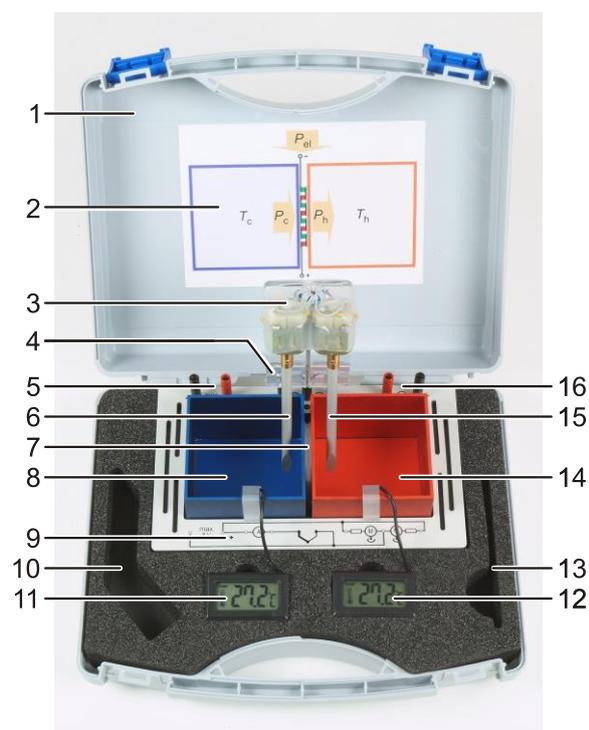


Bomba de calor Peltier 1020769

Instrucciones de uso

05/17 TLJS



- 1 Maletín de transporte
- 2 Representación esquemática
- 3 Unidad de agitación
- 4 Conexión de la unidad de agitación
- 5 Conexión para el suministro de tensión
- 6 Agitador del "lado frío"
- 7 Elemento Peltier
- 8 Depósito del "lado frío"
- 9 Esbozo de conexión
- 10 Muesca para la unidad de agitación
- 11 Termómetro digital del "lado frío"
- 12 Termómetro digital del "lado caliente"
- 13 Muesca para el agitador
- 14 Depósito del "lado caliente"
- 15 Agitador del "lado caliente"
- 16 Conexión para medir la corriente (servicio por medio del elemento Peltier)

1. Aviso de seguridad

Un uso en conformidad con lo estipulado garantiza el funcionamiento seguro de la bomba de Peltier. No obstante, este no es el caso si el instrumento se manipula inadecuadamente o inadvertidamente.

- Ponga en funcionamiento la bomba de calor solo con una tensión continua de entre 5 V y 8 V.
- No active la bomba de calor si esta se encuentra seca o con un nivel escaso de agua.
- Deje secar la bomba de calor después de su uso.

2. Descripción

La bomba de calor Peltier es un modelo funcional de este tipo de instrumentos con dos recipientes de agua fabricados en aluminio y conectados térmicamente a las superficies de un elemento Peltier. Si una corriente eléctrica circula por dicho elemento, se produce un intercambio térmico entre los recipientes y esto provoca que uno de los lados se enfríe y el otro se caliente. Una unidad de agitación, accionada por electricidad, provoca que la temperatura se distribuya de manera homogénea en los dos depósitos. Dos termómetros digitales indican las respectivas temperaturas del agua en cada lado. Dado que la capacidad térmica del sistema es conocida, se pueden determinar las potencias frigorífica y calorífica y compararlas en función de la potencia eléctrica suministrada.

