

Reversionspendel 1018466

Bedienungsanleitung

02/24 TL/UD



- 1 Pendel
- 2 Stativ
- 3 Bodenauflage

1. Sicherheitshinweise

Bei sorgfältiger Montage und bestimmungsgemäßen Gebrauch ist gefahrloses Experimentieren mit dem Reversionspendel gewährleistet. Es besteht jedoch eventuell Verletzungsgefahr oder die Gefahr der Beschädigung des Reversionspendels, wenn die Sorgfalt vernachlässigt wird.

- Diese Bedienungsanleitung vollständig lesen und beachten.
- Stativ auf festem, ebenem Untergrund aufbauen und Montageschrauben fest anziehen.
- Arretierschraube der beweglichen Pendelmassse festdrehen, so dass die Pendelmassse nicht unkontrolliert abgleiten kann.
- Lagerplatte mit Hilfe der Justierschrauben in der Fußplatte des Stativs so ausrichten, dass die Lagerachsen des Pendels gleichmäßig aufliegen können.
- Pendel beim Um- oder Einhängen immer mit zwei Händen anfassen.
- Pendel sorgfältig in die Lagerplatte einhängen und korrekte Position der Lagerachsen prüfen.
- Pendel keinen übertriebenen Stößen aussetzen und nicht mehr als 10 cm am unteren Ende auslenken.

2. Komponenten

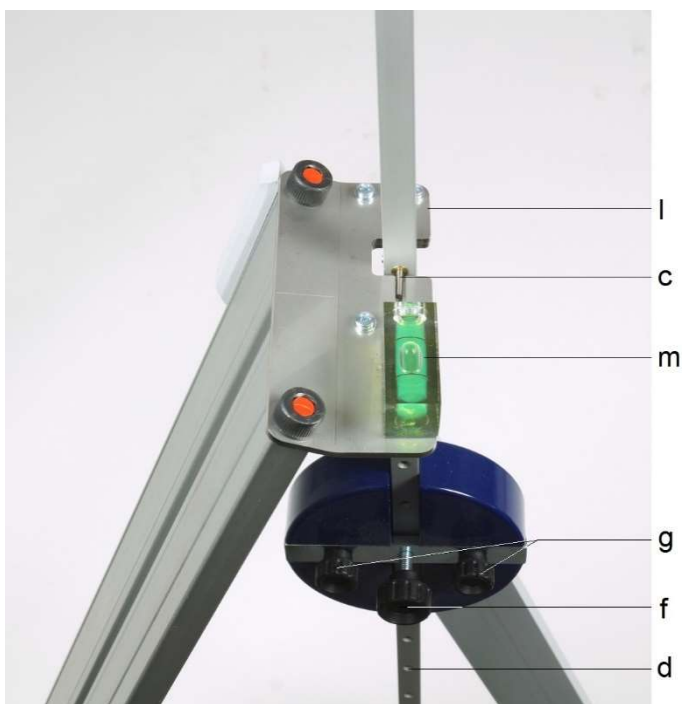


Pendel

- a feste Pendelmasse
- b Pendelstange
- c Lagerachsen
- d Einrastpositionen
- e bewegliche Pendelmasse
- f Arretierschraube
- g Montageschrauben

Stativ

- h Fußplatte
- i Justierschrauben
- j Stativstrebe
- k Stativboard
- l Lagerplatte
- m Libelle
- n Bodenaufgabe



3. Beschreibung

Das Reversionspendel ist ein physikalisches Pendel mit zwei Lagerachsen und einer festen und einer beweglichen Pendelmasse. Es schwingt in einem Stativ wahlweise mit der Schwingungsdauer T_1 um die erste oder mit der Schwingungsdauer T_2 um die zweite Lagerachse. Durch Verschieben der beweglichen Pendelmasse können die beiden Schwingungsdauern so verändert werden, dass sie übereinstimmen. Dann entspricht die reduzierte Pendellänge dem Abstand d der Lagerachsen und es gilt:

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{Fallbeschleunigung}$$

Beim Verschieben rastet die bewegliche Pendelmasse auf der Pendelstange in Abständen von 2,5 cm ein. Für feinere Verschiebungen kann die Pendelmasse vertikal um 180° gedreht montiert werden.

4. Technische Daten

Schwingungsdauer des abgestimmten Pendels (berechnet mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$):	1794 ms
Abmessungen inkl. Stativ:	80x125x30cm ³
Gesamtmasse:	ca. 6,3 kg
Länge der Pendelstange:	120 cm
Abstand der Lagerachsen:	80 cm
Feste Pendelmasse:	ca. 1,4 kg
Bewegliche Pendelmasse:	ca. 1,0 kg
Max. Pendelauslenkung	10 cm

5. Inbetriebnahme

5.1 Wahl des Aufstellortes

Auf federnden Böden wird Schwingungsenergie auf das gesamte Stativ übertragen, wodurch Messfehler verursacht werden.

- Reversionspendel nur auf festem, ebenem Untergrund aufstellen und betreiben.

Bei glatten, gleitfähigen oder empfindlichen Böden:

- Unter der Fußplatte sowie unter der Stativstrebe jeweils eine Bodenauflage auslegen.

5.2 Montage des Stativs

- Fixierschraube lösen (siehe Fig. 1), Stativstrebe ausklappen.

- Fixierschraube in Aufstellposition mit mäßigem Anzugsmoment wieder eindrehen.

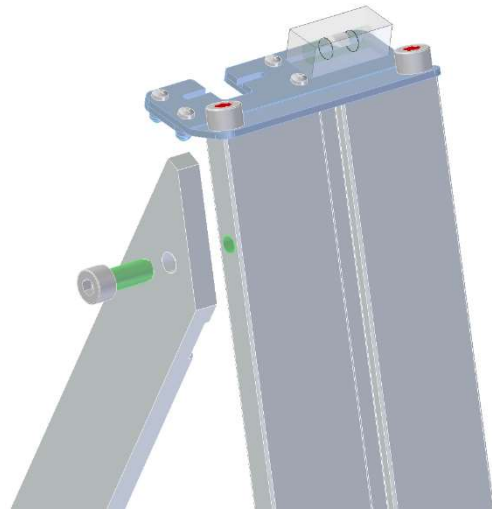


Fig. 1: Montage der Stativstrebe am Stativboard

5.3 Vertikallage der Pendelstange

- Pendel mit zwei Händen fassen und sorgfältig in die Lagerplatte eingehängen (siehe Fig. 2).
- Die Vertikallage der Pendelstange mit den Justierschrauben in der Fußplatte so justieren, dass das Libellenauge zentriert ist (siehe Fig. 3).

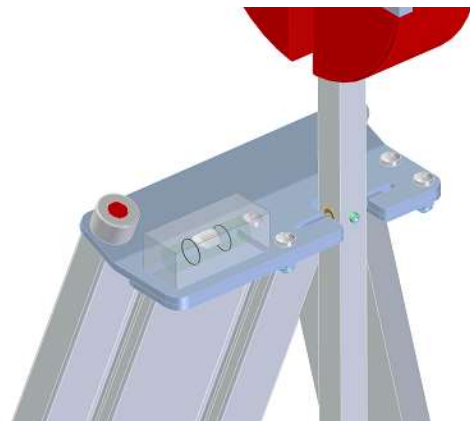


Fig. 2: Lagerplatte mit eingehängter Pendelstange



Fig. 3: Lageeinstellung über die Libelle

6. Bedienung

6.1 Anschieben des Pendels

- Pendel mehrmals in Pfeilrichtung mit leichtem Druck auf die markierte Stelle anschieben, bis die Auslenkung ca. 5 cm beträgt.

Hinweis: Größere Auslenkungen führen zu relevanten Messfehlern.

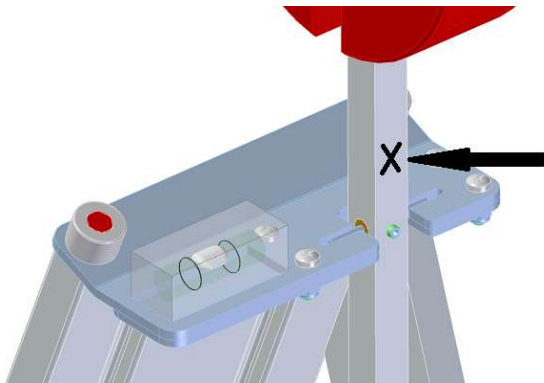


Fig. 4: Anschieben des Pendels

6.2 Umsetzen in die Reversionslage

- Pendel mit beiden Händen aus der Lagerplatte heben und umdrehen.
- Pendel mit der anderen Lagerachse sorgfältig wieder in die Lagerplatte einhängen. Weiter wie in Punkt 6.1 vorgehen.

6.3 Schwingungsdauer in Abhängigkeit von der Position der beweglichen Pendelmasse



Fig. 5: Experimenteller Aufbau mit Lichtschranke und Digitalzähler

Zusätzlich erforderlich:

1 Lichtschranke	1000563
1 Digitalzähler (230 V, 50/60 Hz)	1001033
oder	
1 Digitalzähler (115 V, 50/60 Hz)	1001032

- Pendelstange so in die Lagerplatte einhängen, dass sich sowohl die feste (rot) als auch die bewegliche Pendelmasse (blau) unterhalb der entsprechenden Lagerachse befinden (siehe Fig. 5).
- Lichtschranke unter der ruhenden Pendelstange aufstellen und an den Digitalzähler anschließen.
- Die bewegliche Pendelmasse in der kegelförmigen Einkerbung arretieren, die der festen Pendelmasse am nächsten ist, d.h. in der untersten.
- Schwingungsdauer T_1 messen und notieren.
- Die bewegliche Pendelmasse nach und nach in jeder kegelförmigen Einkerbung arretieren (alle 2,5 cm) und jeweils die Schwingungsdauer T_1 messen und notieren.
- Pendelstange jetzt so in die Lagerplatte einhängen, dass sich die feste Pendelmasse (rot) oberhalb und die bewegliche Pendelmasse (blau) unterhalb der entsprechenden Lagerachse befindet.
- Die bewegliche Pendelmasse in der kegelförmigen Einkerbung arretieren, die der festen Pendelmasse am nächsten ist, d.h. in der obersten.
- Schwingungsdauer T_2 messen und notieren.
- Die bewegliche Pendelmasse nach und nach in jeder kegelförmigen Einkerbung arretieren (alle 2,5 cm) und jeweils die Schwingungsdauer T_2 messen und notieren.
- Die gemessenen Schwingungsdauern jeweils für beide Messserien in Abhängigkeit des Abstandes x_2 der beweglichen Pendelmasse vom Aufhängepunkt des Pendels, d.h. von der Lagerachse, in einem Diagramm darstellen (siehe Fig. 6).

Der Abstand der Lagerachsen zur nächsten Einkerbung beträgt jeweils 10 cm.

6.4 Bestimmung der Erdbeschleunigung

Die Schwingungsdauern T_1 bzw. T_2 an den beiden Schnittpunkten der Graphen sind gleich und entsprechen der Periodendauer T_0 des abgestimmten Pendels, d.h. $T_0 = T_1 = T_2$.

Aus der im Punkt 6.3 gemessenen Periodendauer T_0 des abgestimmten Reversionspendels und dem Abstand $l = 0,8$ m der beiden Lagerachsen, der der verkürzten Pendellänge entspricht, kann die Erdbeschleunigung bestimmt werden:

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2}.$$

Hinweis: Zur Abstimmung des Pendels auf exakt gleiche Schwingungsdauer eventuell bewegliche Pendelmasse vertikal um 180° gedreht an der Pendelstange montieren.

