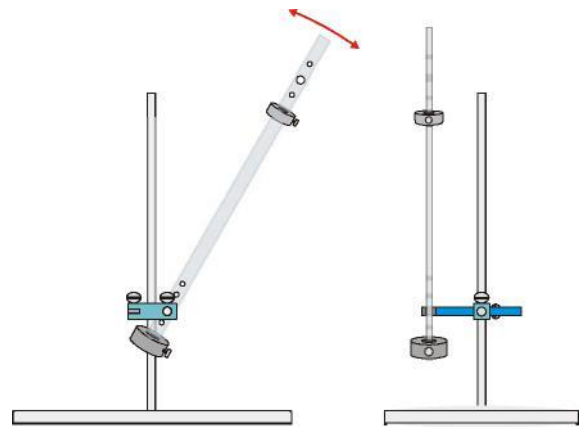


Fig. 5 Montage d'un pendule métronome

### 5. Montage d'un pendule avec capteurs

#### 5.1 Remarques générales

Pour exécuter les expériences avec capteurs de force, 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.
- Ne pas tordre les tiges de pendule au-delà de la position de montage (risque de rupture).

Les capteurs de force peuvent être montés avec précontrainte faible ou importante sur le ressort de couplage (en deux positions de la traverse). La distance entre le capteur de force et la tige de pendule varie en conséquence. Ceci permet d'une part d'importantes amplitudes si les oscillations sont importantes. D'autre part, en cas de friction faible des paliers, cela permet de petites oscillations et donc des amplitudes plus petites aussi.

## 5.2 Montage d'un pendule couplé avec capteurs

- Monter le statif de pendule comme décrit au 4.3.
- Fixer le capteur de force sur la traverse au moyen de la vis moletée.
- Accrocher le ressort de couple entre la tige de pendule et le capteur de force.
- Insérer la tige montage dans la noix double de sorte que le ressort de couple et la tige de pendule se trouvent plus ou moins au même niveau avec le crochet du capteur de force.
- Monter le deuxième capteur de force de la même manière.
- Coupler les tiges de pendule avec le ressort de traction.
- 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.

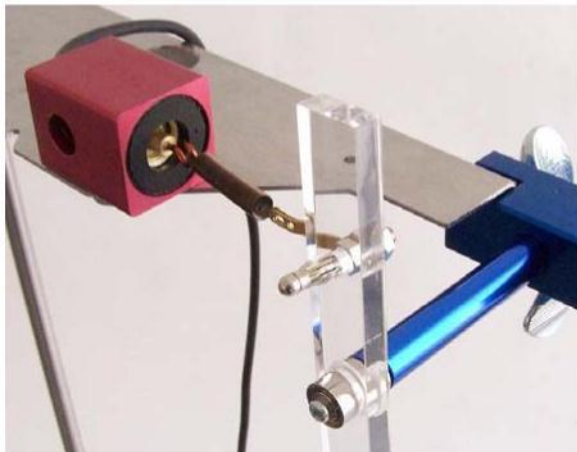


Fig. 6 Couplage du capteur de force

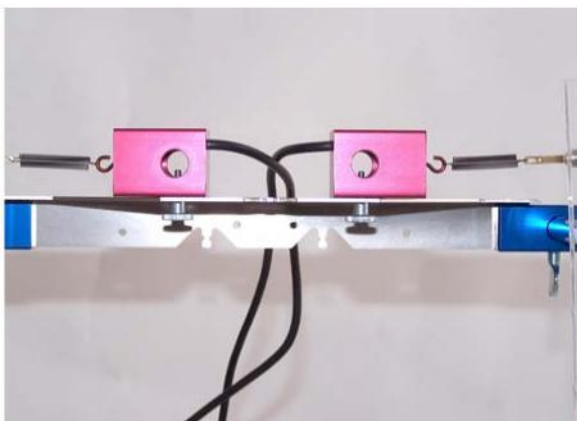


Fig. 7 Montage des capteurs de force

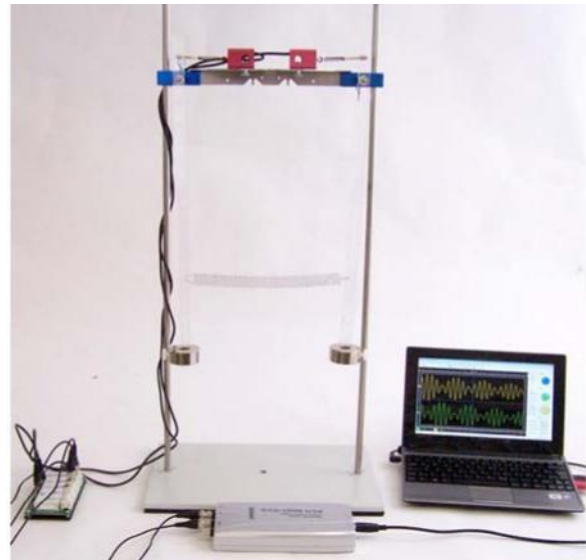
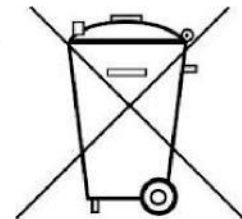


