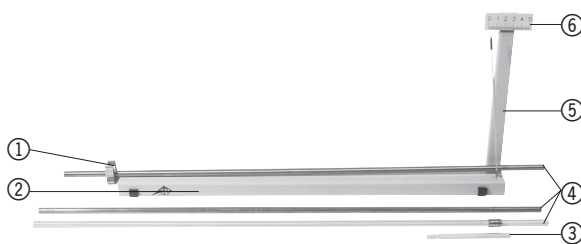


U15405 Längenausdehnungsapparat

Bedienungsanleitung

3/03 ALF



- ① Klemmfeder
- ② Grundleiste
- ③ Glasröhrchen
- ④ Proberohre
- ⑤ Zeiger
- ⑥ Skala

Der Längenausdehnungsapparat dient zum Nachweis der Längenausdehnung fester Stoffe sowie zur Bestimmung der Ausdehnungskoeffizienten von Kupfer, Eisen und Glas.

Durchmesser der Rohre: ca. 8 mm
 Zeigerlänge: 200 mm
 Skalenteilung: mm
 Zeigerübersetzung: 1 : 50

1. Sicherheitshinweise

- Vorsicht! Versuchsdurchführung mit heißem Dampf.
- Erhitzte Rohre nicht mit den Händen berühren. Beim Austausch der Rohre Lappen verwenden.
- Glasrohr keinen mechanischen Belastungen aussetzen.

2. Beschreibung, technische Daten

Das Gerät besteht aus einer Grundleiste, an deren linken Ende eine Klemmfeder zur Fixierung der Proberohre befestigt ist. Im Abstand von 50 cm rechts davon befindet sich eine Kerbe in der Grundleiste zur Aufnahme der Schneide des Zeigers. Die Proberohre aus Kupfer und Eisen haben im Abstand von ca. 65 mm von einem Ende eine Ringnut zur Auflage auf die Schneide des Zeigers. Das Glasrohr hat an der gleichen Stelle einen Metallring mit Ringnut. Hinter dem Zeiger befindet sich eine Skala von 0 bis 5 cm. Für die Zuleitung von Wasserdampf steht ein etwa 10 cm langes Glasrohr mit Schlauchwelle zur Verfügung.

Abmessungen: 530 mm x 60 mm x 240 mm
 Masse: 0,6 kg
 Länge der Rohre: ca. 630 mm

3. Prinzip

Zur Ermittlung des linearen Ausdehnungskoeffizienten α der verschiedenen Materialien ist es notwendig die Ausdehnung der Rohre bei einer bestimmten Temperaturzunahme ΔT zu bestimmen. Dazu werden die Rohre mittels Wasserdampf auf 100° C erwärmt und die Differenz ΔT zur Raumtemperatur ermittelt. Die Längenzunahme ergibt sich aus dem Zeigerausschlag d , wobei eine 1 mm Zunahme einem Zeigerausschlag von 50 mm entspricht. Unter Berücksichtigung der Rohrlänge l zwischen den beiden Auflagepunkten und der Vergrößerung w (Vergrößerungsverhältnis 1:50) lässt sich der Ausdehnungskoeffizient mit der Gleichung

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

berechnen.

4. Bedienung

Zusätzlich erforderlich zum Erwärmen der Proberohre ist ein Dampfentwickler oder Bunsenbrenner mit Erlennmeyerkolben

- Rohrende ohne Nut mit einem Gummischlauch verbinden und in der Klemmfeder fixieren.

- Zeiger in die Kerbe unter der Skala einsetzen und Proberohr mit der Ringnut auf die obere Schneide des Zeigers auflegen.
- Zeiger durch Verschieben des Rohres auf Null stellen.
- Mittels des kurzen Glasröhrchens und dem Schlauch die Verbindung zu einem Dampfwickler oder einem halb mit Wasser gefüllten Erlenmeyerkolben herstellen.
- Wasser zum Sieden bringen. Der Dampf strömt durch das Proberohr und erwärmt es auf ca. 100° C. (**Achtung!** In sehr hochgelegenen Orten ist die Siedetemperatur geringer als 100° C.)
- Wenn ca. 1 Minute lang Dampf durch das Rohr geströmt ist und kein Kondenswasser mehr aus dem Rohrende austritt, größten Zeigerausschlag ablesen.