3. Datos técnicos

Elemento Peltier

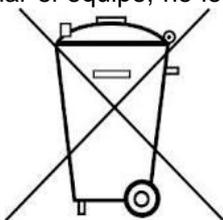
Tensión de conexión:	de 5 V a 8 V
Consumo de corriente con 8 V:	de 2,5 a 3,5 A
Superficie:	40 x 40 mm ²
Espesor:	3,7 mm
Coeficiente S de Seebeck:	aprox. 0,04 V/K
Resistencia óhmica R:	aprox. de 2,4 Ω
Coeficiente de conducción térmica κ:	aprox 0,2 W/K

Depósito de agua:

Peso de un depósito vacío:	105 g
Capacidad térmica de un depósito vacío:	0,094 J/K
Volumen de llenado:	200 ml
Capacidad térmica del volumen de llenado:	0,836 J/K
Capacidad térmica de un depósito lleno:	0,930 J/K
Coeficiente de transferencia térmica α:	0,7 a 0,8 W/K
Dimensiones totales:	244 x 160 x 70 mm ³
Peso total:	920 g

4. Almacenamiento, limpieza, eliminación

- Guarde el equipo en un lugar limpio, seco y libre de polvo.
- Antes de proceder a limpiar el equipo, desenchúfelo del suministro de corriente.
- No emplee productos de limpieza agresivos ni disolventes.
- Para su limpieza, utilice un paño suave y húmedo.
- El embalaje se puede eliminar en los puntos de reciclaje locales.
- Cuando deba desechar el equipo, no lo haga junto con la basura doméstica. Si se utiliza en hogares privados, las autoridades locales públicas encargadas de desechos pueden llevar a cabo esta acción.
- Se ha de cumplir la normativa en vigor concerniente a la eliminación de aparatos electrónicos.



5. Puesta en servicio

Se requiere adicionalmente:

1 fuente de alimentación de CC de 20 V, 5 A con 230 V	1003312
0	
1 fuente de alimentación de CC de 20 V, 5 A con 115 V	1003311
1 multímetro digital	1018832
2 pares de cables de experimentación de seguridad	1017718



Fig. 1: Colocación del sensor de temperatura

- Dado el caso, será necesario insertar las pilas para poner en marcha el termómetro digital.
- Emplace las sondas de temperatura en los dos depósitos según la imagen 1.



Fig. 2: Unidad de agitación con los agitadores

- Tome las varillas y la unidad de agitación de los compartimentos del maletín de transporte.
- Encaje los agitadores en los ejes del motor con el acoplamiento correspondiente.
- Conecte la unidad de agitación en la tripleta central de casquillos.

Nota: La unidad de agitación se activa en cuanto se aplique tensión en los dos casquillos de la izquierda. Por el contrario, el elemento Peltier solo se activa por medio del puenteo del par de casquillos derechos o conectando un amperímetro.

- Llene cada recipiente con 200 ml de agua.
- Conecte el suministro de tensión a fin de accionar los agitadores y para que la temperatura se distribuya de manera uniforme.