Fig. 8 Montage d'un pendule couplé avec capteurs et oscilloscope USB

## 6. Mise au rebut

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

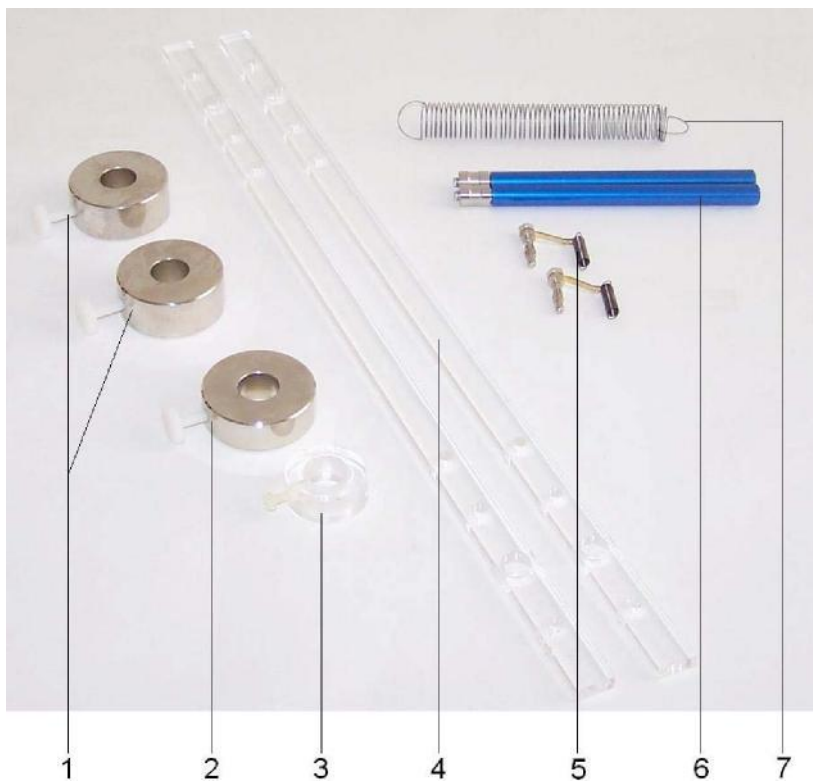




## Pacchetto SW Pendolo fisico 1012853

### Istruzioni per l'uso

10/13 TL/ALF



- 1 Peso da 200 g
- 2 Peso da 150 g
- 3 Anello acrilico
- 4 Asta del pendolo
- 5 Molla di accoppiamento
- 6 Asta di appoggio
- 7 Molla di trazione

### 1. Descrizione

Il kit di dotazione Pendolo fisico serve per la realizzazione di un pendolo fisico a peso scorrevole, di due pendoli accoppiati, di un pendolo reversibile o di un pendolo metronomo in un esperimento da tavolo ad ingombro ridotto.

Si compone di aste per pendolo, aste di appoggio e pesi per la costruzione del pendolo e ulteriori componenti per l'accoppiamento ai sensori di forza dinamici del pacchetto SW Sensori al fine di registrare e analizzare approfonditamente le oscillazioni con un oscilloscopio.

### 2. Fornitura

- 2 aste per pendolo
- 2 aste di appoggio
- 2 pesi da 200 g 1
- peso da 150 g 1
- anello acrilico
- 1 molla di trazione
- 2 molle di accoppiamento

### 3. Dati tecnici

#### Asta del pendolo

Lunghezza:	450 mm
Peso:	45 g
Distanza dei fori del supporto:	330 mm
Materiale:	vetro acrilico

#### Pesi

Pesi:	2x ca. 200 g 1x ca. 150 g
Anello acrilico:	circa 10 g

#### Molla di trazione

Indice di rigidità:	2,5 N/m
---------------------	---------

### 4. Costruzione di un pendolo senza sensori

#### 4.1 Indicazioni generali

Per l'esecuzione degli esperimenti senza sensori di forza sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 pacchetto SW materiale stativo	1012849
1 cronometro digitale	1002811

Il cronometro digitale garantisce risultati sufficientemente accurati se vengono misurati almeno 10 periodi.

- Assicurarsi che le aste della piastra di fondo e gli elementi di montaggio del sistema di supporto siano fissati saldamente.
- Non piegare le aste del pendolo sulla sede del supporto (pericolo di rottura).

#### 4.2. Costruzione di un pendolo fisico senza sensori

- Avvitare l'asta di supporto con filettatura interna ed esterna nella boccola filettata centrale della piastra di base e allungarla mediante l'asta di supporto con filettatura esterna.
- Inserire il doppio manicotto nell'asta di supporto.
- Inserire l'asta di appoggio nel doppio manicotto e l'asta del pendolo nell'asta di appoggio.



- Fissare il peso da 200 g (peso del pendolo) all'asta del pendolo con una vite a testa zigrinata.

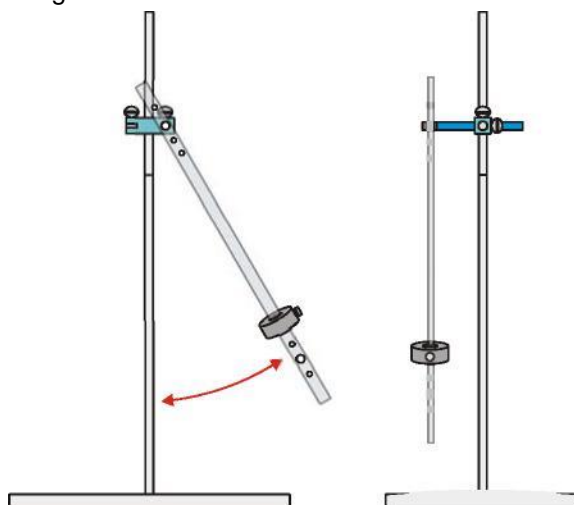


Fig. 2 Struttura di un pendolo fisico senza sensori

#### 4.3 Costruzione di un pendolo accoppiato senza sensori

- 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.
- Montare i doppi manicotti all'estremità superiore su entrambi i lati e orientarli verso l'interno di modo che le fessure siano rispettivamente perpendicolari.
- Bloccare la traversa nelle fessure di entrambi i manicotti.
- Inserire le aste di appoggio nei doppi manicotti e posizionare sopra di esse le aste del pendolo.
- Accoppiare le aste del pendolo mediante una molla di trazione.
- Fissare i pesi da 200 g (pesi del pendolo) all'asta del pendolo con una vite a testa zigrinata.

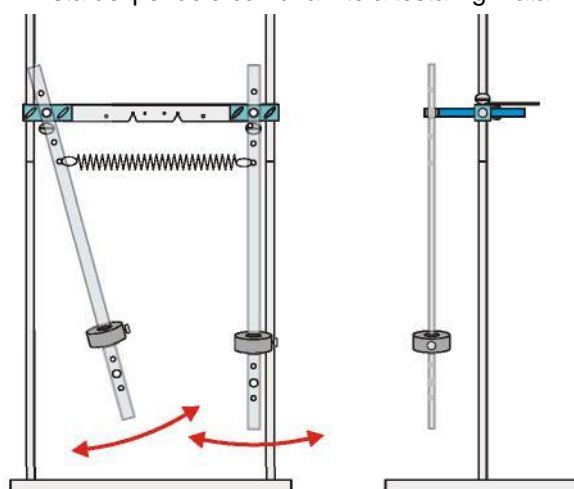


Fig. 1 Montaggio dell'asta del pendolo

Fig. 3 Struttura di un pendolo accoppiato senza sensori

#### 4.4 Costruzione di un pendolo reversibile

- Montare lo stativo del pendolo come descritto nel paragrafo 4.2.
- Per realizzare il pendolo reversibile collocare il peso da 200 g tra i fori del supporto e il peso da 150 g all'estremità superiore dell'asta del pendolo.