5. Berechnungsbeispiel

Zimmertemperatur $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Temperatur des Wasserdampfes = 100° C

Temperaturzunahme $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Kupferrohr, Zeigerausschlag $d = 32,5\text{ mm}$

Vergrößerung $w = 50$

Rohrlänge $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32,5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Tabellenwerte:

Kupfer: $16,8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

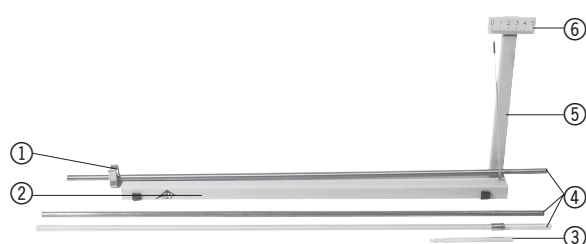
Eisen: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Glas: $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

U15405 Linear thermal expansion apparatus

Instruction sheet

3/03 ALF



- ① Spring clip
- ② Base track
- ③ Glass rod
- ④ Test rods
- ⑤ Pointer
- ⑥ Scale

The apparatus demonstrates the linear expansion of solid materials and allows the determination of expansion coefficients for copper, iron and glass.

1. Safety instructions

- Caution. The experimental procedure results in hot steam.
- Do not touch heated rods with your fingers. Use cloths when replacing rods.
- Do not subject the glass rod to mechanical stresses.

2. Description, technical data

The equipment consists of a base track with a spring clip at the left-hand end for attaching a testing rod. At a distance of 50 cm from the end there is a notch in the base strip for the pointer. The copper and iron test rods have a ring nut 65 cm from the end for placing on the pointer. The glass rod has a metal ring with a ring nut in the same place. Behind the pointer is a 0-5 cm scale. To feed in hot steam, a 10 cm long glass rod attached to a hose is provided.

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Dimensions: | 530 mm x 60 mm x 240 mm |
| Weight: | 0.6 kg |
| Length of rods: | 630 mm approx. |
| Diameter of rod: | 8 mm approx. |
| Length of pointer: | 200 mm |
| Scale markings: | mm |
| Scale factor: | 1 : 50 |

3. Principle

To determine the linear expansion coefficient α for various materials, it is necessary to measure the expansion for a certain temperature rise ΔT . Thus the rods are heated to 100° C by means of steam and the temperature difference ΔT from room temperature is calculated. The expansion is determined from the movement of the pointer d , where a pointer movement of 50 mm indicates an expansion of 1mm. The expansion coefficient is determined from the extension w (scale factor 1:50) and the length of rod l between the two fixed points by means of the formula:

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

4. Instructions for use

Also required for heating the rods is a vapor generator or a bunsen burner heating an Erlenmeyer flask

- Attach the end of the rod without the nut to a rubber hose and secure in the spring clip.
- Place the pointer in the notch under the scale and attach the upper end of the pointer to the rod with the ring nut.
- Adjust the pointer to zero by sliding the rod.
- Attach to a steam generator or an Erlenmeyer flask half-filled with water by means of the short glass rod and a hose.
- Boil water. Steam flows through the test rod and heats it to approximately 100° C.

(**Note:** at high altitudes, water boils at slightly less than 100° C.)

- When steam has been passing through the rod for about 1 minute and no more condensing steam is emerging from the end of the rod, read off the largest movement of the pointer.

5. Example calculation

Room temperature $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Temperature of steam = 100° C

Temperature rise $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Pointer movement for copper rod $d = 32.5\text{ mm}$

Extension $w = 50$

Length of rod $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32.5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Table of values:

Copper: $16.8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Iron: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Glass: $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

U15405 Appareil de dilatation linéaire

Instructions de service

3/03 ALF



- ① Ressort
- ② Tige de base
- ③ Tube en verre
- ④ Eprouvette
- ⑤ Pointeur
- ⑥ Graduation

L'appareil permet de démontrer la dilatation linéaire de corps solides ainsi que de déterminer le coefficient de dilatation du cuivre, du fer et du verre.