5. Experimentos

5.1 Funcionamiento simétrico como bomba de calor

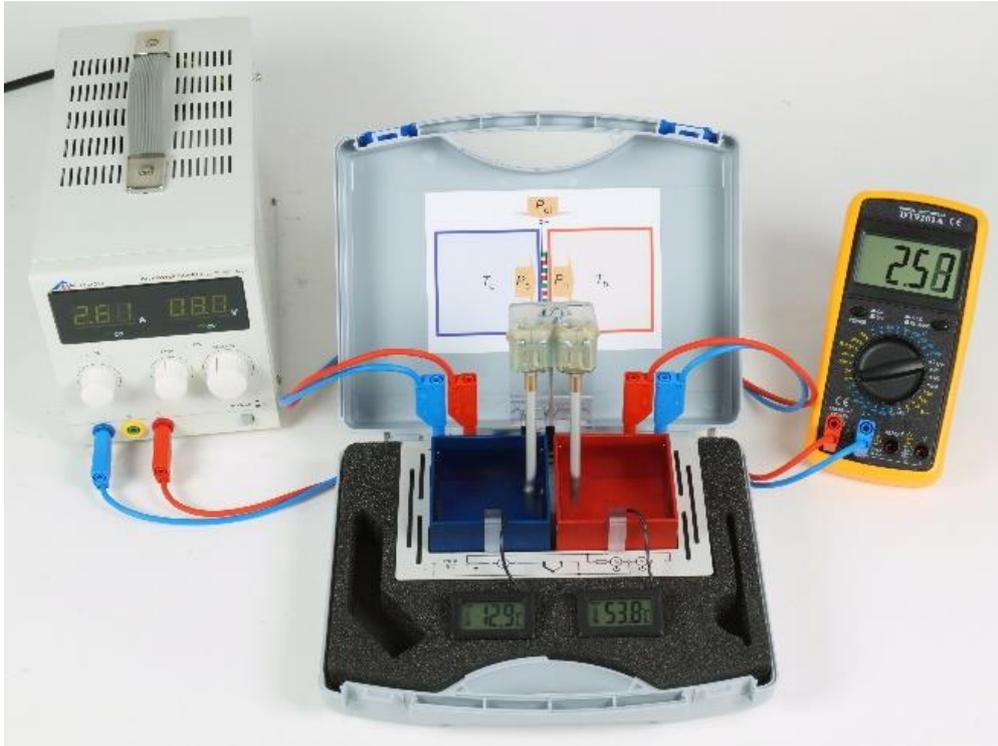


Fig. 3: Montaje de experimentación

- Anote la temperatura inicial de ambos recipientes.
- Desactive el suministro de tensión y conecte el multímetro digital como amperímetro (rango de medición de hasta 10 A).
- Active el suministro de energía y ajuste un tensión constante de entre 6 V y 8 V.
- Ponga en marcha el cronómetro.
- Anote cada 30 segundos las temperaturas T_c y T_h de los dos recipientes así como la intensidad de corriente.

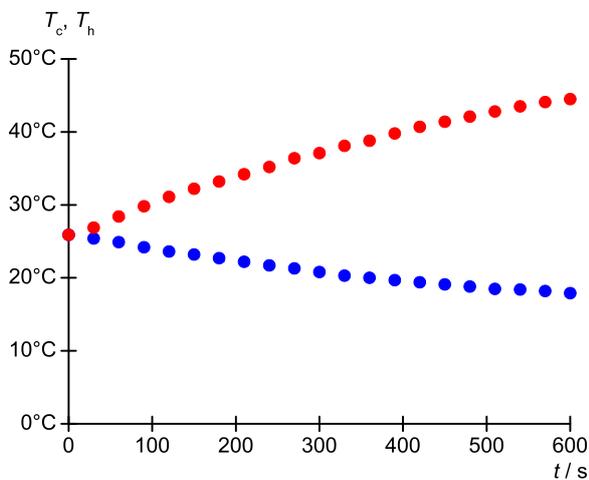


Fig. 4: Característica de las temperaturas en función del tiempo en los dos depósitos en operación simétrica

Posibles evaluaciones:

Determinación de las potencias calorífica, frigorífica y eléctrica.

Determinación de los coeficientes de rendimiento Dependencia de la corriente con respecto a la diferencia de temperaturas con una tensión de suministro constante.

Determinación de la resistencia óhmica y del coeficiente de Seebeck.

Evaluación de la curva de temperatura como función en el tiempo.

Cálculo de la medida en que el efecto Peltier, las pérdidas de Joule y el flujo de retorno del calor influyen en las curvas de temperatura.