##### Note:

- Eccitare il pendolo in modo che esegua soltanto angoli piccoli.

Se i fori del supporto si trovano a una distanza  $l = 330$  mm e il pendolo è montato correttamente in modo da superare entrambi i supporti, il periodo è  $T = 1,152$  s ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>).

$$T = \frac{4\pi^2 \cdot l}{g}$$

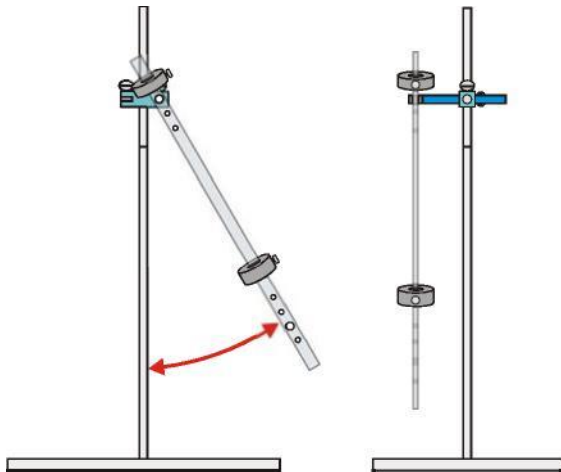


Fig. 4 Struttura di un pendolo reversibile

#### 4.5 Costruzione di un pendolo metronomo

- Montare lo stativo del pendolo come descritto nel paragrafo 4.2.
- Fissare il peso da 200 g all'estremità inferiore dell'asta del pendolo mediante una vite a testa zigrinata.
- Applicare l'anello acrilico all'estremità superiore dell'asta del pendolo.

**Note:** Con questo pendolo è possibile realizzare periodi molto diversi.

Spostando il peso maggiore il sistema oscillante si avvicina al punto di equilibrio indifferente. A questo punto è possibile limitare i tempi periodici soltanto tramite attrito del supporto.

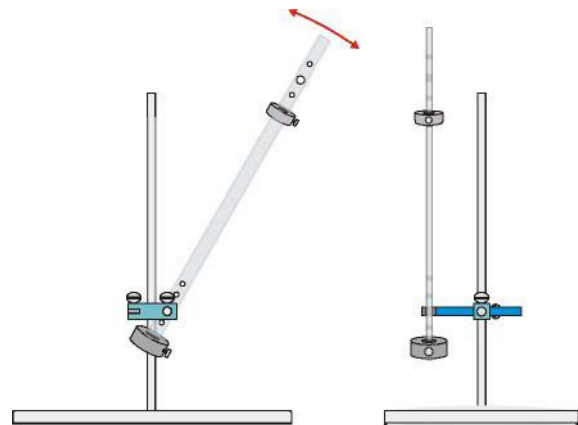


Fig. 5 Struttura di un pendolo metronomo

### 5. Costruzione di un pendolo con sensori

#### 5.1 Indicazioni generali

Per l'esecuzione degli esperimenti con sensori di forza sono inoltre necessari i seguenti apparecchi:

1 pacchetto SW materiale 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 che le aste della piastra di fondo e gli elementi di montaggio del sistema di supporto siano fissati saldamente.
- Non piegare le aste del pendolo sulla sede del supporto (pericolo di rottura).

I sensori di forza possono essere montati con una pretensione della molla di accoppiamento alta o bassa (su due posizioni della traversa). Pertanto anche la distanza tra il sensore di forza e l'asta del pendolo è diversa. Ciò consente, da un lato, un'ampiezza elevata dovuta alla grande ampiezza di oscillazione, dall'altro, un attrito ridotto produce un'ampiezza di oscillazione limitata e di conseguenza un'ampiezza ridotta.

## 5.2. Costruzione di un pendolo accoppiato con sensori

- Montare lo stativo del pendolo come descritto nel paragrafo 4.3.
- Montare il sensore di forza sulla traversa mediante una vite a testa zigrinata.
- Agganciare la molla di accoppiamento tra l'asta del pendolo e il sensore di forza.
- Far scorrere l'asta di appoggio nel doppio manicotto in modo che la molla di accoppiamento e l'asta del pendolo si trovino sullo stesso piano del gancio del sensore di forza.
- Montare il secondo sensore di forza nello stesso modo.
- Accoppiare le aste del pendolo mediante una molla di trazione.
- 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.