1. Consignes de sécurité

- Prudence ! L'expérience utilise de la vapeur brûlante.
- Ne pas toucher avec les mains le tube réchauffé. Pour remplacer le tube, utiliser un chiffon.
- Ne pas exposer le tube en verre à des charges mécaniques.

2. Description, caractéristiques techniques

L'appareil est constitué d'une tige de base, sur l'extrémité gauche de laquelle est fixé un ressort permettant d'attacher une éprouvette. A 50 cm plus à droite, la tige de base présente une gorge qui permet de loger la lame du pointeur. Les éprouvettes en cuivre et en fer possèdent à env. 65 mm de l'une des extrémités une rainure leur permettant d'être placées sur la lame du pointeur. Au même endroit, le tube en verre dispose d'une bague métallique avec rainure. Derrière le pointeur se trouve une graduation de 0 à 5 cm. La vapeur d'eau est acheminée par un tube en verre de 10 cm de long avec arbre de tuyau.

Dimensions : 530 mm x 60 mm x 240 mm
 Masse : 0,6 kg
 Longueur des tubes : env. 630 mm

Diamètre des tubes : env. 8 mm
 Longueur de pointeur : 200 mm
 Pas : mm
 Multiplication du pointeur : 1 : 50

3. Principe

Pour déterminer le coefficient de dilatation linéaire à des différents matériaux, il est indispensable de déterminer la dilatation des tubes à une augmentation de température ΔT définie. Pour cela, on réchauffe les tubes à 100° C avec de la vapeur d'eau et on détermine la différence ΔT par rapport à la température ambiante. L'accroissement linéaire résulte de la déviation du pointeur d , un accroissement de 1 mm correspondant à une déviation du pointeur de 50 mm. Compte tenu de la longueur de tube l entre les deux points d'appui et de l'augmentation w (rapport 1:50), on peut calculer le coefficient de dilatation à l'aide de l'équation suivante :

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

4. Manipulation

Pour réchauffer les éprouvettes, il faut un générateur de vapeur ou un bec Bunsen avec erlenmeyer.

- Relier l'extrémité du tube sans rainure avec un tuyau en caoutchouc et la fixer dans le ressort.
- Placer le pointeur dans la gorge sous la graduation

et mettre l'éprouvette avec la rainure sur la lame supérieure du pointeur.

- Régler le pointeur sur zéro en déplaçant le tube.
- Relier le petit tube en verre et le tuyau à un générateur de vapeur ou un erlenmeyer à moitié rempli d'eau.
- Porter l'eau à ébullition. La vapeur traverse l'éprouvette et réchauffe celle-ci à env. 100 °C.
(Attention ! A des endroits très élevés, la température d'ébullition est inférieure à 100 °C.)
- Après que la vapeur a traversé l'éprouvette pendant env. 1 minute et que de l'eau de condensation ne s'échappe plus de l'extrémité du tube, lire la déviation maximale du pointeur.

5. Exemple de calcul

Température ambiante $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Température de la vapeur d'eau = 100 °C

Augmentation de température $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Tube en cuivre, déviation de pointeur $d = 32,5\text{ mm}$

Accroissement $w = 50$

Longueur de tube $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32,5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Valeurs du tableau :

Cuivre : $16,8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

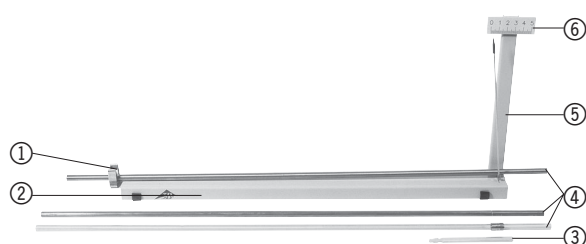
Fer : $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Verre : $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

U15405 Apparecchio per la dilatazione lineare

Istruzioni per l'uso

3/03 ALF



- ① Molla di serraggio
- ② Piastra di base
- ③ Tubicino di vetro
- ④ Tubi campione
- ⑤ Indicatore
- ⑥ Scala

L'apparecchio per la dilatazione lineare serve per dimostrare la dilatazione lineare dei solidi e per determinare il coefficiente di dilatazione di rame, ferro e vetro.

