

## Pêndulo reversível de Kater 1018466

### Instruções de uso

02/24 TL/UD



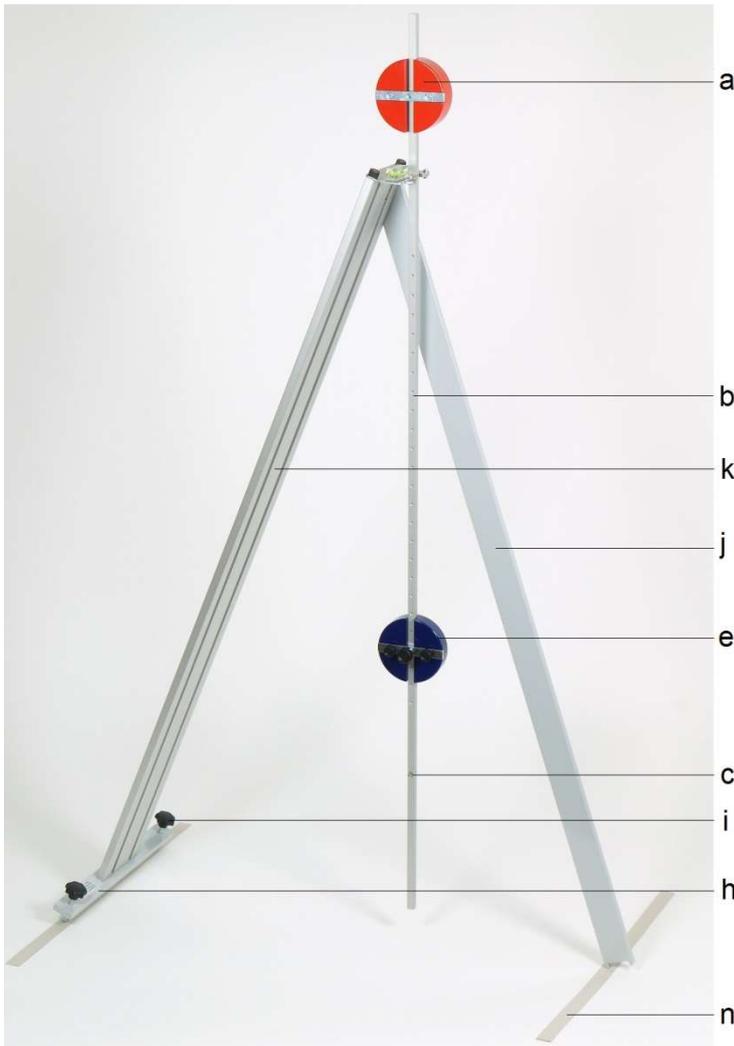
- 1 pêndulo
- 2 suporte
- 3 suportes para o piso

### 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

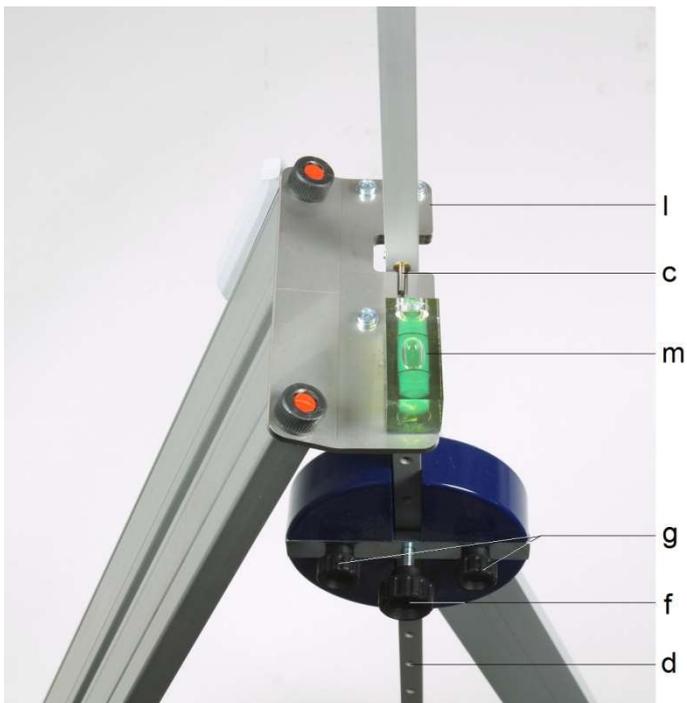


### Pêndulo

- 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 <sup>3</sup>
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.