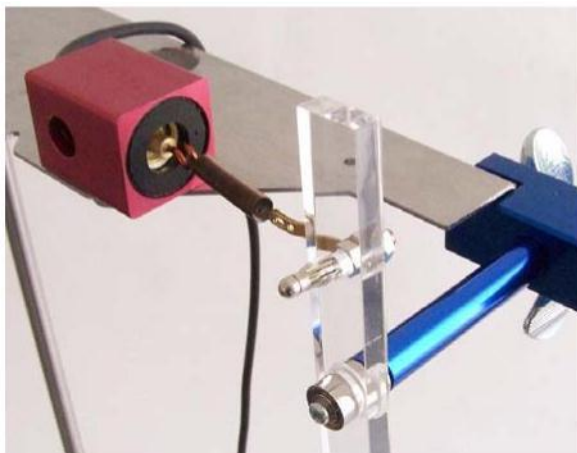


Fig. 6 Accoppiamento del sensore di forza

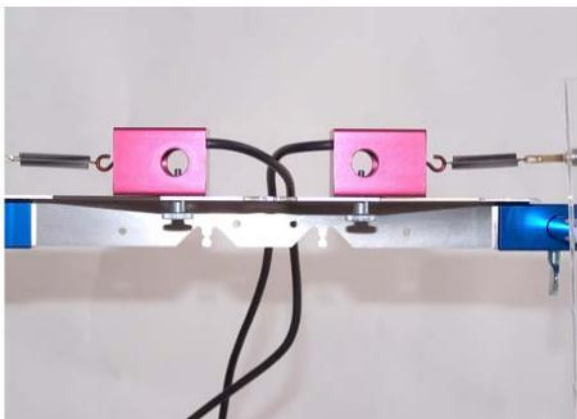


Fig. 7 Montaggio dei sensori di forza

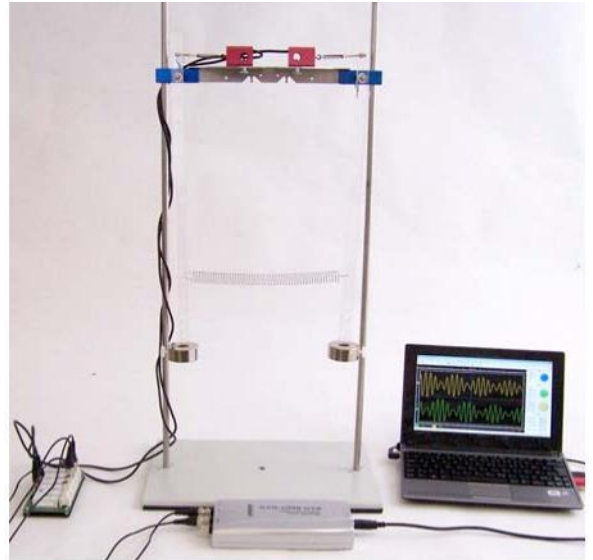


Fig. 8 Struttura di un pendolo accoppiato con sensori e oscilloscopio USB

## 6. Smaltimento

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

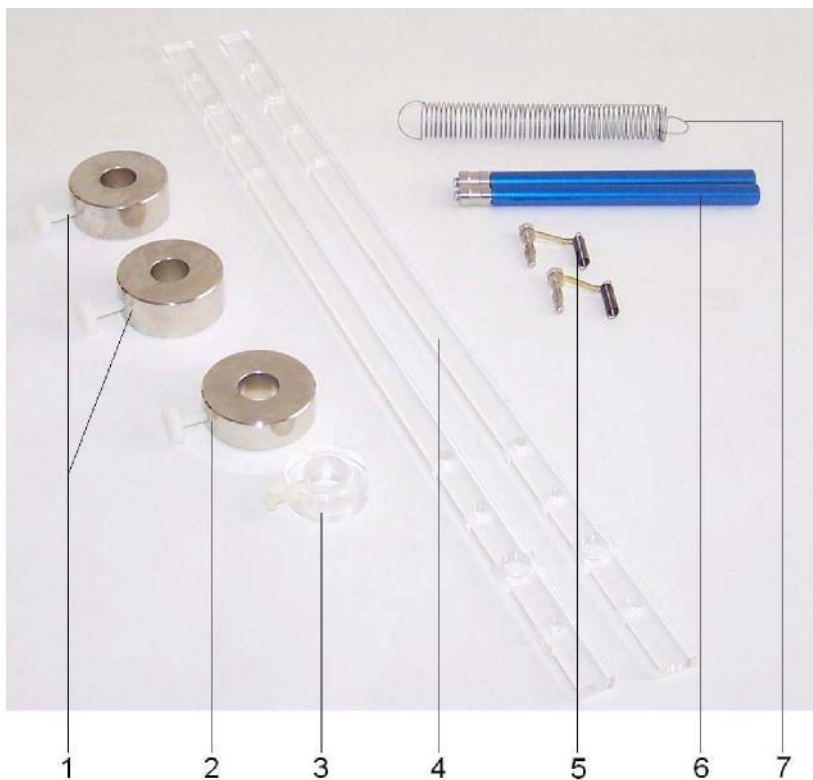




## Paquete-SW - Péndulo físico 1012853

### Instrucciones de uso

10/13 TL/ALF



- 1 Pieza masiva 200 g
- 2 Pieza masiva 150 g
- 3 Anillo de acrílico
- 4 Varilla pendular
- 5 Muelle de acoplamiento
- 6 Barra soporte
- 7 Muelle de tracción

### 1. Descripción

El paquete de equipamiento SW - Péndulo físico sirve para el montaje de, un péndulo físico con masa desplazable, de dos péndulos acoplados, un péndulo de reversión o de un péndulo metronómico, en experimentos de sobremesa en un espacio reducido.

Se compone de varillas pendulares, barras soporte y masas para el montaje de los péndulos y además de piezas adicionales para el acoplamiento a los sensores de fuerza dinámicos que forman parte del Paquete-SW - Sensores, para el registro y el análisis de oscilaciones por medio de un osciloscopio.

### 2. Volumen de suministro

- 2 Varillas pendulares
- 2 Barras soporte
- 2 Piezas masivas 200 g
- 1 Pieza masiva 150 g
- 1 Anillo de acrílico
- 1 Muelle de tracción
- 2 Muelles de acoplamiento

### 3. Datos técnicos

#### Varilla pendular

Longitud:	450 mm
Masa:	45 g
Distancia de los orificios soporte:	330 mm
Material:	Vidrio acrílico

#### Masas

Piezas masivas:	2x aprox. 200 g 1x aprox. 150 g
-----------------	------------------------------------

Anillo de acrílico:	aprox. 10 g
---------------------	-------------

#### Muelle de tracción

Constante de muelle:	2,5 N/m
----------------------	---------

### 4. Montaje de un péndulo sin sensores

#### 4.1 Observaciones generales

Para la realización de los experimentos sin sensores de fuerza se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Paquete-SW - Material de soporte	1012849
1 Cronómetro digital	1002811

Con un cronómetro se pueden lograr resultados suficientemente exactos cuando se miden por lo menos 10 períodos.

- Se presta atención a un asiento rígido de las varillas en la placa base y de los elementos de montaje del sistema de soporte.
- Las varillas pendulares no se deben ladear en el asiento soporte (Peligro de ruptura).

#### 4.2 Montaje de un péndulo físico sin sensores

- Se atornilla la varilla soporte con rosca interna y externa en el casquillo roscado central de la placa base y se alarga con la varilla de rosca externa.
- Se desplaza una nuez doble en la varilla soporte.
- Se inserta la barra soporte en la nuez doble y se coloca la varilla pendular en la barra soporte.



Fig. 1 Montaje de la varilla pendular

- La pieza masiva de 200 g (masa pendular)

se fija en la varilla pendular por medio de un tornillo moleteado.