7. Aufbewahrung, Reinigung, Entsorgung

- Gerät an einem sauberen, trockenen und staubfreien Platz aufbewahren.
- Zur Reinigung keine aggressiven Reiniger oder Lösungsmittel verwenden.
- Zum Reinigen ein weiches, feuchtes Tuch benutzen.
- Die Verpackung ist bei den örtlichen Recyclingstellen zu entsorgen.
- Sofern das Gerät selbst verschrottet werden soll, so gehört dieses nicht in den normalen Hausmüll. Es sind die lokalen Vorschriften einzuhalten.

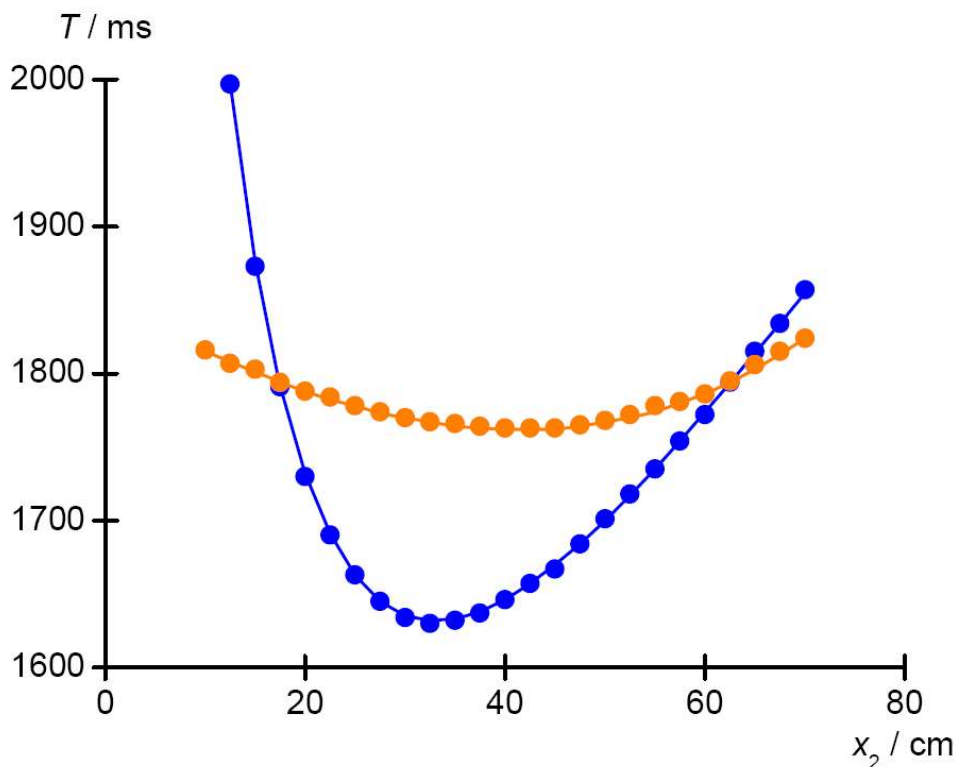
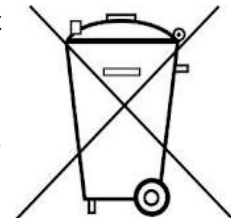


Fig. 6: Schwingungsdauer T in Abhängigkeit des Abstandes x_2 der beweglichen Pendelmasse vom Aufhängepunkt (der Lagerachse). Rote Kreise: Beide Pendelmassen unterhalb der Lagerachse. Blaue Kreise: Feste Pendelmasse oberhalb, bewegliche Pendelmasse unterhalb der Lagerachse

Kater's Reversible Pendulum 1018466

Instruction manual

02/24 TL/UD



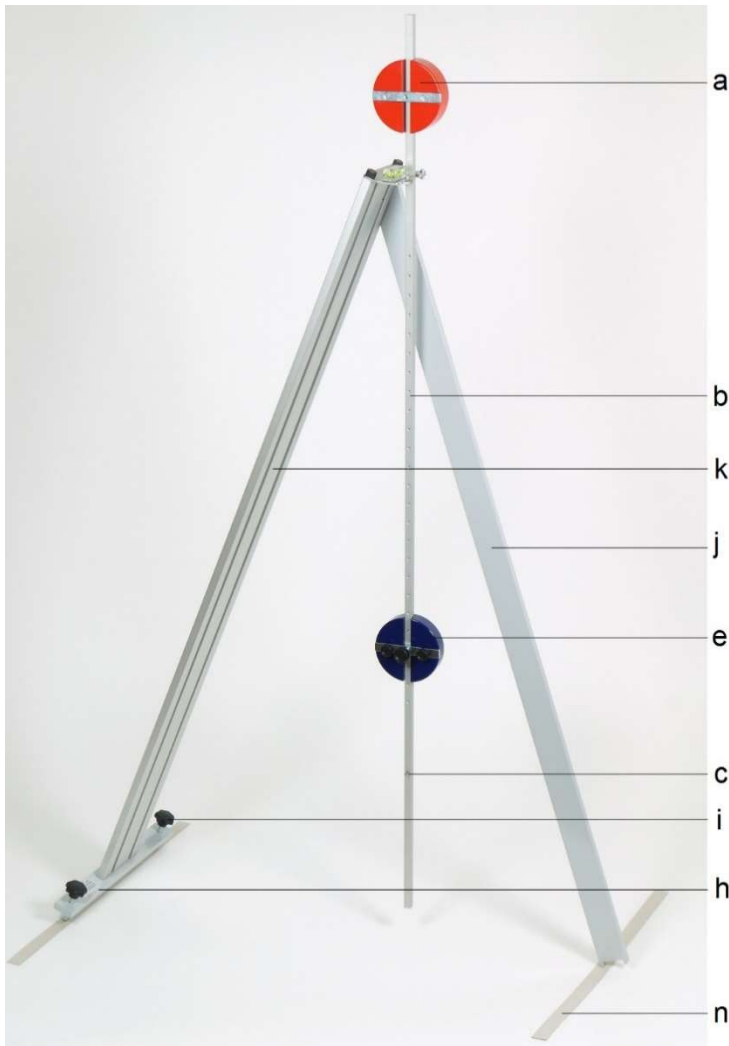
- 1 Pendulum
- 2 Stand
- 3 Floor cover

1. Safety instructions

When carefully assembled and properly used, safety of experimenting with the reversible pendulum can be guaranteed. There is, however, a possible risk of injury or damage to the pendulum if care is not taken.

- Read this instruction manual all the way through and observe it in full.
- Set up the stand on solid, level ground and fasten the assembly screws tightly.
- Fasten the securing screw for the movable pendulum bob tightly so that the bob can not move unchecked.
- Use the adjustment screws in the base plate of the stand to align the bearing plate in such a way that the bearing axes of the pendulum bob can be even.
- Always handle the pendulum with both hands when setting it up or adjusting it.
- Carefully suspend the pendulum from the bearing plate and check that the bearing axes are in the correct positions.
- Do not subject the pendulum to excessive pushes and do not deflect it by more than 10 cm at the bottom end.

2. Components

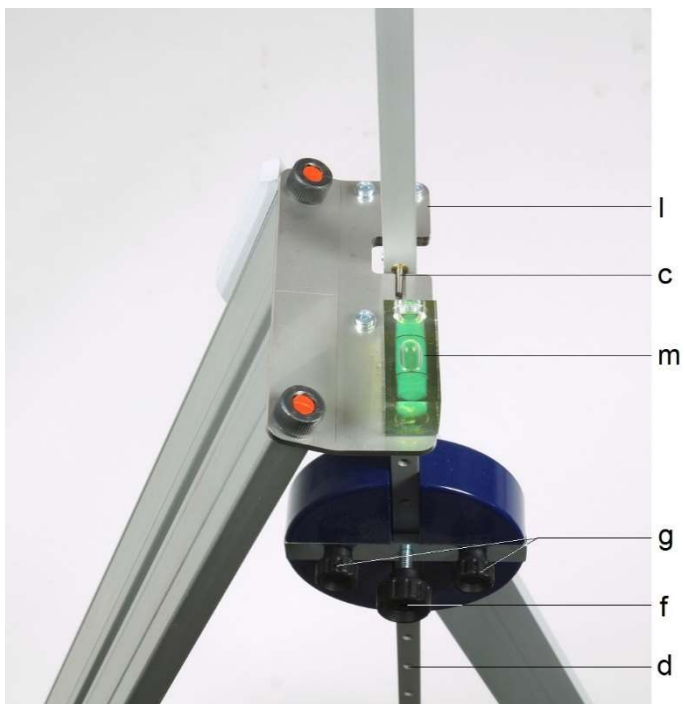


Pendulum

- a Fixed pendulum bob
- b Pendulum rod
- c Bearing fulcrum
- d Latch-in positions
- e Movable pendulum bob
- f Securing screw
- g Assembly screws

Stand

- h Stand board
- i Positioning screws
- j Stand rod
- k Stand board
- l Bearing plate
- m Spirit level
- n Floor cover



3. Description

The reversible pendulum is a physical pendulum with two bearing fulcra plus one fixed and one movable pendulum bob. It oscillates in its stand either with a period of oscillation T_1 about the first bearing fulcrum or period T_2 about the second fulcrum. By shifting the movable pendulum bob it is possible to adjust both these periods until they are equal. The pendulum then has a reduced length equal to the distance d between the bearing axes and the following equation applies:

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{acceleration due to gravity}$$

When it is moved, the movable weight latches into place every 2.5 cm. For finer movements the bob can be turned by 180° about the vertical and mounted that way round.

4. Technical data

Period of calibrated pendulum (calculated assuming $g = 9.81 \text{ m/s}^2$):	1794 ms
Overall dimensions:	80x125x30cm ³
Overall weight:	6.3 kg approx.
Length of pendulum rod:	120 cm
Separation between bearing fulcra:	80 cm
Fixed pendulum bob:	1.4 kg approx.
Movable pendulum bob:	1.0 kg approx.
Pendulum deflection	max. 10 cm

5. Set-up

5.1 Choice of set-up location

If the floor on which the equipment is set is springy, then the oscillation energy is transferred to the whole stand and measurement errors can then arise.

- Only set up and use the reversible pendulum on solid, level ground.

On smooth, slippery or sensitive surfaces:

- Put a mat under the base plate and the strut of the stand.

5.2 Assembly of stand

- Undo the screw (see Fig. 1), fold out the stand rod.
- Secure it in its operating position with a moderate degree of torque.

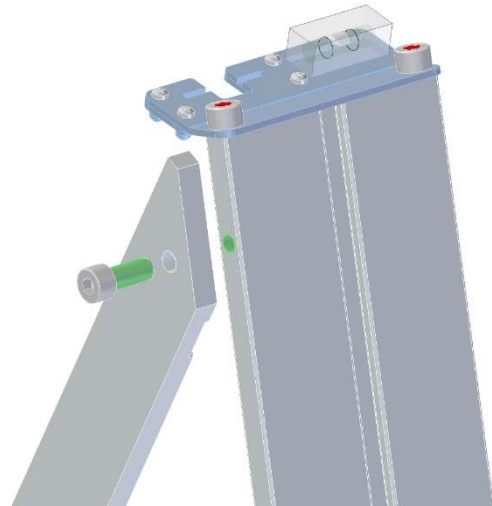


Fig. 1: Attachment of stand rod to stand board

5.3 Vertical positioning of the pendulum rod

- Grip the pendulum with both hands and carefully suspend it from the bearing plate (see Fig. 2).
- The vertical positioning of the pendulum rod should be adjusted using the positioning screws in such a way that the bubble of the spirit level is centered (see Fig. 3).

