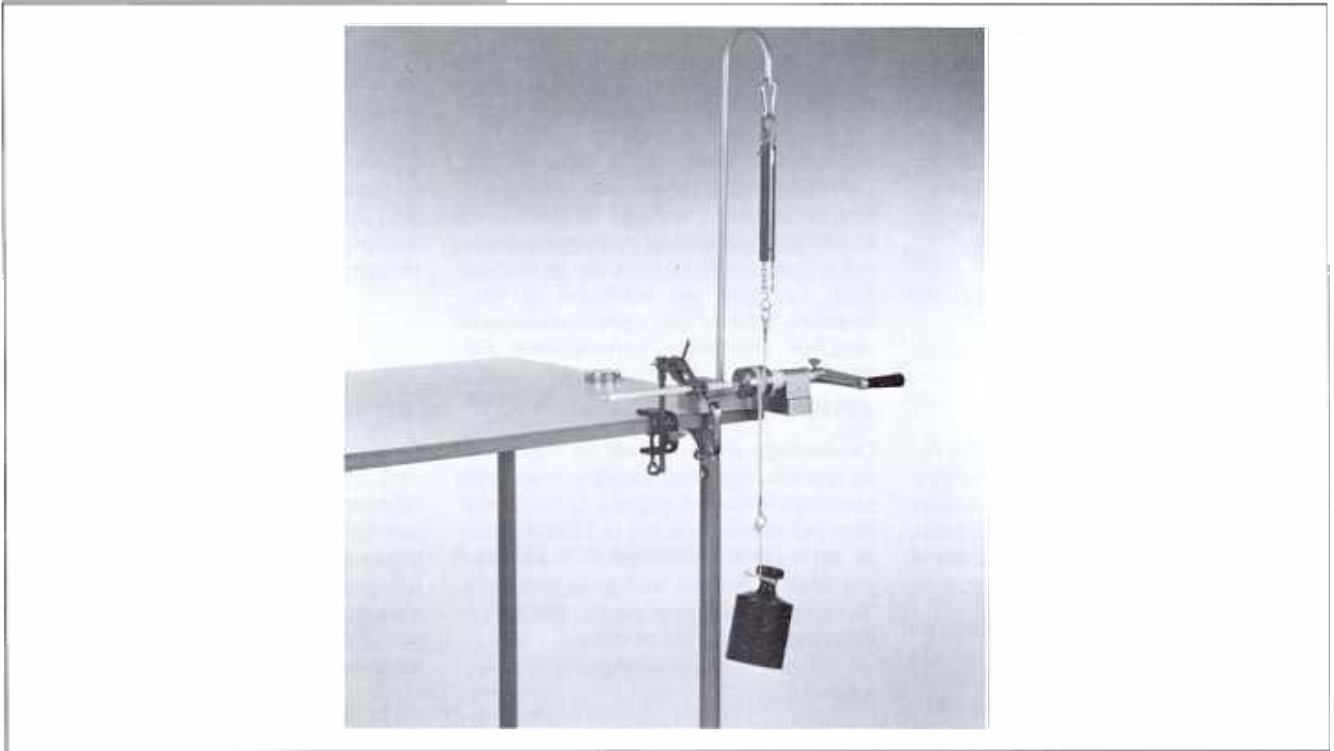


## Mechanical Equivalent of Heat Apparatus 04440.00

## Appareil pour la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur 04440.00

## Aparato para el equivalente mecánico del calor 04440.00



### 1. APPLICATION

The mechanical equivalent of heat equipment provides a method of determining the mechanical equivalent of heat and of determining the specific thermal capacity of a solid body.

Mechanical energy from friction is fully converted into thermal energy. As, since 1977, both forms of energy are given in the same units of  $1\text{J} = 1\text{Nm}$ , the mechanical equivalent of heat = 1.

In the experiment a metal test body is rotated and heated by the frictional effect of a tensioned plastic band.

### 2. DESCRIPTION AND CONSTRUCTION

The equipment consists of a baseplate with a journal bearing in which the friction cylinder and the crank handle are screwed together with a holder for the friction band.

- Fix the friction cylinder and the crank handle to the journal bearing.

### 1. OBJET

L'appareil pour la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur sert à déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur et la capacité calorifique de corps solides.

On transforme entièrement par frottement de l'énergie mécanique en énergie thermique. Etant donné que, depuis 1977, les deux formes d'énergie sont exprimées dans la même unité,  $1\text{J} = 1\text{Nm}$ , l'équivalent mécanique de la chaleur = 1.

L'expérience consiste à faire tourner une pièce métallique en l'échauffant par frottement à l'aide d'un ruban de matière plastique tendu.