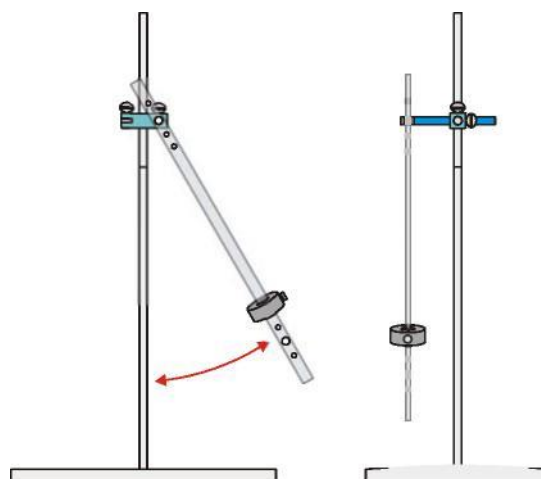


Fig. 2 Montaje de un péndulo físico sin sensores 4.3

#### Montaje de péndulos acoplados sin sensores

- Se atornillan varillas soporte con rosca eterna e interna en los casquillos roscados externos de la placa base.
- Se alargan ambas varillas soporte utilizando varillas con rosca externa.
- Se monta una nuez doble en el externo superior de cada una de las varillas y las dos se orientan hacia adentro, así que las ranuras queden perpendiculares una enfrente de la otra.
- Se sujeta en voladizo el travesaño en las ranuras de las nueces dobles.
- Se insertan las barras soporte en las nueces dobles y se ponen las varillas pendulares sobre ellas.
- Se acoplan las dos varillas pendulares por medio del muelle de tracción.
- Se fija una pieza masiva de 200 g (masas pendulares) en cada una de las varillas pendulares y se fijan por medio de tornillos moleteados.

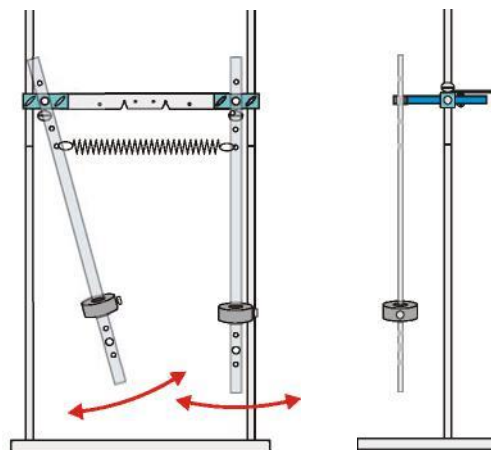


Fig. 3 Montaje de dos péndulos acoplados sin sensores

#### 4.4 Montaje de un péndulo de reversión

- Se monta el soporte pendular como se describe en el punto 4.2.
- Para el montaje del péndulo de reversión, la masa de 200 g se coloca entre los orificios de soporte y la masa de 150 g se posiciona en el extremo superior de la varilla pendular.

#### Observación:

- El péndulo se arranca sólo bajo ángulos pequeños.

Con una distancia de  $l = 330$  mm entre los orificios soporte y teniendo el péndulo perfectamente sintonizado se da para ambos puntos de sustentación una oscilación de un período de  $T = 1,152$  s ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>).

$$T = \frac{2\pi}{g} \sqrt{\frac{4l^2 \cdot l}{g}}$$

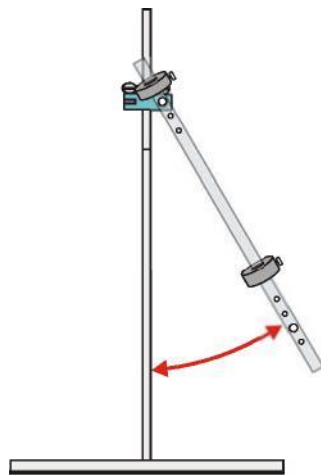


Fig. 4 Montaje de un péndulo de reversión

#### 4.5 Montaje de un péndulo metronómico

- Se monta el péndulo soporte como se describe en el punto 4.2.
- Se fija la masa de 200 g en el extremo inferior de la varilla pendular, utilizando un tornillo moleteado.
- Se inserta el anillo de acrílico en la parte superior de la varilla pendular.

**Observaciones:** Con este péndulo es posible realizar períodos muy diferentes.

Desplazando la masa grande se nutre el sistema capaz de oscilar en su indiferencia. El tiempo que el sistema oscila se alarga y se limita sólo por la fricción en el eje soporte.

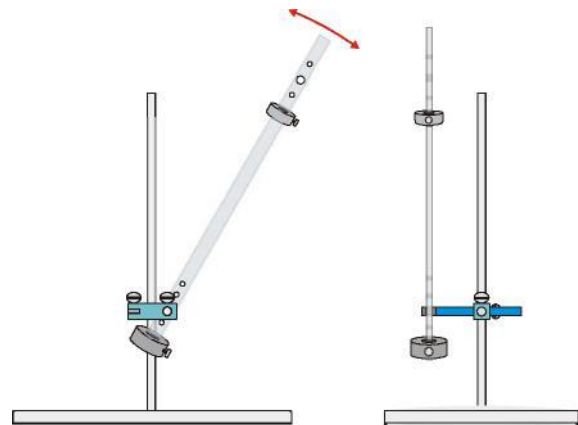


Fig. 5 Montaje de un péndulo metronómico

### 5. Montaje de un péndulo con sensores

#### 5.1 Observaciones generales

Para la realización de los experimentos con sensores de fuerza se requieren adicionalmente los siguientes aparatos:

1 Paquete-SW - Material de soporte	1012849
1 Paquete-SW - Sensores (@230V)	1012850
0	
1 Paquete-SW - Sensores (@115V)	1012851
1 Osciloscopio USB 2x 50 MHz	1017264
1 PC, sistema operativo Win XP, Vista, Win 7	
0	
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.
- Las varillas pendulares no se deben ladear en el asiento soporte (Peligro de ruptura).

Los sensores de fuerza se pueden montar con una tensión inicial grande o pequeña de los muelles de acoplamiento (en dos posiciones del travesaño). Correspondientemente es la distancia entre el sensor de fuerza y la varilla pendular. Esto hace posible por un lado, grandes amplitudes debidas a grandes elongaciones pendulares. Del otro lado, en caso de una fricción del soporte mucho más baja sólo son posibles pequeñas elongaciones pendulares y por ello pequeñas amplitudes.

## 5.2 Montaje de péndulos acoplados con sensores

- Se monta el soporte del péndulo tal y como se describe en 4.3.
- Se monta el sensor de fuerza sobre el travesaño utilizando un tornillo moleteado.
- Se cuelga el muelle de acoplamiento entre la varilla pendular y el sensor de fuerza.
- Se desplaza la barra soporte en la nuez doble así que el muelle de acoplamiento y la varilla pendular se encuentren en un plano con el gancho del sensor de fuerza.
- Se monta el segundo sensor de fuerza en la misma forma.
- Se acoplan las varillas pendulares entre sí utilizando el muelle de tracción.
- Se conectan los sensores de fuerza en las entradas de los canales A y B de la placa de amplificador MEC.
- Las salidas se conectan con el osciloscopio y se pone en marcha el experimento.