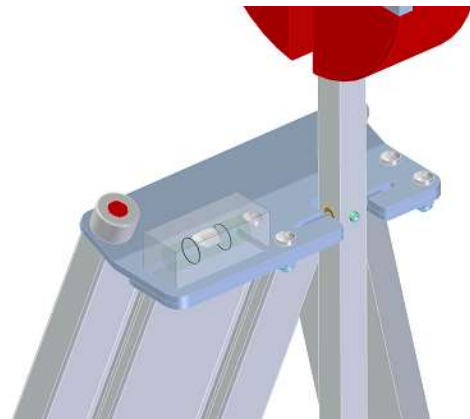


Fig. 2: Bearing plate with pendulum rod suspended



Fig. 3: Setting position with the help of the spirit level

6. Operation

6.1 Moving the pendulum rod

- Use gentle pressure to move the pendulum in the direction of the arrow with several pushes at the position marked until the deflection is about 5 cm.

Note: Larger deflections can lead to non-negligible measurement errors.

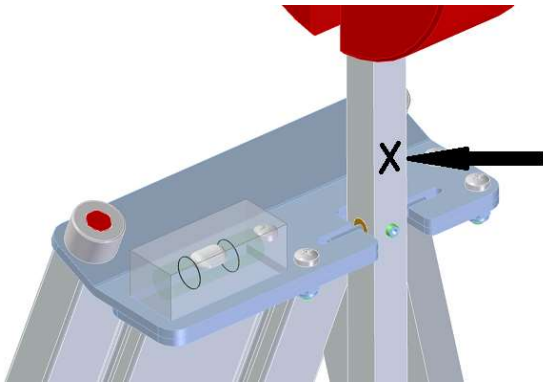


Fig. 4: Moving the pendulum rod

6.2 Reversing the pendulum position

- Use both hands to lift the pendulum out of the bearing plate and turn it around.
- Carefully suspend the pendulum from the bearing plate by its other fulcrum. Then carry on as in step 6.1.

6.3 Period of oscillation depending on the position of the movable pendulum bob



Fig. 5: Experiment set-up with light barrier and digital counter

Additionally required:

1 Photo Gate	1000563
1 Digital Counter (230 V, 50/60 Hz)	1001033
or	
1 Digital Counter (115 V, 50/60 Hz)	1001032

- Suspend the pendulum rod from the bearing plate in such a way that both the fixed bob (red) and the movable bob (blue) are below their corresponding fulcra (see Fig. 5).
- Set up the photo gate under the pendulum rod while it is stationary and connect it to the digital counter.
- Attach the movable bob in the wedge-shaped groove nearest to the fixed bob, i.e. the lowest one.
- Measure the period of oscillation T_1 and make a note of it.
- Keep moving the movable bob from one groove to the next and secure it (every 2.5 cm). In each case, measure the period of oscillation T_1 and make a note of it.
- Now suspend the pendulum rod from the bearing plate in such a way that the fixed pendulum bob (red) is above the relevant fulcrum and the movable bob (blue) is below its bearing.
- Secure the movable pendulum bob in the wedge-shaped groove nearest to the fixed bob, i.e. the highest one.
- Measure the period of oscillation T_2 and make a note of it.
- Keep moving the movable bob from one groove to the next and secure it (every 2.5 cm). In each case, measure the period of oscillation T_2 and make a note of it.
- Plot a graph of the periods of oscillation determined in both sets of measurements as a function of the distance x_2 of the moving pendulum bob from the suspension point of the pendulum, i.e. from the bearing fulcrum (see Fig. 6).

The distance between the bearing fulcra and the next groove is 10 cm in each case.

6.4 Determination of acceleration due to gravity

The periods of oscillation T_1 and T_2 are identical at the two points where the curves intersect and at these points they are equal to the period of oscillation T_0 of the calibrated pendulum, i.e. $T_0 = T_1 = T_2$.

From the period duration T_0 measured in step 6.3 for a calibrated reversible pendulum and a distance $l = 0.8$ m between the two fulcra, corresponding to the shortened pendulum length, it is possible to determine the acceleration due to earth's gravity:

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2} .$$

Note: To adjust the pendulum so that both periods of oscillation are exactly the same, it may be necessary to turn the pendulum bob by 180° about the vertical and mount it on the pendulum rod that way round.

7. Storage, cleaning, and disposal

- Keep the apparatus in a clean, dry, dust-free place.
- Do not use aggressive cleaning agents or solvents to clean the apparatus.
- In order to clean the equipment, use a soft, damp cloth.
- The packaging should be disposed of at local recycling centres
- If the equipment itself is to be disposed of, it must not be included with normal household waste. Local regulations are to be obeyed.

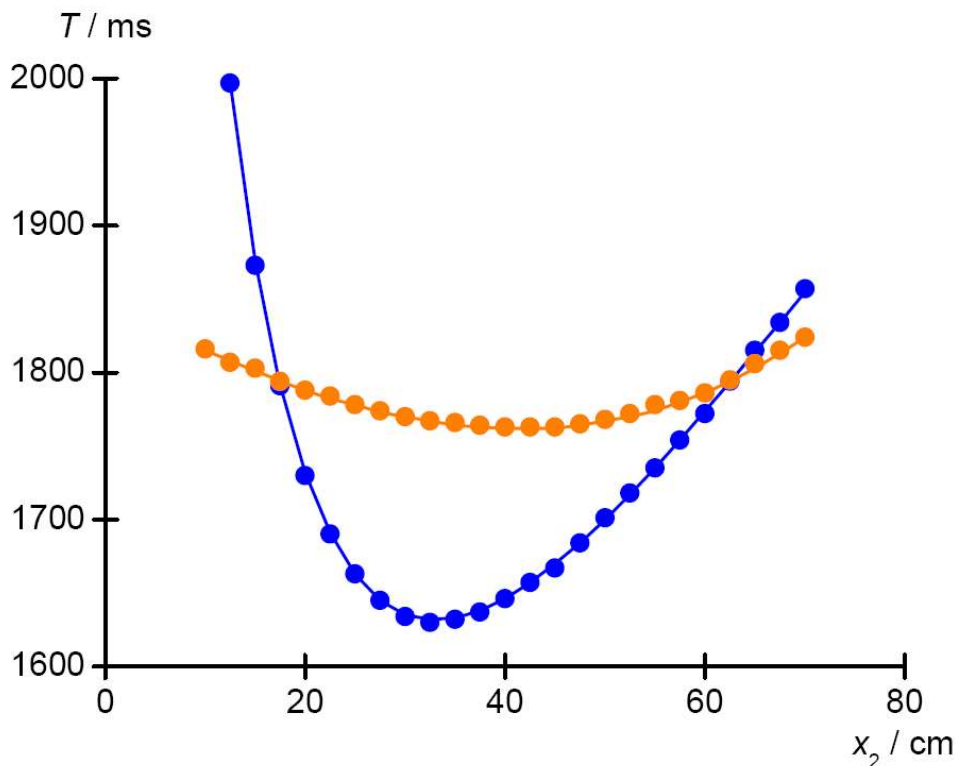


Fig. 6: Period of oscillation T as a function of the distance x_2 of the moving pendulum bob from the suspension point (the bearing fulcrum). Red circles: Both pendulum bobs below fulcrum. Blue circles: Fixed pendulum bob above fulcrum, movable bob below

Péndulo reversible de Kater 1018466

Instrucciones de uso

02/24 TL/UD



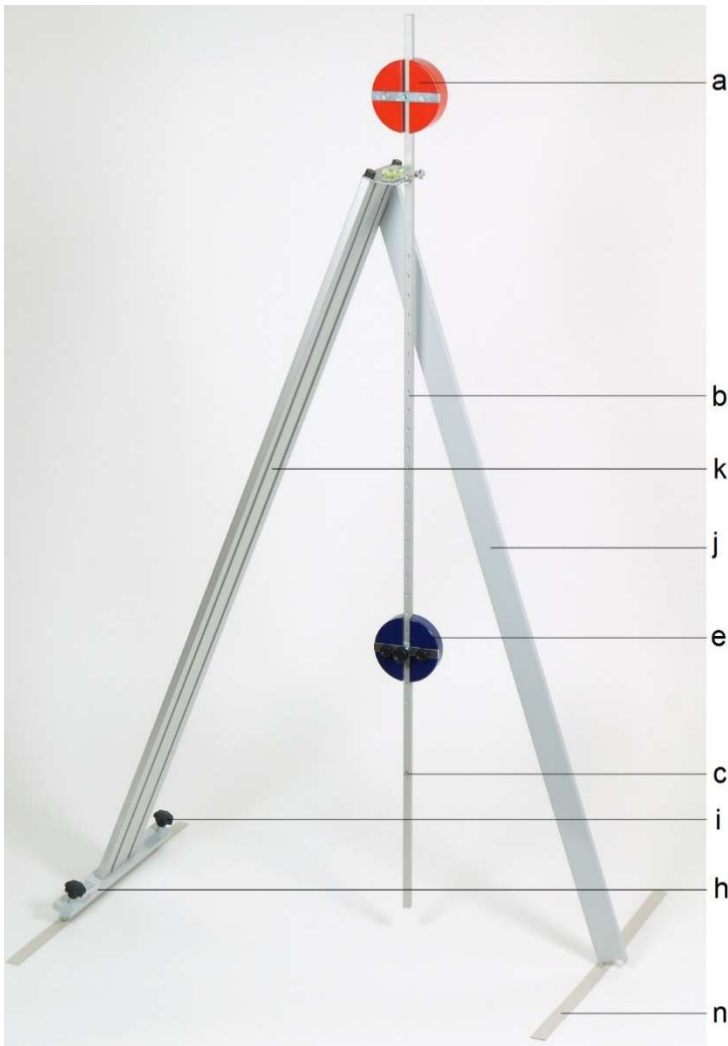
- 1 Péndulo
- 2 Soporte
- 3 Pieza de reposo en el piso

1. Advertencias de seguridad

Si se lleva a cabo un montaje cuidadoso y acorde con el uso previsto para el péndulo reversible, queda garantizada una experimentación libre de peligros. No obstante, existe el riesgo de que se produzcan heridas o de que se generen daños en el equipo si es que se no se presta la atención requerida.

- Es necesario leer por completo y en detalle las instrucciones de uso.
- Monte el soporte sobre una superficie firme y nivelada y apriete fijamente los tornillos correspondientes.
- Apriete el tornillo de detención de la masa pendular móvil de manera que esta no pueda deslizarse incontroladamente.
- Por medio de los tornillos de ajuste, oriente la placa de apoyo del soporte de manera que los ejes del péndulo se asienten de manera uniforme.
- Tome siempre el péndulo con las dos manos cuando se trate de suspenderlo o de invertir su posición.
- Suspenda el péndulo cuidadosamente de la placa de apoyo y compruebe que los ejes de suspensión mantengan la posición correcta.
- No someta al péndulo a movimientos exagerados ni desplace el extremo inferior a más de 10 cm de su centro.