Diametro dei tubi: ca. 8 mm
 Lunghezza dell'indicatore: 200 mm
 Graduazione: mm
 Rapporto dell'indicatore: 1 : 50

1. Norme di sicurezza

- Attenzione! Vapore caldo durante l'esecuzione dell'esperimento.
- Non toccare i tubi caldi con le mani. Per cambiare i tubi utilizzare un panno.
- Non sottoporre il tubo di vetro a sollecitazioni meccaniche.

2. Descrizione, caratteristiche tecniche

L'apparecchio è costituito da una piastra di base alla cui estremità sinistra è fissata una molla di serraggio per il fissaggio dei tubi campione. A 50 cm verso destra nella piastra di base si trova un incavo per il filo dell'indicatore. Sui tubi campione di rame e di ferro è presente, a ca. 65 mm da un'estremità, una scanalatura anulare per l'appoggio sul filo dell'indicatore. Nello stesso punto il tubo di vetro è dotato di un anello metallico con scanalatura anulare. Dietro l'indicatore si trova una scala da 0 a 5 cm. Il vapore acqueo viene alimentato da un tubo di vetro lungo ca. 10 cm con albero flessibile.

Dimensioni: 530 mm x 60 mm x 240 mm
 Peso: 0,6 kg
 Lunghezza dei tubi: ca. 630 mm

3. Principio

Per rilevare il coefficiente di dilatazione lineare α dei diversi materiali è necessario determinare la dilatazione dei tubi con un determinato aumento di temperatura ΔT . A tale scopo i tubi vengono scaldati con vapore acqueo a 100° C e viene rilevata la differenza ΔT rispetto alla temperatura ambiente. L'aumento della lunghezza si evince dall'escursione dell'indicatore d ; un aumento di 1 mm causa un'escursione dell'indicatore di 50 mm. Tenendo conto della lunghezza del tubo l fra i due punti di appoggio e dell'ingrandimento w (rapporto di ingrandimento 1:50) è possibile calcolare il coefficiente di dilatazione con l'equazione

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

4. Utilizzo

Inoltre per riscaldare il tubo campione è necessario un generatore di vapore o un becco Bunsen con matraccio conico "Erlenmeyer"

- Collegare l'estremità del tubo senza scanalatura ad un tubo di gomma e fissarla nella molla di serraggio.
- Collocare l'indicatore nell'incavo sotto la scala e appoggiare il tubo campione con la scanalatura

- anulare sopra il filo superiore dell'indicatore.
- Posizionare l'indicatore su zero spostando il tubo.
- Mediante il tubicino di vetro corto e il tubo flessibile creare il collegamento a un generatore di vapore o a un matraccio conico "Erlenmeyer" riempito per metà con acqua.
- Portare l'acqua a ebollizione. Il vapore scorre all'interno del tubo campione e lo riscalda a ca. 100° C. (**Attenzione!** In località situate ad alta quota la temperatura di ebollizione è inferiore a 100° C.)
- Dopo ca. 1 minuto che il vapore è entrato nel tubo campione e dopo che dall'estremità del tubo non fuoriesce più condensa, leggere l'escursione massima dell'indicatore.

5. Esempio di calcolo

Temperatura ambiente $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Temperatura del vapore acqueo = 100°C

Aumento di temperatura $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Tubo di rame, escursione dell'indicatore $d = 32,5\text{ mm}$

Ingrandimento $w = 50$

Lunghezza del tubo $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32,5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Tabella di valori:

Rame: $16,8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

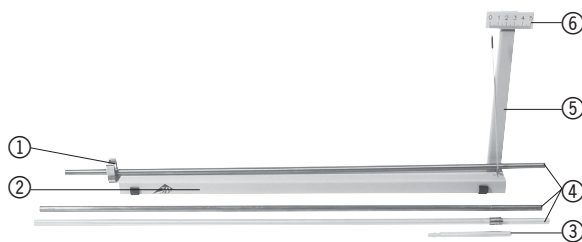
Ferro: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Vetro: $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