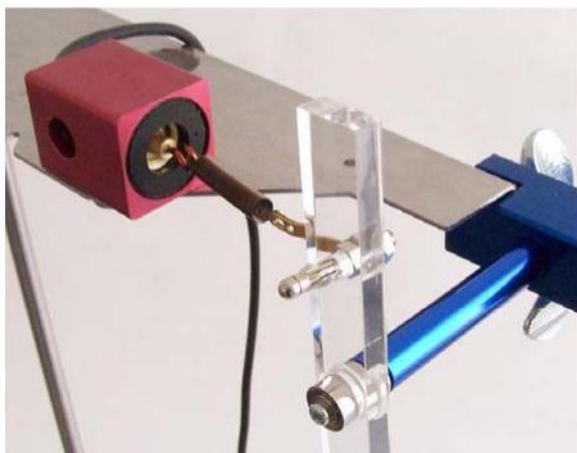


Fig. 6 Acoplamiento de los sensores de fuerza

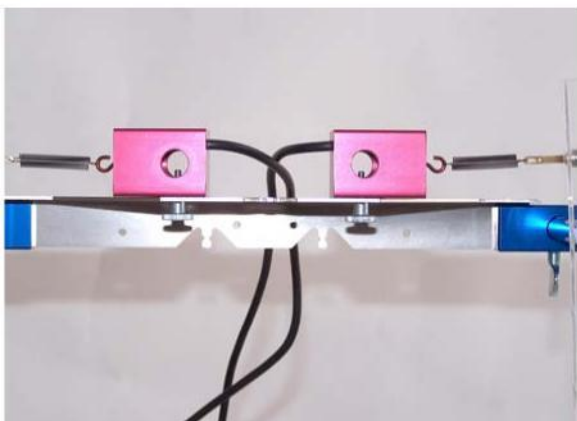


Fig. 7 Montaje de los sensores de fuerza

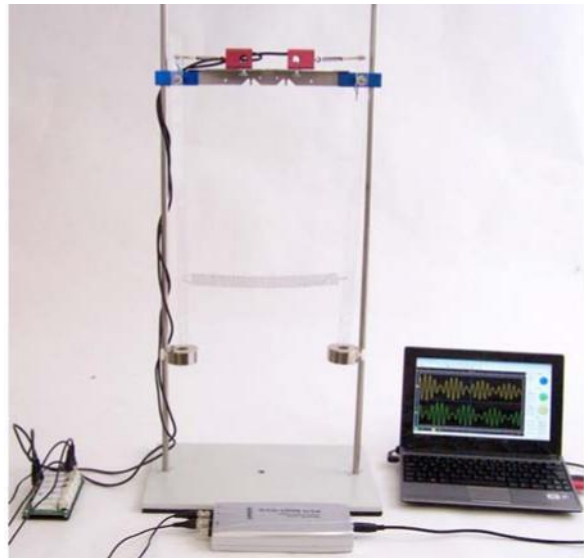
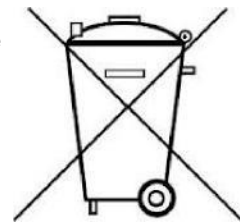


Fig. 8 Montaje de péndulos acoplados con sensores y con el osciloscopio USB

## 6. Desecho

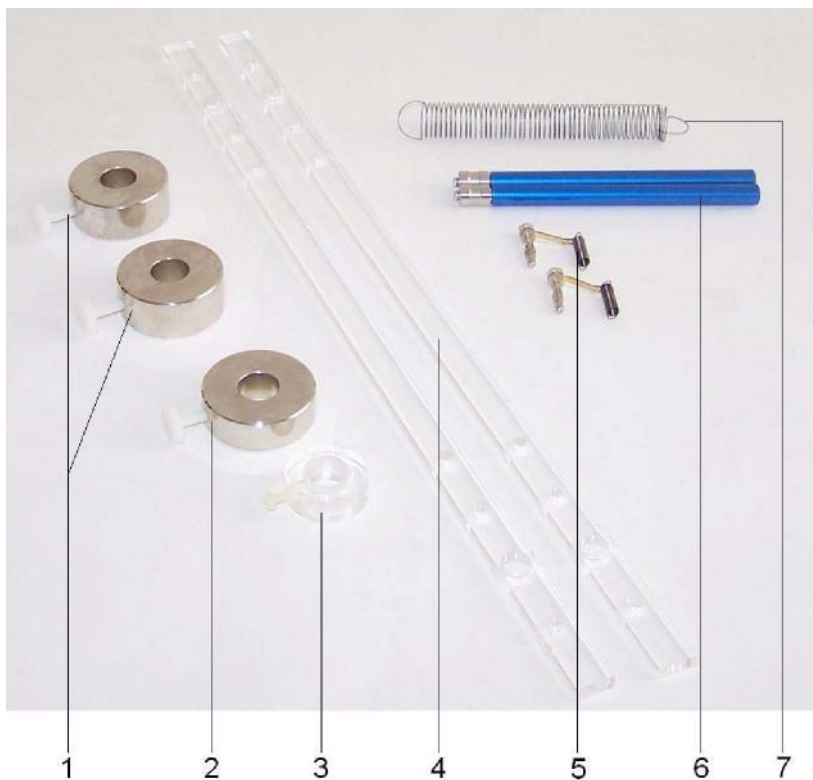
- El embalaje y las componentes se desechan en los sitios de reciclaje del lugar.



## Pacote SW Pêndulo físico 1012853

### Instruções de operação

10/13 TL/ALF



- 1 Peça de massa 200 g
- 2 Peça de massa 150 g
- 3 Anel acrílico
- 4 Vara de pêndulo
- 5 Mola de acoplamento
- 6 Vara de mancal
- 7 Mola de tensão

### 1. Descrição

O pacote de fornecimento do pêndulo físico serve para a montagem de um pêndulo físico com massa que pode ser deslocada, de dois pêndulos acoplados, de um pêndulo de reversão ou de um pêndulo metronômico em experiências de mesa com economia de espaço.

Ele consiste em varas de pêndulos, varas de mancal, peças de massa para a montagem dos pêndulos e outros componentes para o acoplamento aos sensores dinâmicos do pacote SW Sensorik para o registro e análise abrangente das oscilações com um osciloscópio.