2. Componentes

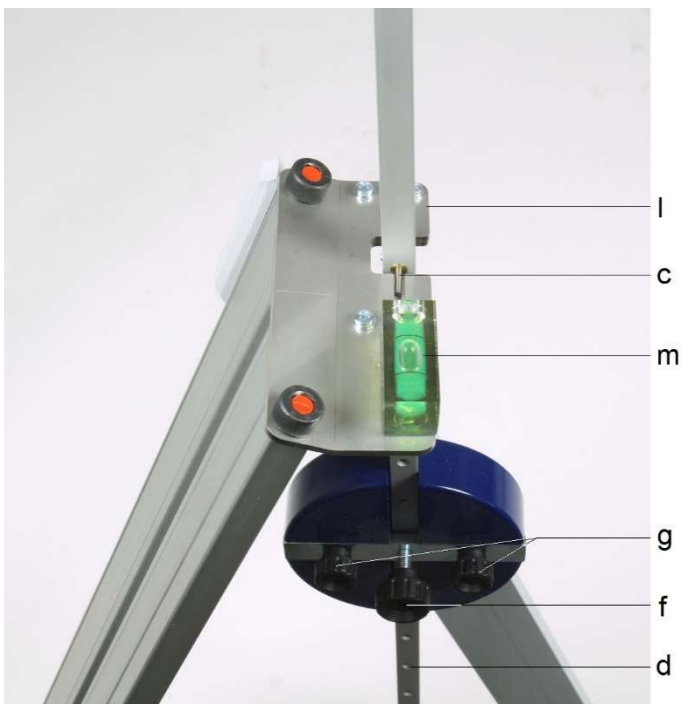


Péndulo

- a Masa pendular fija
- b Varilla pendular
- c Eje de suspensión
- d Posiciones de encaje
- e Masa pendular móvil
- f Tornillo de retención
- g Tornillos de montaje

Soporte

- h Placa en el piso
- i Tornillo de asiento
- j Puntal de apoyo
- k Caballete de soporte
- l Placa de suspensión
- m Nivel de burbuja
- n Pieza de reposo en el piso



3. Descripción

El péndulo reversible es un instrumento para demostraciones físicas que cuenta con dos ejes de apoyo, además de una masa pendular fija y otra móvil. Oscila en un soporte, opcionalmente, con un periodo de T_1 en el primer eje y otro de T_2 en el segundo. El desplazamiento de la masa pendular permite modificar los dos periodos de manera que estos coincidan. En ese caso, la longitud reducida del péndulo corresponde a la distancia d de los ejes de apoyo y es válido lo siguiente:

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{aceleración de la gravedad}$$

El desplazamiento de la masa pendular móvil permite encajarla en la varilla que la sostiene en distancias de 2,5 cm. Para desplazamientos más finos es posible montar la masa pendular con un giro vertical de 180°.

4. Datos técnicos

Período del péndulo sintonizado (calculado con $g = 9,81 \text{ m/s}^2$):	1794 ms
Dimensiones total:	80x125x30cm ³
Masa total:	aprox. 6,3 kg
Longitud de la varilla pendular:	120 cm
Distancia entre los ejes de suspensión:	80 cm
Masa pendular fija:	aprox. 1,4 kg
Masa pendular móvil:	aprox. 1,0 kg
Desviación del péndulo	max. 10 cm

5. Puesta en funcionamiento

5.1 Selección del lugar de emplazamiento

Si se elige un suelo flexible, la energía de oscilación se transmitirá al soporte en su conjunto y, de esta manera, se provocarán fallos en las mediciones.

- Monte y ponga en funcionamiento el péndulo reversible únicamente sobre un suelo firme y nivelado.

Si se selecciona un suelo liso, resbaladizo o sensible:

- Coloque un revestimiento debajo de la placa base y del puntal de apoyo.

5.2 Montaje del soporte

- Se afloja el tornillo (ver Fig. 1), se abre el puntal de apoyo en la posición de erección.

- Se vuelve a enroscar con un par de apriete moderado.

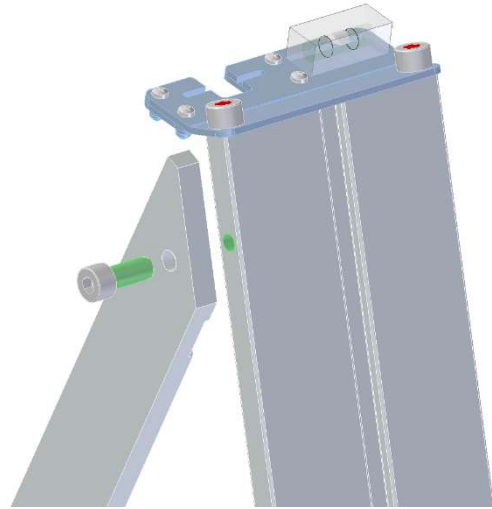


Fig. 1: Montaje del puntal de apoyo en el caballete de soporte

5.3 Orientación vertical de la varilla pendular

- Tome el péndulo con las dos manos y suspéndalo cuidadosamente de la placa soporte (ver Fig. 2).
- La orientación vertical de la varilla pendular se ajusta con los tornillos de posicionamiento de manera que la burbuja quede centrada en el nivel (ver Fig. 3).

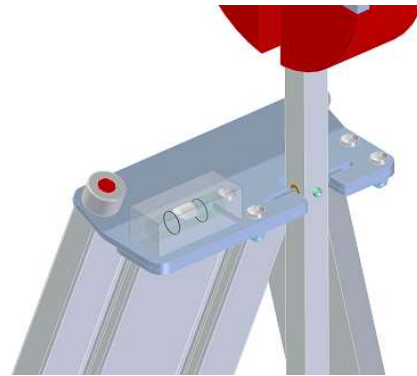


Fig. 2: Placa de posicionamiento con varilla pendular colgada



Fig. 3: Ajuste de la posición por medio del nivel de burbuja

6. Manejo

6.1 Empujar la varilla pendular

- Emplee una presión moderada para mover el péndulo en la dirección que indica la flecha por medio de varios toques en la posición marcada hasta conseguir una deflexión de aproximadamente 5 cm.

Note: Las desviaciones mayores conducen a importantes errores de medición.

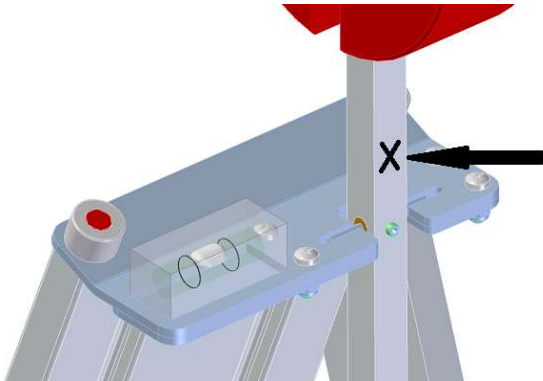


Fig. 4: Empujar la varilla pendular

6.2 Cambiar a la posición de reversión

- Levante el péndulo con las dos manos de la placa soporte y dele vuelta.
- Suspenda nuevamente el péndulo en la placa soporte con el otro eje. Se sigue como se indica en el punto 6.1.

6.3 Dependencia del período con la posición de la masa pendular móvil



Fig. 5: Montaje experimental con puerta fotolétrica y contador digital

Se requiere adicionalmente:

1 Puerta fotoeléctrica	1000563
1 Contador digital (230 V, 50/60 Hz)	1001033
o	
1 Contador digital (115 V, 50/60 Hz)	1001032

- La varilla pendular se cuelga de la placa de suspensión de tal forma que tanto la masa pendular fija (roja) como la móvil (azul) se encuentren por debajo del correspondiente eje de suspensión (ver Fig. 5).
- Se instala la puerta fotoeléctrica en el piso, por debajo de la varilla pendular en reposo y se conecta con el contador digital.
- La masa pendular se enclava en la muesca cónica que quede más cerca de la masa pendular fija, es decir, en la más baja.
- Se mide y se anota el período de oscilación T_1 .
- Se enclava la masa móvil paso a paso en cada muesca cónica (cada 2,5 cm) y cada vez se mide y se anota el período de oscilación del péndulo T_1 .
- Ahora se cuelga la varilla pendular de forma tal que la masa fija (roja) quede por encima de la masa pendular móvil (azul) en el correspondiente eje de suspensión.
- La masa pendular móvil se enclava en la muesca cónica que quede más cerca de la masa pendular fija, es decir, en la más superior.
- Se mide y se anota el período de oscilación T_2 .
- Se enclava la masa móvil paso a paso en cada muesca cónica (cada 2,5 cm) y cada vez se mide y se anota el período de oscilación del péndulo T_2 .
- Los períodos de oscilación medidos cada vez para ambas series de mediciones se representan en un diagrama en dependencia con la distancia x_2 de la masa móvil desde el punto de suspensión, es decir el eje de suspensión del péndulo (ver Fig. 6).

La distancia entre los ejes de suspensión y la muesca cónica siguiente es de 10 cm en cada caso.

6.4 Determinación de la aceleración gravitacional

Los períodos de oscilación T_1 resp. T_2 son iguales en ambos puntos de cruce y corresponden al período de oscilación T_0 del péndulo sintonizado, es decir $T_0 = T_1 = T_2$.

Del período de oscilación T_0 medido en el punto 6.3 para el péndulo de reversión sintonizado y de la distancia $l = 0,8$ m entre los dos ejes de suspensión, la cual corresponde a la longitud pendular recortada, se puede determinar la aceleración gravitacional:

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2}.$$

Nota: Para ajustar el péndulo de manera que los períodos de oscilación sean exactamente iguales, monte eventualmente la masa pendular móvil en la varilla en posición vertical con un giro de 180° .

7. Almacenamiento, limpieza, desecho

- El aparato se debe guardar en un lugar limpio, seco y libre de polvo.
- Para la limpieza nunca se debe usar un detergente agresivo o un disolvente.
- Para la limpieza se usa un trapo suave húmedo.
- El embalaje se debe desechar en los sitios de reciclaje locales.
- En caso de que el aparato mismo se deba desechar, este no forma parte de la basura doméstica. Se deben cumplir las prescripciones locales para desechos.

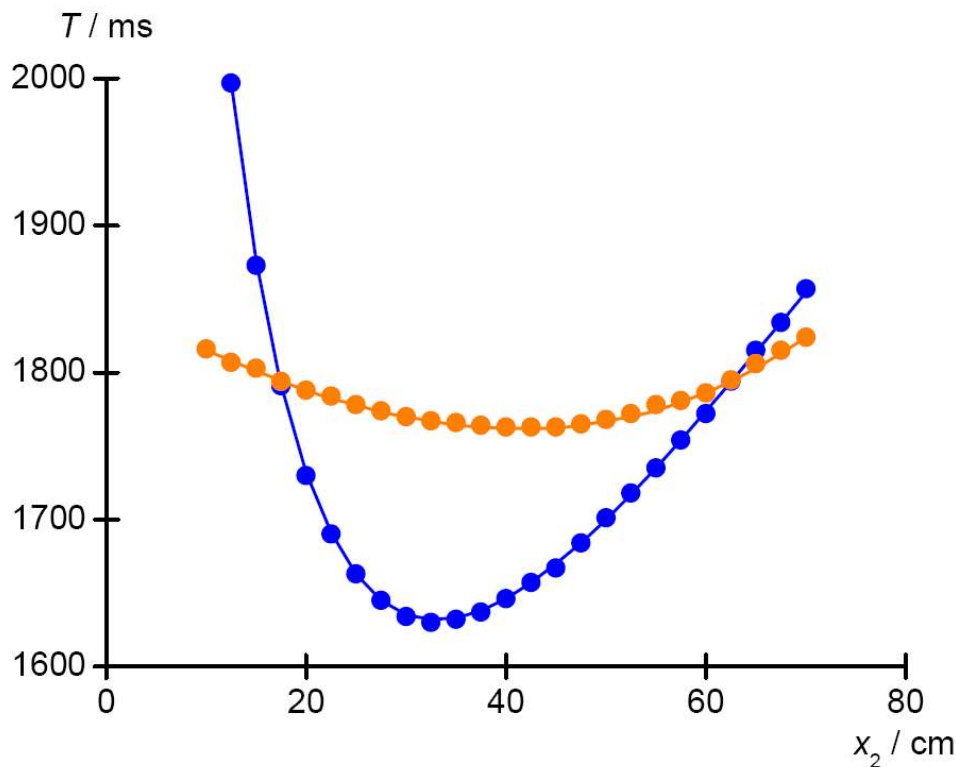


Fig. 6: Período de oscilación T en dependencia con la distancia x_2 de la masa móvil desde el punto de suspensión (el eje de suspensión). Círculos rojos: Ambas masas por debajo del eje de suspensión. Círculos azules: Masa pendular fija por encima, masa móvil por debajo del eje de suspensión