### 2. DESCRIPTION ET MONTAGE

L'appareil se compose d'un socle sur lequel est monté un palier destiné à recevoir le cylindre de frottement, d'une manivelle d'entraînement et d'un étrier de fixation du ruban de frottement.

- Fixer le cylindre de frottement et la manivelle sur le palier

### 1. FINALIDAD

Este aparato se utiliza para la determinación cuantitativa del equivalente mecánico del calor y para determinar la capacidad calorífica específica de los cuerpos sólidos.

La energía mecánica se transforma por fricción totalmente en energía calórica. El equivalente mecánico del calor es 1, debido a que ambas formas de energía se representan desde 1977 con la misma unidad,  $1\text{J} = 1\text{Nm}$ .

En el experimento se hace girar un cuerpo metálico, calentándolo con una cinta de fricción de material plástico tensa.

### 2. DESCRIPCION E INSTALACION

El aparato está compuesto de una placa base con apoyo giratorio con atornillamientos para el cilindro de fricción y la manivela, así como de un estribo de sujeción para la cinta de fricción.

- Montar el cilindro de fricción y la manivela en el apoyo giratorio

- Hang a spring balance from the holder.
- Attach the friction band to the spring balance.
- Wrap the band 2.5 times around the cylinder so that the load on the balance is relieved if the crank handle is turned to the right.
- Attach a weight to the lower end of the friction band.
- Fill the hole in the cylinder with thermally conducting paste.

The temperature of the cylinder should be measured before and after a given number of rotations. The hole filled with thermally conducting paste is provided for this purpose. The temperature measurement is most accurate when the thermometer also has contact with the friction cylinder while it is being turned. The thermometer is held with an angled universal clamp with swivel (Fig. 1).

### IMPORTANT!

The setup is such that the hole in the cylinder and thermometer are precisely lined up. The baseplate must be clamped firmly with the screw clamps to the table top and must not move when the crank handle is turned. The thermometer may break if the apparatus moves and tilts.

### 3. PROCEDURE AND EVALUATION

The mass of the friction cylinder should be determined by weighing. A number of rotations, e.g. 100, are made with the crank handle as evenly as possible. The spring balance then indicates a constant force  $F_1$ . The work  $W$  due to friction on the cylinder is:

$$W = 2 \pi r n (F_2 - F_1)$$

$n$  = number of rotations

$r$  = cylinder radius

$F_1$  = force on the spring balance

$F_2$  = weight

The work is converted in thermal energy  $Q$ .

$$Q = c m (T_2 - T_1)$$

$m$  = mass of the friction cylinder

$c$  = specific thermal capacity of the cylinder

$T_1$  = cylinder temperature at start

$T_2$  = cylinder temperature at finish

For a known specific thermal capacity for the cylinder material (CuZn:  $c = 0.385 \text{ J/gK}$ ), the mechanical equivalent of heat  $W/Q$  can be found from the measurement.

- Accrocher le dynamomètre à l'étrier
- Fixer le ruban de frottement au dynamomètre
- Enrouler 2,5 fois le ruban de frottement autour du cylindre de frottement (de manière telle qu'en tournant la manivelle dans le sens des aiguilles d'une montre on soulage le dynamomètre)
- Attacher un poids à l'extrémité inférieure du ruban de frottement
- Remplir de pâte thermo-conductrice le trou percé à l'intérieur du cylindre de frottement

On mesurera la température du cylindre de frottement avant et après un nombre de rotations donné, et le trou à l'intérieur du cylindre rempli de pâte thermo-conductrice sert justement à cette mesure. La précision de mesure de la température est optimum lorsque le thermomètre est en contact avec le cylindre de frottement pendant la rotation de ce dernier. Pour ce faire, on maintient le thermomètre à l'aide d'une pince universelle articulée, orientée en conséquence. (Fig. 1).

### ATTENTION!

Le montage est à réaliser de manière à ce que trou du cylindre et le thermomètre soient parfaitement alignés. Le socle doit être fixé solidement sur la table à l'aide de serre-joints de manière à ne pas bouger lorsque l'on fait tourner la manivelle. Si l'appareil bougeait ou se désaxait le thermomètre pourrait se briser.