### 2. Fornecimento

- 2 Varas de pêndulo
- 2 Varas de mancal
- 2 Peças de massa 200 g
- 1 Peça de massa 150 g
- 1 Anel acrílico
- 1 Mola de tensão
- 2 Molas de acoplamento



### 3. Dados técnicos

#### Vara de pêndulo

Comprimento:	450 mm
Massa:	45 g
Distância das furações de mancal:	330 mm
Material:	Vidro acrílico

#### Massas

Peças de massa:	2x aprox. 200 g 1x aprox. 150 g
-----------------	------------------------------------

Anel acrílico: aprox. 10 g

#### Mola de tensã

Constante de mola: 2,5 N/m

### 4. Montagem de um pêndulo sem Sensorik

#### 4.1 Indicações gerais

Para a execução das experiências som sensor de força os seguintes aparelhos adicionais sã necessários:

1 Pacote SW material de suporte 1012849

1 Cronômetro digital 1002811

Um cronômetro fornece resultados suficientemente precisos, quando são medidos pelo menos 10 períodos.

- Cuidar do assentamento firme das varas na placa base assim como o dos elementos de montagem do sistema de suporte.
- Não deformar as varas de pêndulo por sobre o assento de mancal (Perigo de quebra).

#### 4.2 Montagem de um pêndulo físico sem Sensorik

- Parafusar as varas de apoio com rosca exterior e interior nas roscas centrais da placa base e alonga-las através de varas de apoio com rosca exterior.
- Empurrar a manga dupla por sobre a vara de apoio.
- Inserir a vara de mancal na manga dupla e colocar a vara de pêndulo sobre a vara de mancal.

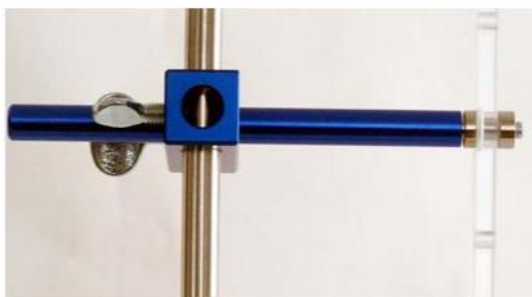


Fig. 1 Montagem da vara de pêndulo

- Fixar a peça de massa de 200 g (Massa de pêndulo) na vara de pêndulo através do parafuso serrilhado.

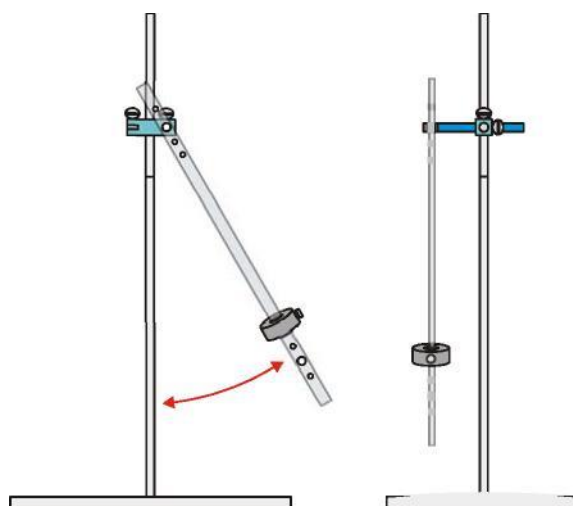


Fig. 2 Montagem de um pêndulo físico sem Sensorik

#### 4.3 Montagem de um pêndulo acoplado sem Sensorik

- Parafusar as varas de apoio com rosca exterior e interior nas roscas exteriores da placa base.
- Alongar ambas as varas de apoio através de varas 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..
- Engatar a travessa nas fendas de ambas às mangas duplas.
- Inserir as varas de mancal dentro das mangas duplas e colocar as varas de pêndulo encima.
- Acoplar as varas de pêndulo através da mola de tensã.
- Fixar a peça de massa de 200 g (Massas de pêndulo) na vara de pêndulo através do parafuso serrilhado.

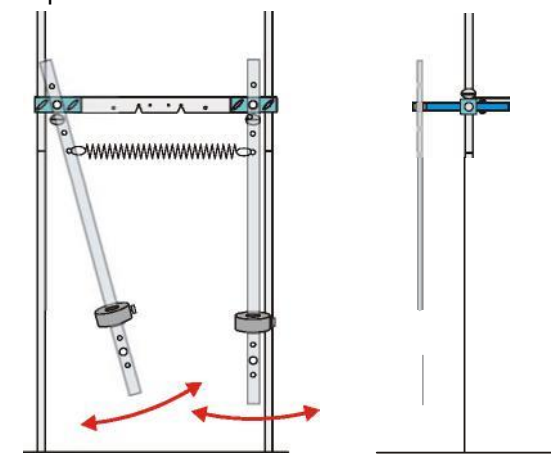


Fig. 3 Montagem de um pêndulo acoplado sem Sensorik

#### 4.4 Montagem de um pêndulo de reversão

- Montar a vara de pêndulo como descrito em 4.2.
- Para a montagem do pêndulo de reversão posicionar a peça de massa de 200 g entre as furações de mancal e a peça de massa de 150 g no extremo superior da vara de pêndulo.

#### Indicações:

- Oscilar o pêndulo somente em pequenos ângulos.

Com a distância das furações de mancal de  $l = 330$  mm, resulta no caso de pêndulos oscilando corretamente sintonizados em ambos os mancais, uma duração de períodos de  $T = 1,152$  s ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>).

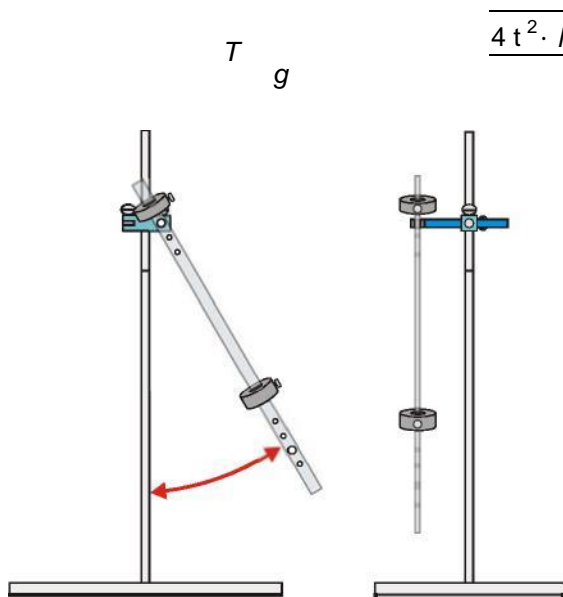


Fig. 4 Montagem de um pêndulo de reversão

#### 4.5 Montagem de um pêndulo metronômico

- Montar a vara de pêndulo como descrito em 4.2.
- Fixar a peça de massa de 200 g no extremo inferior da vara de pêndulo através do parafuso serrilhado.
- Colocar o anel acrílico na parte superior da vara de pêndulo.