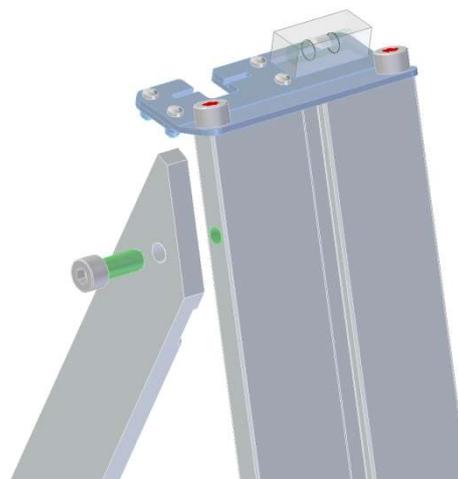


Fig. 1: Montagem do braço do suporte na placa do suporte

#### 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).

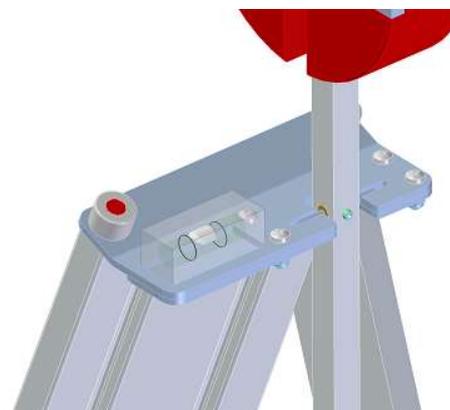


Fig. 2: Placa de rolamentos com haste de pêndulo enganchada



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.*

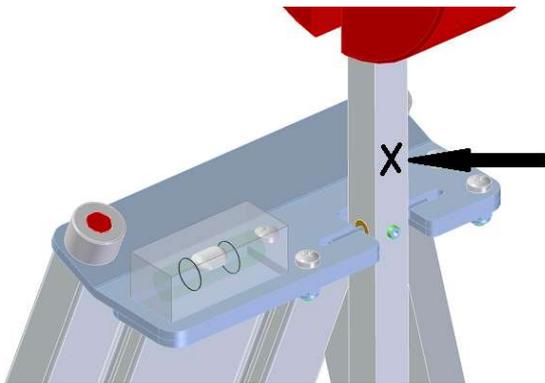


Fig. 4: Impulsão da haste do pêndulo

### 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  $180^\circ$  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.

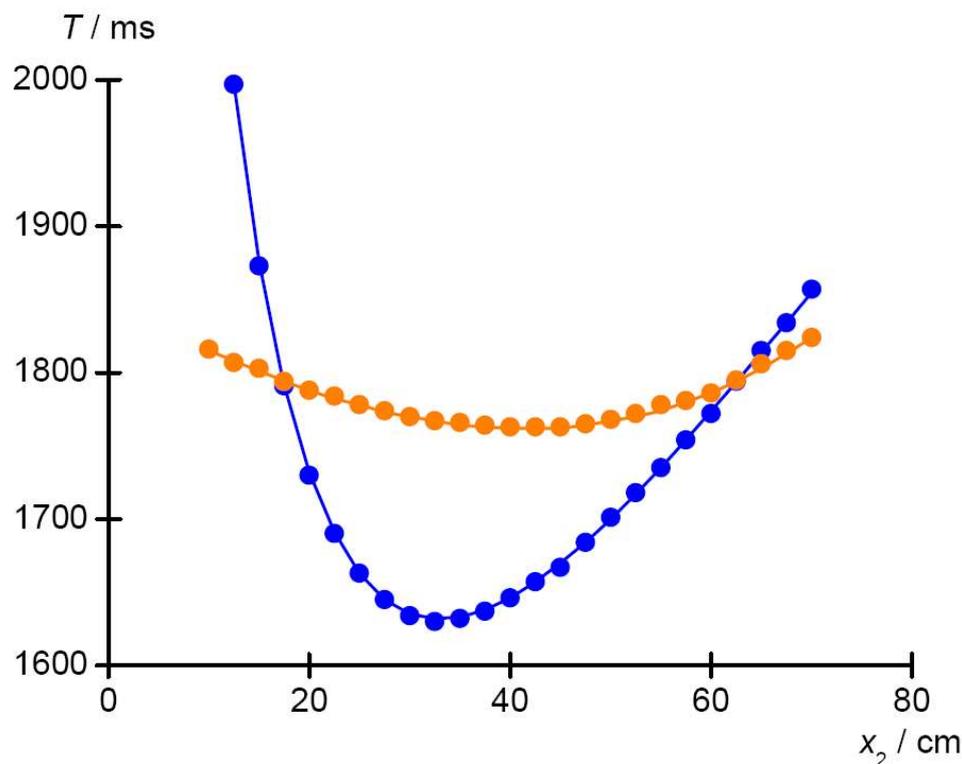


Fig. 6: Duração da oscilação  $T$  em dependência da distância  $x_2$  da massa do pêndulo em movimento a partir do ponto de suspensão (do eixo do rolamento). Círculos vermelhos: ambos os pesos de pêndulo abaixo do eixo de rolamento. Círculos azuis: peso de pêndulo fixo acima, peso móvel abaixo do eixo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