U15405 Aparato para dilatación

Instrucciones de uso

3/03 ALF



- ① Resorte de sujeción
- ② Listón de base
- ③ Tubito de vidrio
- ④ Tubo de muestras
- ⑤ Indicador
- ⑥ Escala

Este aparato se utiliza para determinar la dilatación de cuerpos sólidos así como para establecer el coeficiente de dilatación del hierro, latón y vidrio.

1. Advertencias de seguridad

- Atención: La realización de este experimento se lleva a cabo con vapor a alta temperatura.
- No toque los tubos calientes con las manos. Utilice paños protectores cuando cambie los tubos.
- No someta los tubos de vidrio a cargas mecánicas.

2. Descripción: datos técnicos

El aparato se compone de un listón de base, en cuyo extremo izquierdo se encuentra un resorte de sujeción para el tubo de muestras. A una distancia de 50 cm del resorte se encuentra una muesca en el listón de base para el asentamiento de la cuña del indicador. Los tubos de muestras de hierro y cobre tienen una ranura circular, a una distancia de 65 cm de uno de los extremos, para asentamientos sobre la cuña del indicador. El tubo de vidrio tiene, en el mismo lugar, un anillo metálico con una ranura circular. Detrás del indicador se encuentra una escala de 0 a 5 cm. Para la toma de vapor de agua, este aparato dispone de un tubo de vidrio de unos 10 cm de longitud, con tubo flexible.

Dimensiones: 530 mm x 60 mm x 240 mm
 Peso: 0,6 kg
 Longitud de los tubos: aprox. 630 mm

Diámetro de los tubos: aprox. 8 mm
 Longitud del indicador: 200 mm
 Divisiones de la escala: mm
 Relación del indicador: 1 : 50

3. Principio

Para calcular el coeficiente de dilatación lineal α de los diferentes materiales, es necesario determinar la dilatación de los tubos con un determinado incremento de temperatura ΔT . Para ello se calentarán los tubos utilizando vapor de agua a 100° C y se calculará la diferencia ΔT con la temperatura ambiente. La amplitud del incremento se obtiene de la desviación del indicador d , donde un incremento de 1 mm corresponde a una desviación del indicador de 50 mm. Teniendo en cuenta la longitud del tubo l entre los dos puntos de apoyo y el aumento w (relación de ampliación 1:50) puede calcularse el coeficiente de dilatación con la ecuación:

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

4. Manejo

Adicionalmente, necesitará un generador de vapor, un mechero tipo Bunsen o bien un matraz Erlenmeyer para calentar el tubo de muestras.

- Conecte el extremo del tubo sin ranura con una manguera de goma y fíjelo en el resorte de sujeción.

- Coloque el indicador en la ranura bajo la escala y el tubo de muestras con la ranura circular en la cuña superior del indicador.
- Ajuste el indicador a cero desplazando el tubo.
- Utilizando el tubito corto de vidrio, y el tubo flexible, establezca la conexión con el generador de vapor o con el matraz de Erlenmeyer lleno de agua hasta la mitad de su capacidad.
- Caliente el agua hasta su ebullición. El vapor sube a través del tubo de muestras y lo calienta hasta aproximadamente 100° C.
(Atención: en lugares muy altos la temperatura de ebullición es inferior a los 100° C).
- Cuando el vapor haya pasado por el tubo ya durante 1 minuto, aproximadamente, y no salga más agua condensada del extremo del tubo, realice la lectura de la desviación mayor del indicador.