Pendule réversible de Kater 1018466

Instructions d'utilisation

02/24 TL/UD



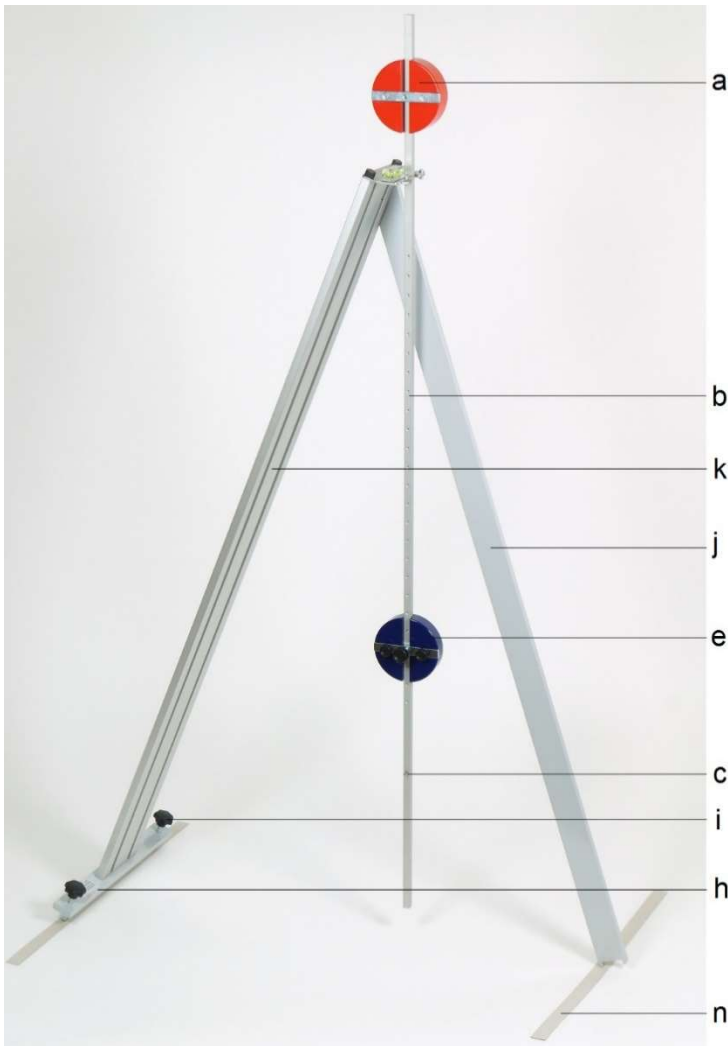
- 1 Pendule
- 2 Support
- 3 Appuis de base

1. Consignes de sécurité

Un montage soigneux et une utilisation conforme à la destination garantissent une expérimentation sans danger avec le pendule réversible. Un risque de blessure ou d'endommagement du pendule réversible existe cependant en cas de négligence.

- Lire attentivement et respecter les présentes instructions d'utilisation.
- Monter le support sur une surface solide et plane et serrer fermement les vis de montage.
- Serrer la vis d'arrêt de la masse mobile pour empêcher que celle-ci ne glisse de manière incontrôlée.
- Ajuster la plaque d'appui dans la plaque de base du support à l'aide des vis de réglage, de sorte que les axes d'appui du pendule puissent reposer uniformément.
- Toujours saisir le pendule à deux mains lorsque vous l'accrochez ou le déplacez.
- Accrocher soigneusement le pendule à la plaque d'appui et vérifier la position correcte des axes d'appui.
- Ne pas soumettre le pendule à des chocs excessifs et ne jamais le dévier de plus de 10 cm à l'extrémité inférieure.

2. Composants

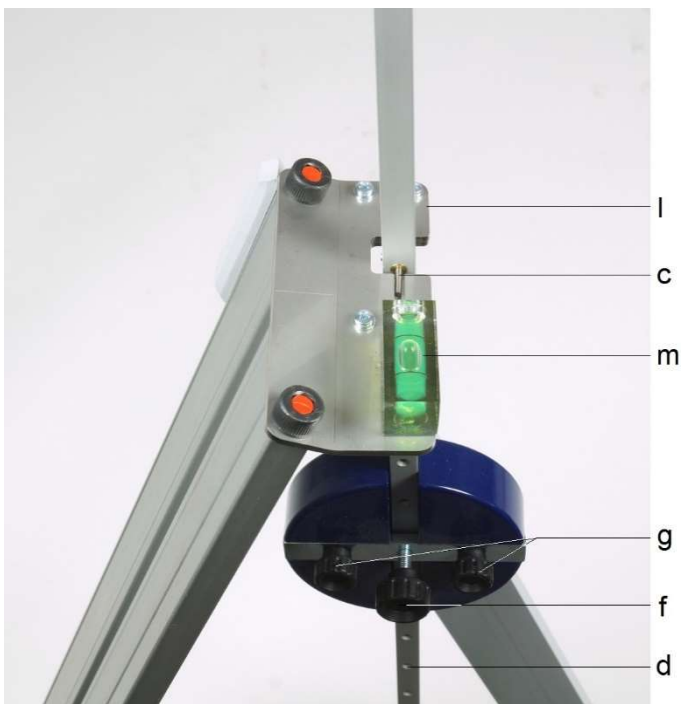


Pendule

- a Masse pendulaire fixe
- b Barre de pendule
- c Axe d'appui
- d Perforations
- e Masse pendulaire mobile
- f Vis de fixation
- g Vis de montage

Support

- h Plaque de base
- i Vis d'ajustage
- j Contre-support
- k Support
- l Plaque d'appui
- m Niveau à bulle
- n Appuis de base



3. Description

Le pendule réversible est un pendule physique avec deux axes d'appui, une masse pendulaire fixe et une masse pendulaire mobile. Il oscille sur un support, au choix, avec une durée d'oscillation T_1 autour du premier axe d'appui ou avec la durée d'oscillation T_2 autour du deuxième axe d'appui. Un décalage de la masse pendulaire mobile permet de modifier les deux durées d'oscillation de façon à les faire coïncider. Dans ce cas, la longueur de pendule réduite correspond à la distance d entre les axes d'appui et on obtient :

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{accélération de la pesanteur}$$

Lors du décalage, la masse pendulaire s'enclenche sur la barre du pendule à intervalles de 2,5 cm. Pour obtenir des décalages plus précis, la masse pendulaire peut être montée à la verticale et tournée à 180° .

4. Caractéristiques techniques

Durée de période du pendule accordé (calculé avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) :	1794 ms
Dimensions :	80x125x30cm ³
Masse totale :	env. 6,3 kg
Longueur de barre de pendule :	120 cm
Écart des axes d'appui :	80 cm
Masse pendulaire fixe :	env. 1,4 kg
Masse pendulaire mobile :	env. 1,0 kg
Déviations du pendule :	max. 10 cm

5. Mise en service

5.1 Choix du lieu de montage

Sur une base élastique, l'énergie d'oscillation est transmise à l'ensemble du support, ce qui peut engendrer des erreurs de mesure.

- Monter et utiliser uniquement le pendule réversible sur une surface solide et plane.

Sur des sols lisses, glissants ou fragiles :

- placer un appui au sol sous la plaque de base ainsi que sous le contre-support du trépied.

5.2 Montage du support

- Desserrez la vis (fig. 1), dépliez le support.
- Celui-ci étant en position de mise en place, remettez la vis en serrant moyennement.

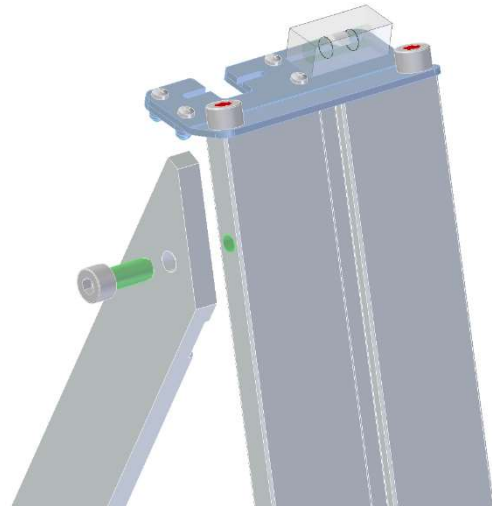


Fig. 1 : Montage du support sur le contre-support

5.3 Position verticale de la barre de pendule

- Saisir le pendule à deux mains et l'accrocher soigneusement à la plaque d'appui (fig. 2).
- À l'aide des vis d'ajustage, ajustez la position verticale de la barre de pendule de manière à ce que le niveau à bulle soit centré (fig. 3).

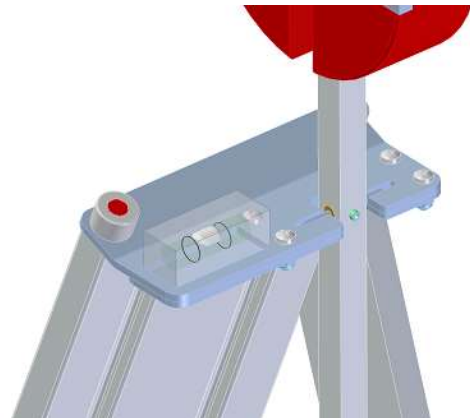


Fig. 2 : Plaque d'appui avec barre de pendule accrochée



Fig. 3 : Réglage de la position avec le niveau à bulle

6. Manipulation

6.1 Poussée de la barre de pendule

- Pousser le pendule plusieurs fois dans le sens de la flèche en exerçant une légère pression à l'endroit marqué, jusqu'à ce que la déviation soit d'environ 5 cm.

Remarque : des déviations plus importantes entraînent des erreurs de mesure conséquentes.

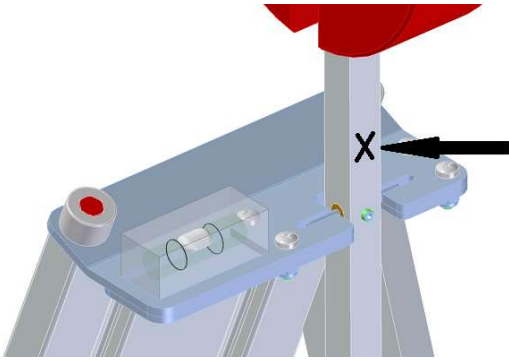


Fig. 4 : Poussée de la barre de pendule

6.2 Changement en position de réversion

- Soulever le pendule de la plaque d'appui et le tourner en utilisant les deux mains.
- Raccrocher soigneusement le pendule à la plaque d'appui à l'aide de l'autre axe d'appui. Continuez comme décrit au point 6.1.

6.3 Rapport entre la durée d'oscillation et la position de la masse mobile



Fig. 5 : Montage expérimental avec barrière lumineuse et compteur numérique

Autres équipements requis :

1 Barrière photoélectrique 1000563
1 Compteur numérique (230 V, 50/60 Hz) 1001033

ou

1 Compteur numérique (115 V, 50/60 Hz) 1001032

- Accrochez la barre de pendule dans la plaque d'appui de manière à ce que la masse fixe (rouge) et la masse mobile (bleue) se trouvent sous l'axe d'appui correspondant (fig. 5).
- Placez la barrière lumineuse sous la barre de pendule au repos et branchez-la au compteur numérique.
- Fixez la masse mobile dans l'encoche conique qui se situe le plus proche de la masse fixe, c'est-à-dire la plus basse.
- Mesurez et notez la durée d'oscillation T_1 .
- Fixez la masse mobile successivement dans chaque encoche conique suivante (tous les 2,5 cm), puis mesurez et notez à chaque fois la durée d'oscillation T_1 .
- À présent, accrochez la barre de pendule dans la plaque d'appui de manière à ce que la masse fixe (rouge) se trouve au-dessus de l'axe d'appui correspondant et la masse mobile (bleue) au-dessous.
- Fixez la masse mobile dans l'encoche conique qui se situe le plus proche de la masse fixe, c'est-à-dire la plus haute.
- Mesurez et notez la durée d'oscillation T_2 .
- Fixez la masse mobile successivement dans chaque encoche conique suivante (tous les 2,5 cm), puis mesurez et notez à chaque fois la durée d'oscillation T_2 .
- Dans un diagramme, représentez les durées d'oscillation mesurées pour les deux séries de mesure en fonction de la distance x_2 entre la masse mobile et le point de suspension du pendule, c'est-à-dire l'axe d'appui (voir fig. 6).