### 3. EXECUTION D'UNE EXPERIENCE ET EXPLOITATION DES RESULTATS

Déterminer la masse du cylindre de frottement à l'aide d'une balance. Effectuer un certain nombre de tours à la manivelle (par ex. 100) à une vitesse aussi régulière que possible. Pendant la rotation du dispositif, le dynamomètre indique alors une force constante  $F_1$ . Le travail de la force de frottement sur le cylindre est de:

$$W = 2 \pi r n (F_2 - F_1)$$

$n$  = nombre de tours effectués

$r$  = rayon du cylindre

$F_1$  = force lue sur le dynamomètre

$F_2$  = force exercée par le poids

Le travail de frottement est transformé en énergie thermique  $Q$ .

$$Q = c m (T_2 - T_1)$$

$m$  = masse du cylindre de frottement

$c$  = capacité calorifique spécifique du cylindre

$T_1$  = température du cylindre avant

$T_2$  = température du cylindre après

- Colgar el dinamómetro en el estribo de sujeción
- Fijar la cinta de fricción en el dinamómetro.
- Enrollar el cilindro de fricción con la cinta 2,5 veces (de tal manera que se descargue la fuerza al girar la manivela a la derecha)
- Sujetar un peso en el extremo inferior de la cinta de fricción
- Llenar el orificio del cilindro de fricción con pasta conductora de calor.

La temperatura del cilindro de fricción debe medirse antes y después de un determinado número de giros. Para esto se utiliza el orificio lleno de pasta conductora de calor del cilindro. La medida de la temperatura es de lo más exacta, cuando el termómetro se encuentra en contacto con el cilindro de fricción (también durante los giros). Con este fin se sujeta el termómetro con una fijación universal en ángulo giratoria (Fig. 1).

### ¡ATENCIÓN!

La instalación se debe hacer de tal manera que el orificio del cilindro y el termómetro queden exactamente en una línea. La placa base deberá sujetarse muy firmemente a la superficie de la mesa con prensas de tornillo para que no se mueva al girar la manivela. De otro modo, el termómetro podría romperse al moverse o inclinarse la instalación.

### 3. EJECUCION Y EVALUACION

Determinar con una balanza la masa del cilindro de fricción. Con la manivela se efectúan varias vueltas (p.ej. 100) en lo posible uniformes. El dinamómetro indicará durante los giros de la manivela una fuerza constante  $F_1$ . El trabajo de la fricción  $W$  en el cilindro es:

$$W = 2 \pi r n (F_2 - F_1)$$

$n$  = Nº. de vueltas

$r$  = radio del cilindro

$F_1$  = fuerza en el dinamómetro

$F_2$  = fuerza gravitacional (del peso)

El trabajo de fricción se transforma en la energía calórica  $Q$ .

$$Q = c m (T_2 - T_1)$$

$m$  = masa del cilindro de fricción

$c$  = capacidad calórica específica de cilindro

$T_1$  = temperatura del cilindro, antes

$T_2$  = temperatura del cilindro, después

El equivalente de calor mecánico  $W/Q$  se obtiene de la medición, para una capacidad calórica específica del material del cilindro (CuZn:  $c = 0,385 \text{ J/gK}$ ).

If it is assumed that  $W = Q$ , then the specific thermal capacity of solid bodies can be found with this apparatus. The experiment can be carried out with friction cylinders other than that supplied with the apparatus.

#### Note:

With an aluminium cylinder (Order No. 04441.03) the work due to friction must not be greater than 10 N (weight 1 kg) to avoid severe abrasion of the cylinder which might contaminate the friction band.

#### Measurement Example

$m = 0.64\text{kg}$ ,  $r = 2.25\text{cm}$ ,  $F_1 = 3\text{N}$ ,  $F_2 = 50\text{N}$

| n   | (T <sub>2</sub> - T <sub>1</sub> )°C | W / Q |
|-----|--------------------------------------|-------|
| 50  | 1.4                                  | 0.963 |
| 100 | 2.5                                  | 1.079 |
| 150 | 4.1                                  | 0.986 |
| 200 | 5.2                                  | 1.037 |

Mean:  $W/Q = 1.02$

Si la capacité calorifique spécifique du matériau ayant servi à fabriquer le cylindre de frottement est connue (CuZn:  $c = 0,385\text{J/gK}$ ), on peut déduire par cette mesure l'équivalent mécanique de la chaleur  $W/Q$ .

Inversement, si l'on admet que  $W = Q$ , cet appareil permet de déterminer la capacité calorifique spécifique de matériaux solides. En outre, l'expérience décrite peut se réaliser avec des cylindres différents de celui fourni avec l'appareil.

#### Remarque

Lorsque l'on travaille avec un cylindre en aluminium (Cde N°.04441.03) la force de frottement sur le cylindre ne doit pas dépasser 10N (poids de 1kg) afin d'éviter une usure trop importante du cylindre qui pourrait encrasser le ruban de frottement.

#### Exemple de mesure

$m = 0,64\text{kg}$ ,  $r = 2,25\text{cm}$ ,  $F_1 = 3\text{N}$ ,  $F_2 = 50\text{N}$

| n   | (T <sub>2</sub> - T <sub>1</sub> )°C | W / Q |
|-----|--------------------------------------|-------|
| 50  | 1,4                                  | 0,963 |
| 100 | 2,5                                  | 1,079 |
| 150 | 4,1                                  | 0,986 |
| 200 | 5,2                                  | 1,037 |

Valeur moyenne:  $W/Q = 1,02$

Si por el contrario se supone  $W = Q$ , entonces se puede determinar con esta instalación la capacidad calórica específica de los cuerpos sólidos. Para ello se puede realizar el experimento con otros cilindros, además del que forma parte del suministro.