5. Ejemplo de cálculo

Temperatura ambiente $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Temperatura del vapor de agua = 100°C

Incremento de temperatura $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Tubo de cobre, desviación del indicador $d = 32,5\text{ mm}$

Dilatación $w = 50$

Longitud del tubo $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32,5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Valores de la tabla:

Cobre: $16,8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Hierro: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Vidrio: $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

U15405 Aparelho para dilatação do comprimento

Manual de instruções

3/03 ALF



- ① Pinça de mola
- ② Régua de base
- ③ Tubinhos de vidro
- ④ Tubo de ensaio
- ⑤ Indicador
- ⑥ Escala

O aparelho para dilatação do comprimento serve para a medição da dilatação do comprimento de materiais sólidos, assim como para determinar os coeficientes de dilatação do ferro, do cobre e do vidro.

| | |
|---------------------------|-------------|
| Diâmetro dos tubos: | aprox. 8 mm |
| Comprimento do indicador: | 200 mm |
| Divisão da escala: | mm |
| Transmissão do indicador: | 1 : 50 |

1. Indicações de segurança

- Cuidado! execução da experiência com vapor quente.
- Não tocar os tubos quentes com as mãos. Utilizar um pano ao trocar os tubos.
- Não submeter o tubo de vidro a qualquer esforço físico.

2. Descrição, dados técnicos

O aparelho consiste numa régua básica, na extremidade esquerda da qual encontra-se fixada uma pinça de mola para fixar o tubo de ensaio. A uma distância de 50 cm deste encontra-se uma fenda na régua básica para a recepção do gume do indicador. Os tubos de ensaio de cobre e ferro têm uma ranhura anular para apoio do indicador a aprox. 65 cm de uma das extremidades. O tubo de vidro tem uma ranhura anular de metal no mesmo lugar. Atrás do indicador encontra-se uma escala de 0 a 5 cm. Para a condução do vapor de água encontra-se um tubo de vidro de 10 cm de comprimento a disposição.

| | |
|------------------------|-------------------------|
| Medidas: | 530 mm x 60 mm x 240 mm |
| Massa: | 0,6 kg |
| Comprimento dos tubos: | aprox. 630 mm |

3. Princípio

Para determinar o coeficiente de dilatação linear α de diferentes materiais, é necessário determinar a dilatação a um aumento de temperatura específico. Para tal, os tubos são esquentados por ação do vapor a 100° C e a diferença à temperatura ambiente ΔT é calculada. A extensão do comprimento resulta da variação do indicador d , sendo que 1 mm de aumento resulta numa variação do indicador de 50 mm. Levando-se em consideração o comprimento do tubo l entre os dois pontos de referência e o aumento w (proporção de aumento de 1:50) pode-se calcular o coeficiente de dilatação com a equação

$$\alpha = \frac{d}{l \cdot w \cdot \Delta T}$$

4. Utilização

Um produtor de vapor ou aquecedor de Bunsen com êmbolos de Erlenmeyer é adicionalmente necessário para aquecer os tubos de ensaio.

- Conectar a extremidade sem ranhura do tubo com uma mangueira e fixar com a pinça de mola.
- Colocar o indicador na fenda debaixo da escala e colocar o tubo de ensaio com a ranhura anular so-

- bre o gume superior do indicador.
- Colocar o indicador em zero empurrando o tubo.
 - Estabelecer a conexão do produtor de vapor ou de um êmbolo de Erlenmeyer cheio até a metade de água por meio do tubinho de vidro curto e da mangueira.
 - Levar a água à ebulição. O vapor flui através do tubo de ensaio e esquentá-lo a cerca de 100° C.
- Atenção!** Em lugares situados a grande altura a temperatura de ebulição é inferior a 100° C.
- Quando o vapor tiver fluído durante aproximadamente 1 minuto através do tubo e não houver mais condensação saindo do tubo, ler a maior variação do indicador.

5. Exemplo de cálculo

Temperatura ambiente $T_1 = 22^\circ\text{C}$

Temperatura do vapor de água = 100° C

Aumento de temperatura $\Delta T = 78^\circ\text{C}$

Tubo de cobre, variação do indicador $d = 32,5\text{ mm}$

Aumento $w = 50$

Comprimento do tubo $l = 500\text{ mm}$

$$\alpha = \frac{32,5}{500 \cdot 50 \cdot 78} = 16,7 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Valores de tabela:

Cobre: $16,8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Ferro: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Vidro: $9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$