La distance entre les axes d'appui et l'encoche conique suivante est de 10 cm à chaque fois.

6.4 Calcul de l'accélération de la pesanteur

Les durées d'oscillation T_1 et T_2 aux deux points d'intersection des graphes sont identiques et correspondent à la durée de période T_0 du pendule accordé, soit $T_0 = T_1 = T_2$.

La durée de période T_0 du pendule de réversion accordé, mesurée au point 6.3, et l'écart $l = 0,8$ m des deux axes d'appui, qui coïncide à la longueur de pendule raccourcie, permettent de déterminer l'accélération de la pesanteur :

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2}.$$

Remarque : pour régler le pendule à une durée d'oscillation exactement identique, monter éventuellement la masse pendulaire mobile à la verticale en la tournant à 180° sur la barre de pendule.

7. Rangement, nettoyage, élimination

- Ranger l'appareil à un endroit propre, sec et exempt de poussière.
- Pour le nettoyage, ne pas utiliser de nettoyeur ni solvant agressif.
- Pour le nettoyage, utiliser un chiffon doux et humide.
- L'emballage doit être déposé aux centres de recyclage locaux.
- Si l'appareil doit être éliminé, ne pas le jeter avec les ordures ménagères. Respecter les prescriptions locales.

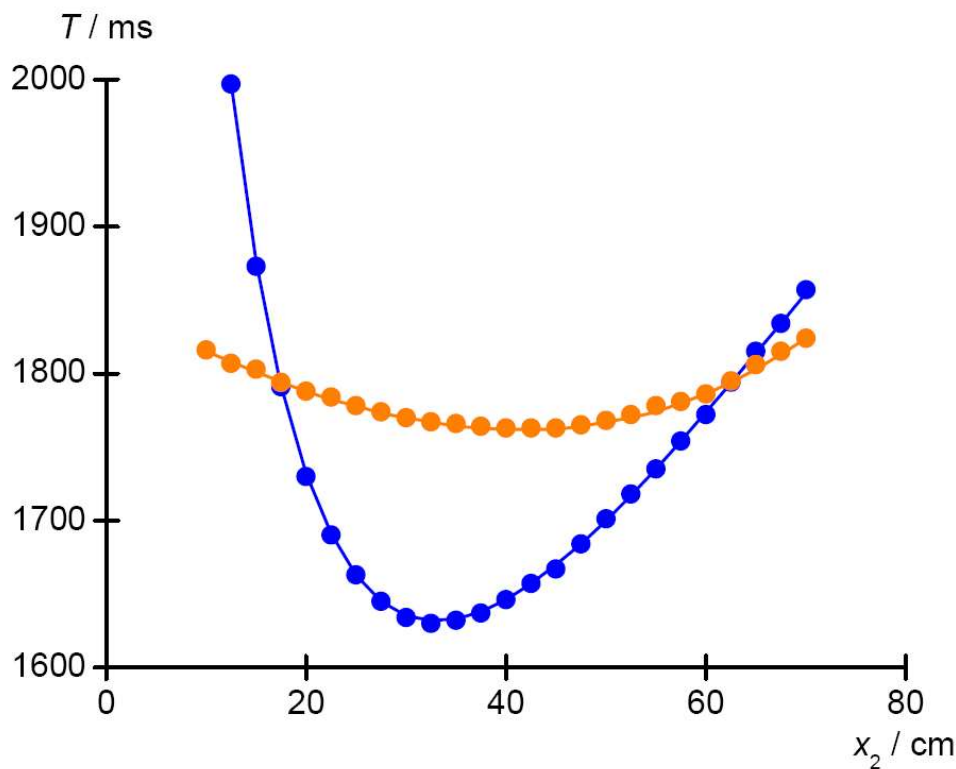


Fig. 6: Durée d'oscillation T en fonction de la distance x_2 entre la masse mobile et le point de suspension (l'axe d'appui). Ronds rouges : les deux masses se trouvent sous l'axe d'appui. Ronds bleus : la masse fixe est au-dessus de l'axe d'appui, la masse mobile au-dessous

Pendolo reversibile di Kater 1018466

Istruzioni per l'uso

02/24 TL/UD



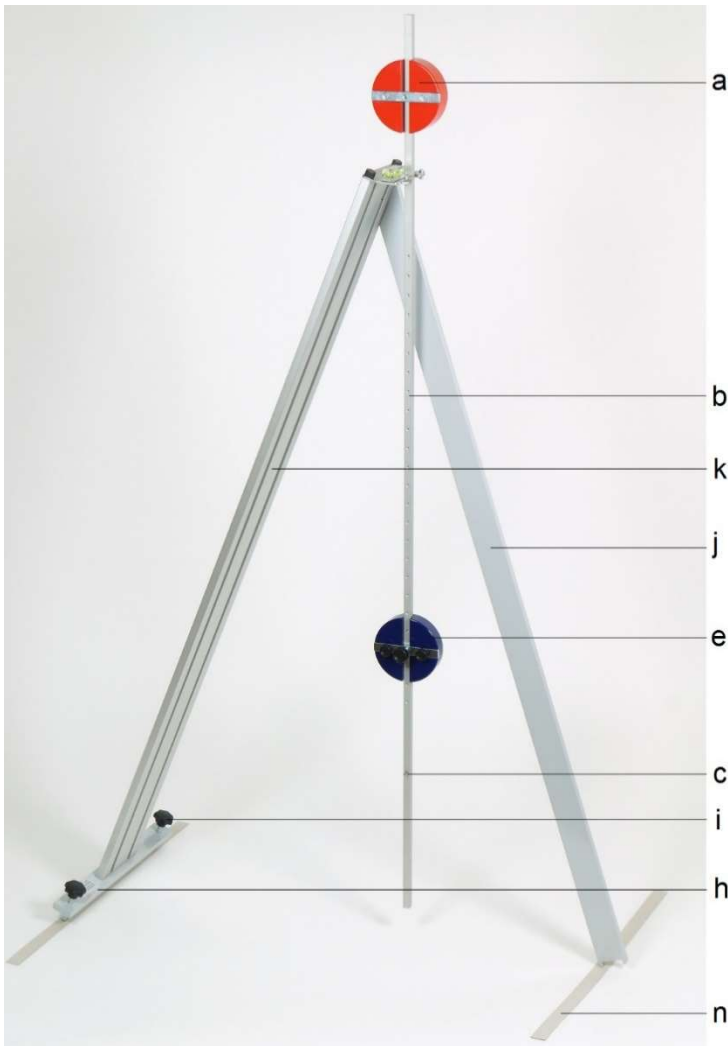
- 1 Pendolo
- 2 Supporto
- 3 Basi d'appoggio

1. Norme di sicurezza

Un accurato montaggio e un utilizzo conforme consentono di svolgere esperimenti con il pendolo reversibile in piena sicurezza. In caso di negligenza, può tuttavia sussistere il pericolo di lesioni o il rischio di danneggiare il pendolo stesso.

- Leggere integralmente le presenti istruzioni per l'uso e attenersi a quanto in esse contenuto.
- Montare il supporto su una superficie stabile e piana e serrare le viti di montaggio.
- Stringere la vite di fermo della massa mobile del pendolo per evitare lo scivolamento incontrollato della massa del pendolo.
- Livellare la piastra di appoggio con l'ausilio delle viti di posizionamento poste nella piastra di base del supporto di modo che gli assi di riferimento poggino uniformemente.
- Durante le operazioni di trasferimento o aggancio, afferrare sempre il pendolo con due mani.
- Agganciare con cura il pendolo nella piastra di appoggio e verificare la posizione corretta degli assi di riferimento.
- Non colpire il pendolo con urti eccessivamente forti e non deviare presso l'estremità inferiore oltre 10 cm.

2. Componenti

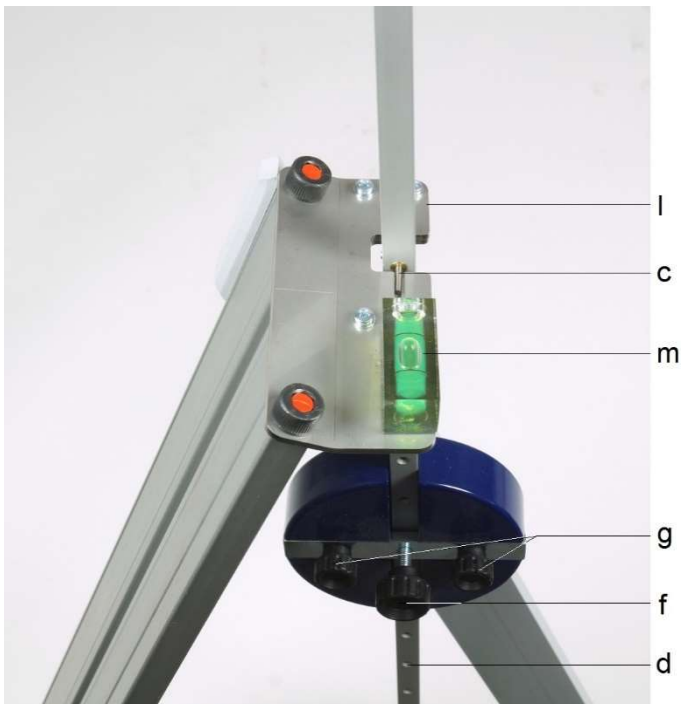


Pendolo

- a Massa fissa
- b Asta del pendolo
- c Asse di riferimento
- d Posizioni di aggancio
- e Massa mobile
- f Vite di fermo
- g Viti di montaggio

Supporto

- h Piastra di base
- i Viti di posizionamento
- j Asta di supporto
- k Profilo di supporto
- l Piastra di appoggio
- m Livella
- n Basi d'appoggio



3. Descrizione

Il pendolo reversibile è un pendolo fisico con due assi di riferimento, una massa fissa e una mobile. Esso oscilla su un supporto con, a scelta, un periodo di oscillazione T_1 intorno al primo o un periodo di oscillazione T_2 intorno al secondo asse di riferimento. Spostando la massa mobile, è possibile modificare entrambi i periodi di oscillazione di modo che coincidano. La lunghezza del pendolo ridotta corrisponderà allora alla distanza d degli assi di riferimento e vale:

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{accelerazione di caduta}$$

Nello spostamento, la massa mobile s'innesta sull'asta del pendolo a distanze di 2,5 cm. Per spostamenti più precisi, è possibile montare la massa del pendolo in senso verticale ruotata di 180° .

4. Dati tecnici

Periodo del pendolo sintonizzato (calcolato con $g = 9,81 \text{ m/s}^2$):	1794 ms
Dimensioni:	80x125x30cm ³
Peso totale:	circa 6,3 kg
Lunghezza dell'asta del pendolo:	120 cm
Distanza degli assi di riferimento:	80 cm
Massa fissa:	circa 1,4 kg
Massa mobile:	circa 1,0 kg
Deviazione del pendolo	max. 10 cm

5. Messa in funzione

5.1 Scelta del luogo di installazione

In presenza di fondi flessibili, si ha una trasmissione di energia di oscillazione sull'intero supporto e possono dunque verificarsi errori di misurazione.

- Installare e utilizzare il pendolo reversibile su una superficie stabile e piana.

In caso di superfici lisce, scorrevoli o sensibili:

- prevedere una base d'appoggio rispettivamente sotto la piastra di base e sotto l'asta di supporto.