5.2 Medición de las curvas de temperatura y de la tensión térmica tras la desactivación de la bomba de calor

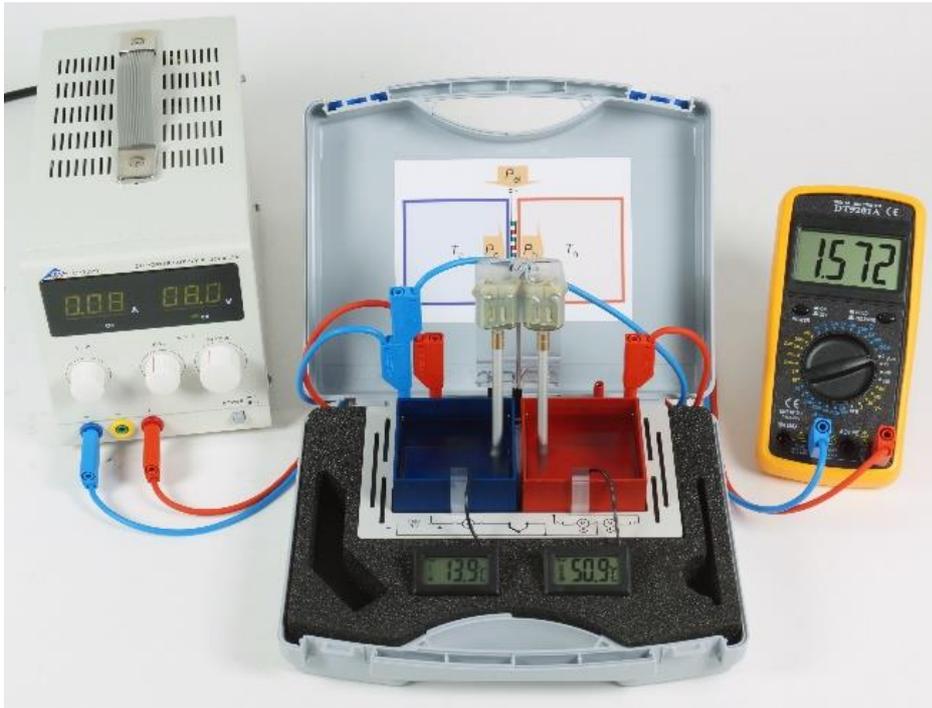


Fig. 5: Montaje de experimentación

- Retire el multímetro que opera como amperímetro de modo que el flujo de corriente no circule por el elemento Peltier y el instrumento pueda funcionar como voltímetro para, así, medir la tensión térmica.
- Permita que continúe el funcionamiento de los agitadores manteniendo, para ello, activado el suministro de tensión.
- Anote cada 30 segundos las temperaturas T_c y T_h de los dos recipientes así como la tensión térmica.

Posibles evaluaciones:

Representación de la tensión térmica como función de la diferencia de temperaturas.

Determinación del coeficiente de Seebeck.

Representación del valor medio resultante de T_c y T_h como función en el tiempo y determinación del coeficiente α de transferencia de calor.

Representación de la diferencia de temperaturas como función de tiempo y determinación del coeficiente de termoconducción κ .

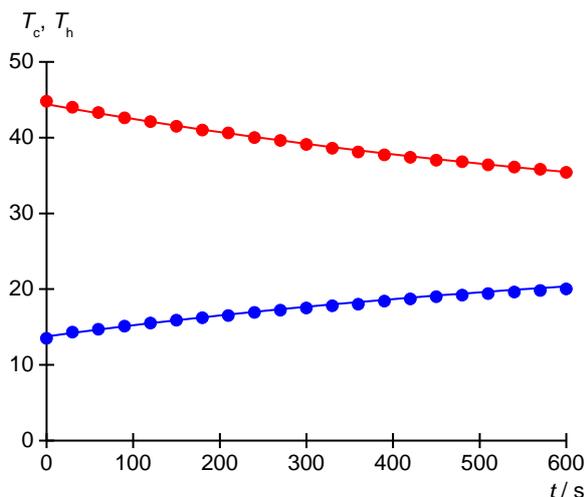


Fig. 6: Característica de las temperaturas en función del tiempo en los dos depósitos tras la desactivación de la bomba

Nota: Para la determinación de los coeficientes de termoconducción y de transferencia de calor resulta indispensable realizar mediciones durante el mayor tiempo posible hasta que se esté a punto de alcanzar la temperatura ambiente.

5.3 Funcionamiento asimétrico

En el modo asimétrico, el depósito del lado cálido se llena de agua helada para mantener una temperatura constante. El agua del depósito del lado frío se refrigera partiendo de una temperatura inicial.