**Indicações:** Com este pêndulo é possível realizar períodos muito diferenciados.

Através do deslocamento da massa grande o sistema capacitado para oscilar pode ser aproximado à sua indiferença. Então os tempos de períodos praticamente estão restringidos pelo atrito de mancal.

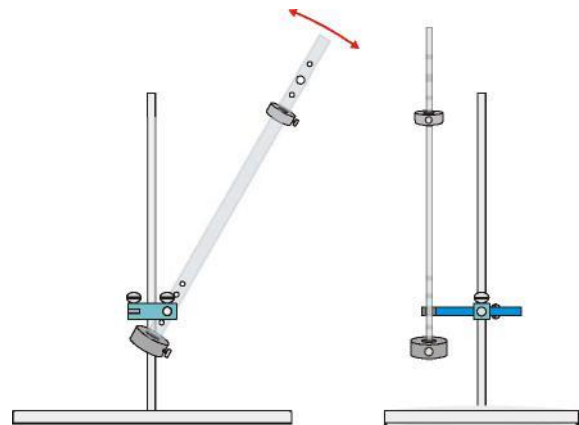


Fig. 5 Montagem de um pêndulo metronômico

### 5. Montagem de um pêndulo com Sensorik

#### 5.1 Indicações gerais

Para a execução das experiências com sensor de força 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.
- Prestar atenção, especialmente na montagem e no enganche de laços ou molas no gancho de força das forças máximas permitidas.
- Cuidar do assentamento apertado das varas da placa base, assim como o dos elementos de montagem do sistema de apoio.
- Não deformar as varas de pêndulo por sobre o assentamento de mancal (Perigo de quebra).

Os sensores de força são montáveis com uma grande ou pequena pré-tensão da mola de acoplamento (sobre duas posições da travessa). De acordo com isto a distância entre o sensor de força e a vara de pêndulo é diferente. Isto permite por um lado grandes amplitudes em consequência das amplas grandezas do pêndulo. Por outro lado, no caso de menor atrito de mancal, são possíveis somente pequenas grandezas de pêndulo e com isto amplitudes menores.

## 5.2 Montagem de um pêndulo acoplado com Sensorik

- Montar a vara de pêndulo como descrito em 4.3.
- Montar o sensor de força através do parafuso serrilhado sobre a travessa.
- Pendurar a mola de acoplamento entre a vara de pêndulo e sensor de força.
- Deslocar a vara de mancal dentro da manga dupla de tal maneira, para que a mola de acoplamento e a vara de pêndulo fiquem quase no mesmo plano com o gancho do sensor de força.
- Montar o segundo sensor de igual maneira.
- Acoplar as varas de pêndulo juntas através da mola de tensão.
- Conectar os sensores de força nas entradas dos canais A e B do painel de amplificação MEC.
- Conectar as saídas com o osciloscópio e iniciar a experiência.

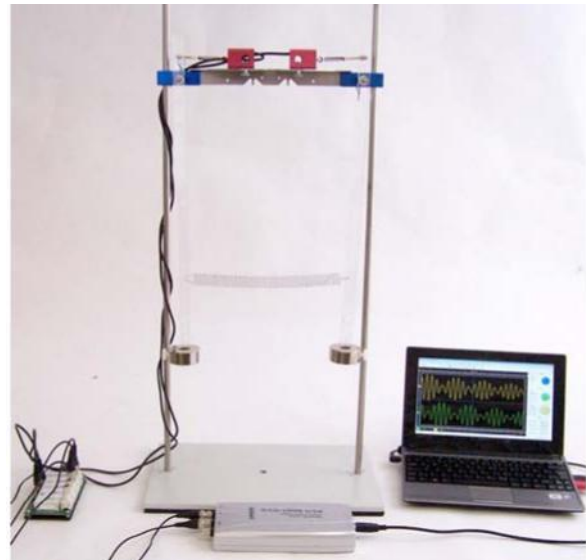
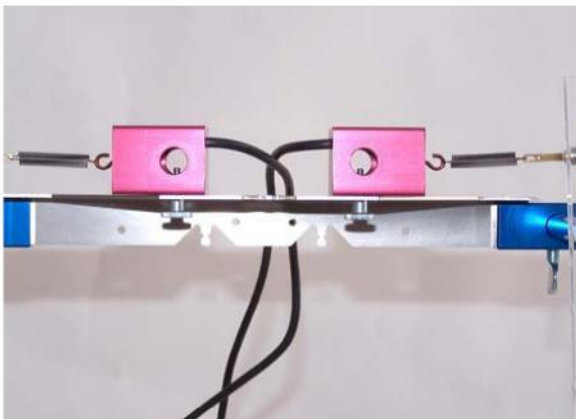
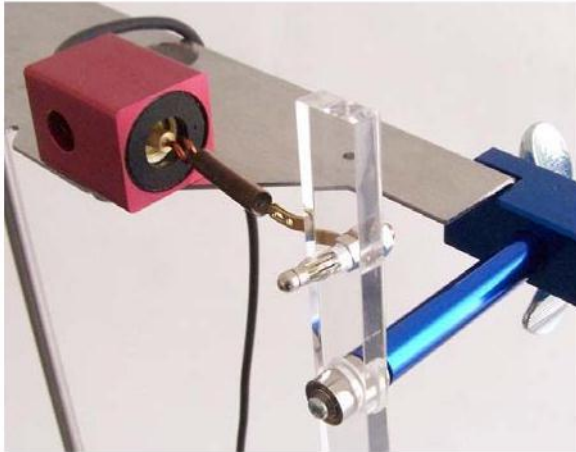


Fig. 8 Montagem de um pêndulo acoplado com Sensorik e osciloscópio USB

## 6. . Eliminação de resíduos

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

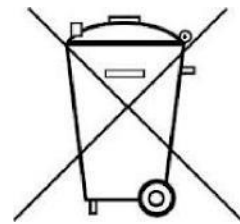


Fig. 6 Acoplamento do sensor de força

Fig. 7 Montagem de sensores de força