5.2 Montaggio del supporto

- Allentare la vite (v. Fig. 1), aprire l'asta di supporto.

- Riavvitarla nella posizione di installazione con una coppia di serraggio moderata.

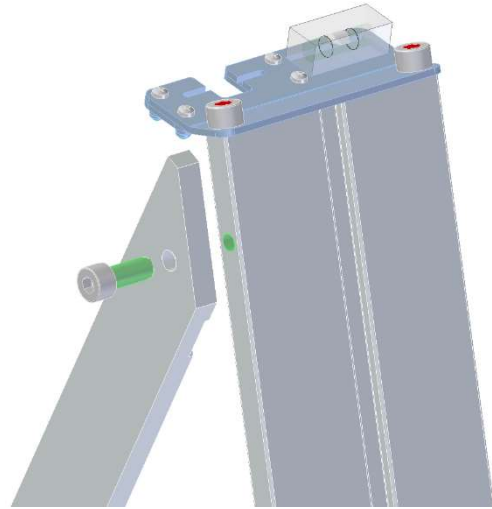


Fig. 1: Montaggio dell'asta di supporto al profilo

5.3 Posizione verticale dell'asta del pendolo

- Afferrare il pendolo con due mani e agganciarlo con cura nella piastra di appoggio (v. Fig. 2).
- Regolare la posizione verticale dell'asta per mezzo delle viti di posizionamento, di modo che il foro della livella risulti centrato (v. Fig. 3).

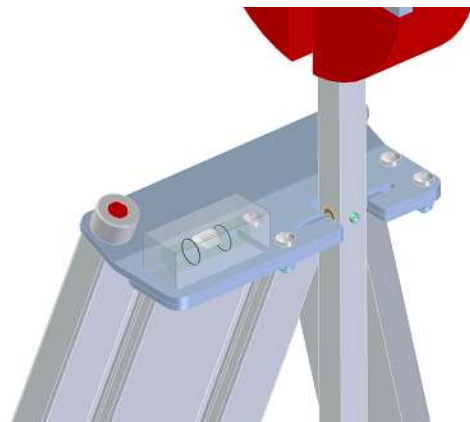


Fig. 2: Piastra di appoggio con asta del pendolo appesa



Fig. 3: Regolazione della posizione tramite livella

6. Uso

6.1 Spinta dell'asta del pendolo

- Seguendo la direzione della freccia, spingere ripetutamente il pendolo esercitando una leggera pressione sul punto contrassegnato fino a quando la deviazione non ammonta a circa 5 cm.

Nota: deviazioni maggiori comportano rilevanti errori di misurazione.

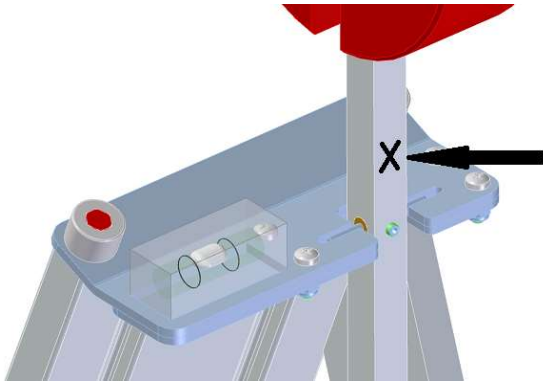


Fig. 4: Spinta dell'asta del pendolo

6.2 Rotazione nella posizione di reversione

- Sollevare con entrambe le mani il pendolo dalla piastra di appoggio e ruotare.
- Riagganciare accuratamente nella piastra di appoggio il pendolo con l'altro asse di riferimento. Proseguire come al Punto 6.1.

6.3 Dipendenza del periodo di oscillazione dalla posizione della massa mobile



Fig. 5: Struttura sperimentale con fotocellula e contatore digitale

Dotazione supplementare necessaria:

- 1 Fotocellula 1000563
- 1 Contatore digitale (230 V, 50/60 Hz) 1001033 oppure
- 1 Contatore digitale (115 V, 50/60 Hz) 1001032

- Appendere l'asta del pendolo nella piastra di appoggio in modo tale che sia la massa fissa (rossa) sia quella mobile (blu) si trovino al di sotto dell'asse di riferimento corrispondente (v. Fig. 5).
- Sistemare la fotocellula sotto l'asta del pendolo a riposo e collegare al contatore digitale.
- Bloccare la massa mobile nella tacca a forma di cono più vicina alla massa fissa, cioè quella più in basso.
- Misurare e annotare il periodo di oscillazione T_1 .
- Bloccare la massa mobile via nelle tacche successive (ogni 2,5 cm) misurando e annotando ogni volta il periodo di oscillazione T_1 .
- Appendere ora l'asta del pendolo nella piastra di appoggio in modo tale che la massa fissa (rossa) si trovi al di sopra e quella mobile (blu) al di sotto dell'asse di riferimento corrispondente.
- Bloccare la massa mobile nella tacca a forma di cono più vicina alla massa fissa, cioè quella più in alto.
- Misurare e annotare il periodo di oscillazione T_2 .
- Bloccare la massa mobile via nelle tacche successive (ogni 2,5 cm) misurando e annotando ogni volta il periodo di oscillazione T_2 .
- Rappresentare in un diagramma i periodi di oscillazione misurati per entrambe le serie in funzione della distanza x_2 della massa mobile dal punto di sospensione del pendolo, cioè dall'asse di riferimento (v. Fig. 6).

La distanza tra gli assi di riferimento e la tacca a forma di cono successiva è di 10 cm in ogni caso.

6.4 Determinazione dell'accelerazione di gravità

I periodi di oscillazione T_1 e T_2 su entrambi i punti d'intersezione dei grafici sono identici e corrispondono al periodo di oscillazione T_0 del pendolo sintonizzato, cioè $T_0 = T_1 = T_2$.

Partendo dal periodo di oscillazione T_0 del pendolo reversibile sintonizzato misurato al Punto 6.3 e dalla distanza $l = 0,8$ m dei due assi di riferimento, corrispondente alla lunghezza del pendolo ridotta, è possibile determinare l'accelerazione di gravità:

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2}.$$

Nota: per la sincronizzazione del pendolo al medesimo periodo di oscillazione montare eventualmente sull'asta del pendolo la massa mobile in senso verticale ruotata di 180° .

7. Conservazione, pulizia, smaltimento

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

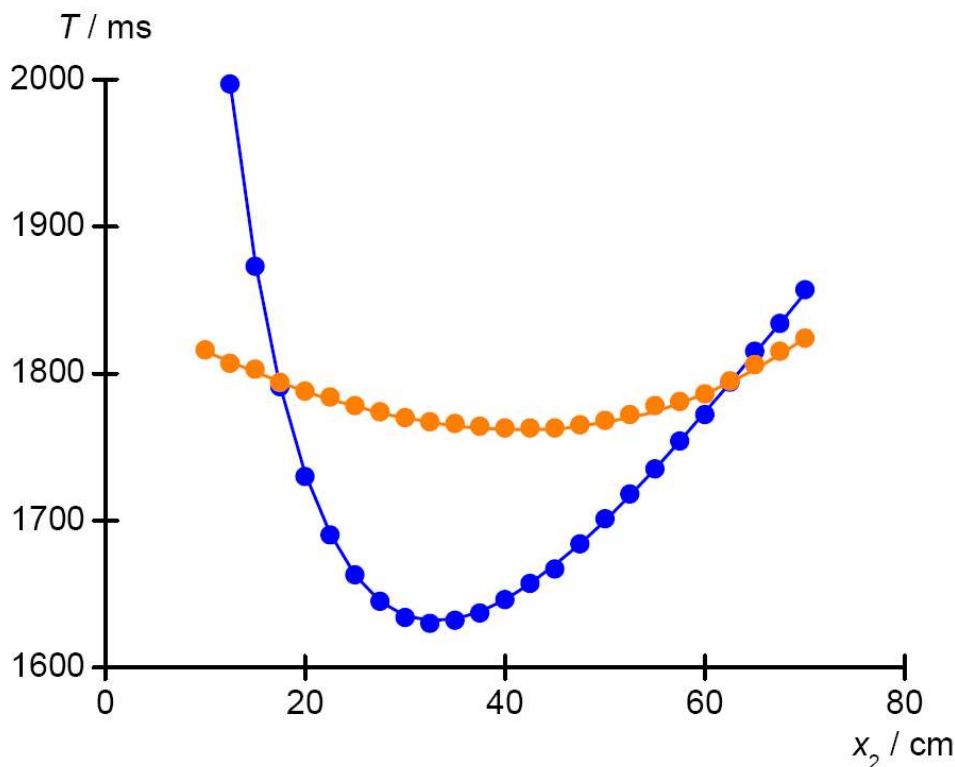
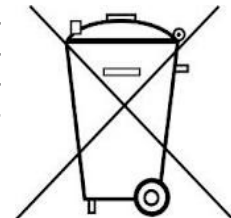


Fig. 6: Periodo di oscillazione T in funzione della distanza x_2 della massa mobile dal punto di sospensione (dall'asse di riferimento). Pallini rossi: entrambe le masse sotto l'asse di riferimento. Pallini blu: massa fissa sopra, massa mobile sotto l'asse di riferimento

Pêndulo reversível de Kater 1018466

Instruções de uso

02/24 TL/UD



- 1 pêndulo
- 2 suporte
- 3 suportes para o piso

1. Instruções de segurança

Com montagem cuidadosa e uso conforme determinado, a experimentação sem perigos com o pêndulo reversível está garantida. Entretanto, há perigo de ferimentos ou de danos ao pêndulo reversível se os cuidados forem negligenciados.

- Estas instruções de uso devem ser lidas e observadas completamente.
- Montar o suporte em base firme e plana e apertar bem os parafusos de montagem.
- Fixar o parafuso de travamento do peso móvel do pêndulo de forma que o peso do pêndulo não possa deslizar sem controle.
- Ajustar a placa de rolamentos com auxílio dos parafusos de ajuste de forma que os eixos dos rolamentos do pêndulo estejam apoiados por igual.
- Ao modificar ou enganchar o pêndulo, sempre segurar com ambas as mãos.
- Enganchar o pêndulo com cuidado na placa de rolamentos e verificar a posição correta dos eixos dos rolamentos.
- Não expor o pêndulo a choques físicos exagerados e não deslocar por mais de 10 cm na extremidade inferior.