#### Sugerencia:

Con un cilindro de aluminio (Pedido N°. 04441.03), el trabajo de fricción no debe ser mayor a 10N (peso de la pieza 1kg), para evitar una fuerte abrasión en el cilindro, lo cuál causaría el ensucie de la cinta de fricción.

#### Ejemplo de medición

$m = 0,64\text{kg}$ ,  $r = 2,25\text{cm}$ ,  $F_1 = 3\text{N}$ ,  $F_2 = 50\text{N}$

| n   | (T <sub>2</sub> - T <sub>1</sub> )°C | W / Q |
|-----|--------------------------------------|-------|
| 50  | 1,4                                  | 0,963 |
| 100 | 2,5                                  | 1,079 |
| 150 | 4,1                                  | 0,986 |
| 200 | 5,2                                  | 1,037 |

Promedio:  $W/Q = 1,02$

#### 4. LIST OF EQUIPMENT

##### Included accessories:

|                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| 1 Friction cylinder CuZn, 0.64kg       | 04441.01 |
| 1 Plastic friction band                | 04441.04 |
| 1 Crank handle                         | 04441.05 |
| 1 Thermometer -10...+30°C, 0.1°C divs. | 05948.00 |
| 1 Thermally conducting paste, 50g      | 03747.00 |
| 2 Screw clamps                         | 02014.00 |

##### Accessories required:

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 1 Weight, 5kg         | 44096.81 |
| 1 Spring balance 100N | 03060.04 |

##### Holder for thermometer:

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| 1 Table clamp "Pass", small   | 03948.55 |
| 1 Universal clamp with swivel | 37716.00 |

##### For the determination of thermal capacity:

|                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| 1 Friction cylinder CuZn, 1.28kg | 04441.02 |
| 1 Friction cylinder Al, 0.39kg   | 04441.03 |
| 1 Weight 1kg                     | 44096.70 |
| 1 Spring balance 10N             | 03060.03 |

#### 4. LISTE DES APPAREILS

##### Accessoires inclus:

|                                                 |          |
|-------------------------------------------------|----------|
| 1 cylindre de frottement CuZn, 0,64kg           | 04441.01 |
| 1 ruban de frottement plastique                 | 04441.04 |
| 1 manivelle                                     | 04441.05 |
| 1 thermomètre de -10...+30°C, graduations 0,1°C | 05948.00 |
| 1 pâte thermo-conductrice, 50g                  | 03747.00 |
| 2 serre-joints                                  | 02014.00 |

##### Accessoires nécessaires:

|                    |          |
|--------------------|----------|
| 1 poids, 5kg       | 44096.81 |
| 1 dynamomètre 100N | 03060.04 |

##### Fixation du thermomètre:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| 1 pince de table "Pass", petit modèle | 03948.55 |
| 1 pince universelle avec articulation | 37716.00 |

##### Pour déterminer la capacité calorifique spéc:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| 1 cylindre de frottement CuZn, 1,28kg | 04441.02 |
| 1 cylindre de frottement Al, 0,39kg   | 04441.03 |
| 1 poids 1kg                           | 44096.70 |
| 1 dynamomètre 10N                     | 03060.03 |

#### 4. RESUMEN DE APARATOS

##### Accesorios suministrados:

|                                            |          |
|--------------------------------------------|----------|
| 1 Cilindro de fricción CuZn, 0,64kg        | 04441.01 |
| 1 Cinta de fricción de mat. plástico       | 04441.04 |
| 1 Manivela                                 | 04441.05 |
| 1 Termómetro -10...+30°C, divisiones 0,1°C | 05948.00 |
| 1 Pasta conductora de calor, 50g           | 03747.00 |
| 2 Prensas de tornillo                      | 02014.00 |

##### Accesorios necesarios:

|                    |          |
|--------------------|----------|
| 1 Peso, 5 kg       | 44096.81 |
| 1 Dinamómetro 100N | 03060.04 |

##### Soporte para el termómetro:

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| 1 Fijación de mesa "Pass", pequeña | 03948.55 |
| 1 fijación universal giratoria     | 37716.00 |

##### Para determinar la capacidad calórica específica:

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| 1 Cilindro de fricción CuZn, 1,28kg | 04441.02 |
| 1 Cilindro de fricción Al, 0,39kg   | 04441.03 |
| 1 Peso 1kg                          | 44096.70 |
| 1 Dinamómetro 10N                   | 03060.03 |