6. Evaluación

6.1 Determinación de las potencias calorífica y frigorífica además de la energía eléctrica

Tabla 1: Ejemplo de medición

t	T_c	T_h	I	U
0	25,6 °C	25,6 °C	3,2 A	7,62 V
120	23,0 °C	31,2 °C	3,2 A	8,06 V

Potencia de calentamiento:

$$P_h = C \cdot \frac{dT_h}{dt} = 930 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \frac{31,2 - 25,6 \text{ K}}{120 \text{ s}} = 43,4 \text{ W}$$

Potencia frigorífica:

$$P_c = C \cdot \frac{dT_c}{dt} = 930 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot \frac{23,0 - 25,6 \text{ K}}{120 \text{ s}} = -20,2 \text{ W}$$

Potencia eléctrica:

$$P_{el} = U \cdot I = 3,2 \text{ A} \cdot \frac{7,62 + 8,06}{2} \text{ V} = 25,1 \text{ W}$$

Coefficientes de rendimiento:

$$\text{COP}_h = \frac{P_h}{P_{el}} = \frac{43,4 \text{ W}}{25,2 \text{ W}} = 1,73$$

$$\text{COP}_c = \frac{P_c}{P_{el}} = \frac{-20,2 \text{ W}}{25,2 \text{ W}} = -0,80$$

$$\text{COP}_h + \text{COP}_c = 0,93$$

Nota: Los coeficientes de rendimiento dependen tanto de la corriente como de la diferencia de temperatura ΔT .

6.2 Tensión térmica como función de la diferencia de temperatura

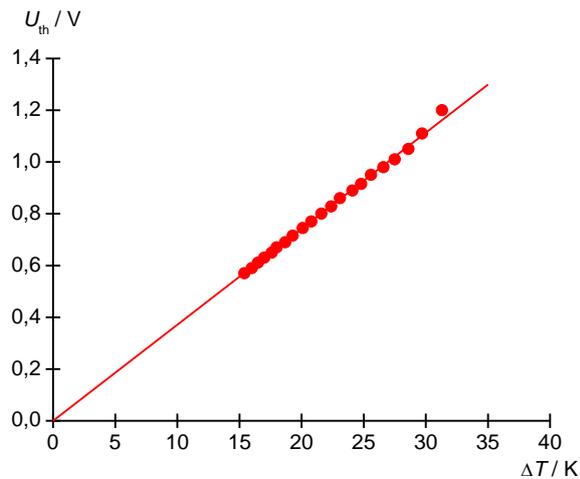


Fig. 7: Tensión térmica medida en la fase de descenso como función de la diferencia de temperatura

La tensión térmica U_{th} entre los dos contactos del elemento Peltier guarda una dependencia lineal con la diferencia de temperatura. Esta tensión se puede medir si no circula la corriente I :

$$U_{th} = S \cdot (T_h - T_c) = S \cdot \Delta T$$

S : Coeficiente de Seebeck del elemento Peltier

6.3 Tensión de servicio como función de la diferencia de temperatura

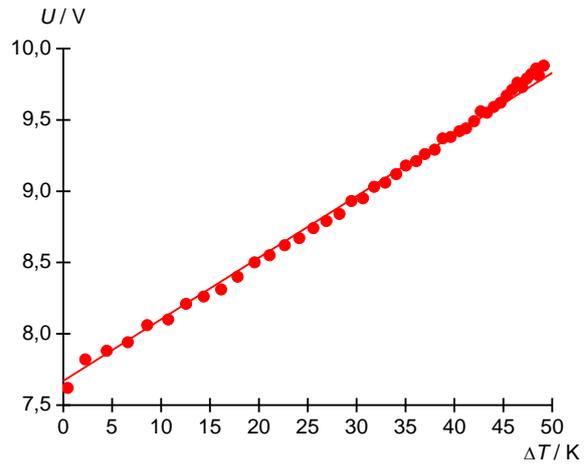


Fig. 8: Tensión de servicio medida como función de la diferencia de temperatura, en la fase de bombeo con una corriente de servicio constante

Para generar la corriente I , tiene que existir una tensión en el elemento Peltier

$$U_0 = R \cdot I + S \cdot \Delta T$$

R : resistencia óhmica del elemento Peltier

De manera alternativa se requiere la potencia eléctrica

$$P_{el} = U_0 \cdot I = R \cdot I^2 + S \cdot \Delta T \cdot I$$

Por eso resulta fundamental conocer si el suministro de energía se realiza en régimen de corriente constante o de tensión constante.