2. Componentes

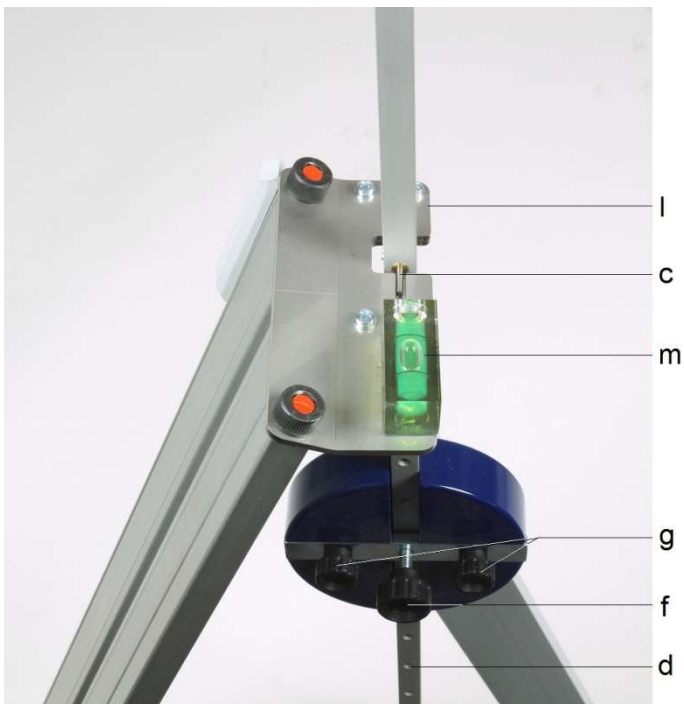


Pêndulo

- a peso de pêndulo fixo
- b haste do pêndulo
- c eixo do rolamento
- d posições de encaixe
- e peso de pêndulo móvel
- f parafuso de bloqueio
- g parafusos de montagem

Suporte

- h base
- i parafuso de posicionamento
- j braço do suporte
- k placa do suporte
- l placa do rolamento
- m nível de bolha de ar
- n suportes para o piso



3. Descrição

O pêndulo reversível é um pêndulo físico com dois eixos de rolamentos e um peso de pêndulo fixo e um móvel. Ele oscila em seu suporte com a duração de oscilação T_1 ao redor do primeiro eixo de rolamentos e com a duração T_2 ao redor do segundo. Pelo deslocamento do peso de pêndulo móvel, ambas as durações de oscilação podem ser alteradas de forma a convergirem. Então, o comprimento reduzido do pêndulo corresponde à distância d dos eixos de rolamentos e vale:

$$T_1 = T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}, \quad g: \text{aceleração da gravidade.}$$

No deslocamento, o peso de pêndulo móvel encaixa na haste do pêndulo em distâncias de 2,5 cm. Para deslocamentos mais finos, o peso de pêndulo pode ser montado com inversão vertical de 180°.

4. Dados técnicos

Duração da oscilação do pêndulo sintonizado (calculada com $g = 9,81 \text{ m/s}^2$):	1794 ms
Dimensões:	80x125x30 cm ³
Peso total:	aprox. 6,3 kg
Comprimento da haste do pêndulo:	120 cm
Distância dos eixos dos rolamentos:	80 cm
Peso de pêndulo fixo:	aprox. 1,4 kg
Peso de pêndulo móvel:	aprox. 1,0 kg
Deslocamento do pêndulo	máx. 10 cm

5. Colocação em operação

5.1 Seleção do local de montagem

Sob pisos elásticos, energia de oscilação é transmitida a todo o suporte e, com isto, são causados erros de medição.

- Somente montar e operar o pêndulo reversível sobre base fixa.

Em caso de piso liso, escorregadio ou sensível:

- Colocar um protetor de piso sob a placa de base bem como sob a placa do suporte.

5.2 Montagem do suporte

- Soltar o parafuso (vide Fig. 1), abrir o braço do suporte.

- Reapertar na posição montada com torque moderado.

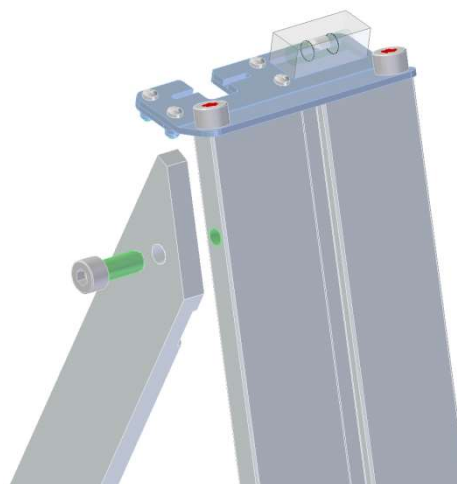


Fig. 1: Montagem do braço do suporte na placa do suporte

5.3 Posição vertical da haste do pêndulo

- Segurar o pêndulo com ambas as mãos e enganchar cuidadosamente na placa de rolamentos (vide Fig. 2).
- Ajustar a posição vertical da haste do pêndulo com os parafusos de ajuste na placa de suporte de forma que a bolha do nível esteja centrada (vide Fig. 3).

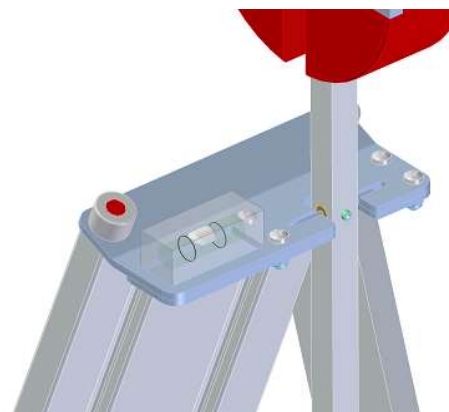


Fig. 2: Placa de rolamentos com haste de pêndulo enganchada



Fig. 3: Ajuste da posição através do nível de bolha de ar

6. Operação

6.1 Impulsão da haste do pêndulo

- Impulsionar o pêndulo repetidas vezes na direção da flecha com pressão leve sobre o local marcado até que o deslocamento seja de aprox. 5 cm.

Orientação: Deslocamentos maiores levam a erros relevantes de medição.

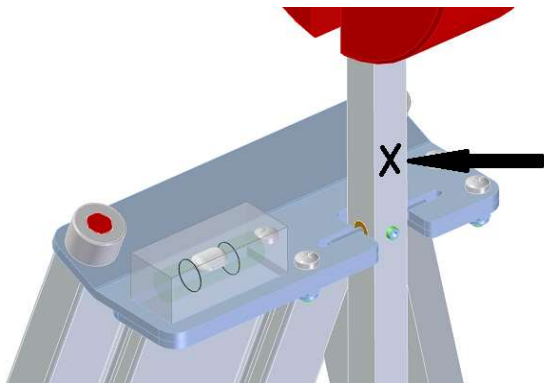


Fig. 4: Impulsão da haste do pêndulo

6.2 Colocar em posição de reversão

- Levantar o pêndulo com ambas as mãos da placa de rolamentos e girá-lo.
- Enganchar o pêndulo com o outro eixo de rolamentos cuidadosamente na placa de rolamentos novamente. Continuar conforme item 6.1.

6.3 Dependência da duração da oscilação da posição do peso de pêndulo móvel



Fig. 5: Montagem da experiência com fotocélula e contador digital

Exigência complementar:

1 Barreira luminosa	1000563
1 Contador digital (230 V, 50/60 Hz)	1001033
ou	
1 Contador digital (115 V, 50/60 Hz)	1001032

- Enganchar a haste do pêndulo na placa de rolamentos de forma que tanto o peso do pêndulo fixo (vermelho) quanto o móvel (azul) se encontrem debaixo do eixo de rolamento correspondente (vide Fig. 5).
- Montar a barreira luminosa sob a haste do pêndulo em repouso com auxílio da placa de parada (contida no fornecimento) e conectar no contador digital.
- Travar o peso de pêndulo móvel na ranhura em forma de cunha mais próxima do peso fixo de pêndulo, ou seja, na mais baixa.
- Medir e anotar a duração da oscilação T_1 .
- Travar o peso de pêndulo móvel em cada ranhura em forma de cunha (a cada 2,5 cm) e medir e anotar a respectiva duração da oscilação T_1 .
- Agora, enganchar a haste do pêndulo na placa de rolamentos de forma que o peso do pêndulo fixo (vermelho) esteja acima e o móvel (azul) esteja debaixo do eixo de rolamento correspondente.
- Travar o peso de pêndulo móvel na ranhura em forma de cunha mais próxima do peso de pêndulo móvel, ou seja, na mais alta.
- Medir e anotar a duração da oscilação T_2 .
- Travar o peso de pêndulo móvel em cada ranhura em forma de cunha (a cada 2,5 cm) e medir e anotar a respectiva duração da oscilação T_2 .
- Representar as durações de oscilação medidas respectivamente para ambas as séries de medições em dependência da distância x_2 da massa do pêndulo em movimento a partir do ponto de suspensão do pêndulo, ou seja, do eixo do rolamento, em um diagrama (vide Fig. 6).

A distância entre os eixos do rolamento e a próxima ranhura em forma de cunha é de 10 cm em cada caso.

6.4 Determinação da aceleração da gravidade

As durações de oscilação T_1 e T_2 em ambas as interseções dos gráficos são iguais correspondem à duração de período T_0 do pêndulo sintonizado, ou seja, $T_0 = T_1 = T_2$.

A aceleração da gravidade pode ser determinada a partir da duração de período T_0 medida no item 6.3 do pêndulo de reversão sintonizado e da distância $l = 0,8$ m entre os eixos de rolamento, que corresponde ao comprimento reduzido do pêndulo:

$$g = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{l}{T_0^2}$$

Orientação: Para sincronização do pêndulo para a duração da oscilação exatamente igual, eventualmente montar o peso de pêndulo móvel invertido verticalmente em 180° na haste do pêndulo.

7. Armazenagem, limpeza, descarte

- Armazenar o aparelho em local limpo, seco e livre de poeira.
- Não utilizar produtos ou solventes agressivos para a limpeza.
- Utilizar um pano macio e úmido para a limpeza.
- A embalagem deve ser descartada na estação local de reciclagem. A embalagem deve ser destacada na estação local de reciclagem.
- Se o aparelho tiver que ser descartado pelo próprio proprietário/usuário, ele não pode ser descartado no lixo doméstico comum. Devem ser observadas regulações locais.

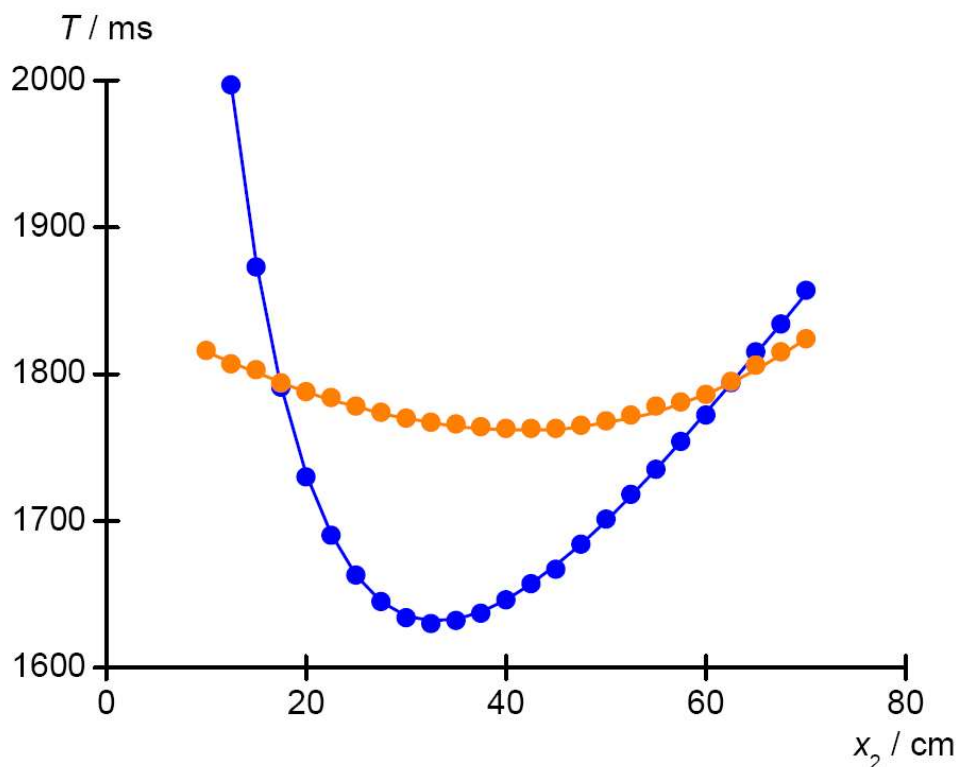


Fig. 6: Duração da oscilação T em dependência da distância x_2 da massa do pêndulo em movimento a partir do ponto de suspensão (do eixo do rolamento). Círculos vermelhos: ambos os pesos de pêndulo abaixo do eixo de rolamento. Círculos azuis: peso de pêndulo fixo acima, peso móvel abaixo do eixo de rolamento