6.4 Descripción de las curvas de temperatura durante las fases de bombeo y descenso

Si una corriente eléctrica circula por el elemento Peltier, su lado frío absorbe el calor Q_c del depósito acoplado y se libera el calor Q_h de su lado caliente en el depósito contiguo.

Para las respectivas potencias es válido lo siguiente:

$$P_h = \frac{dQ_h}{dt} = S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 - \kappa \cdot (T_h - T_c),$$

$$P_c = \frac{dQ_c}{dt} = -S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 + \kappa \cdot (T_h - T_c)$$

S : coeficiente de Seebeck,

R : resistencia óhmica,

κ : coeficiente de conducción térmica

A través del primer término de la fórmula se describe el efecto Peltier, el segundo describe las pérdidas óhmicas que, debido a la ley de Joule, pasan de manera uniforme a los dos depósitos, mientras que el tercer término representa el calor que regresa a través del elemento Peltier.

En la práctica, también se tiene que tomar en cuenta la disipación y la absorción de calor tomado del entorno. De manera bastante aproximada, es válido:

$$P_{h \rightarrow 0} = \frac{dQ_{h \rightarrow 0}}{dt} = \alpha \cdot (T_h - T_0),$$

$$P_{c \rightarrow 0} = \frac{dQ_{c \rightarrow 0}}{dt} = \alpha \cdot (T_c - T_0)$$

T_0 : temperatura ambiente,

α : coeficiente de transferencia de calor

La emisión y la absorción de calor son perceptibles por el cambio de temperatura que sufren los depósitos conectados. En suma, son válidas las siguientes ecuaciones diferenciales:

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} =$$

$$S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 - \kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_h - T_0)$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} =$$

$$-S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 + \kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_c - T_0)$$

Fase inicial:

El sistema se pone en marcha a temperatura ambiente en los dos depósitos: ni la conducción térmica ni la transmisión de calor desempeñan ningún papel en la fase inicial. Por eso, en esta fase es válido lo siguiente:

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} = S \cdot I \cdot T_h + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} = -S \cdot I \cdot T_c + \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2$$

Si se produce una inversión de la polaridad de las corrientes, se intercambian las funciones de los depósitos. La temperatura del recipiente de la derecha disminuye y la del de la izquierda aumenta.

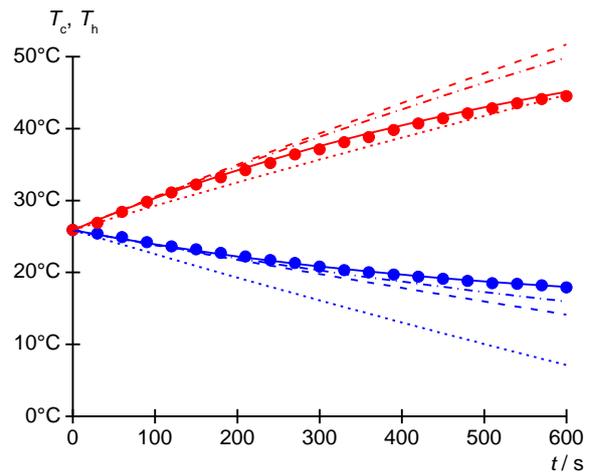


Fig. 9: Curva de temperatura medida y calculada en la fase de bombeo

- : Influencia del efecto Peltier
- : Influencia de los efectos Peltier y de Joule
- . - . -: Inclusión de la conducción térmica
- : Inclusión de la conducción y la transferencia térmica hacia el entorno

Fase de descenso de temperatura:

Si se interrumpe el flujo de corriente, desactivándose así la bomba de Peltier, las temperaturas de ambos depósitos se adaptan a la del ambiente.

Matemáticamente es válido lo siguiente:

$$C \cdot \frac{dT_h}{dt} = -\kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_h - T_0)$$

$$C \cdot \frac{dT_c}{dt} = +\kappa \cdot (T_h - T_c) - \alpha \cdot (T_c - T_0);$$

lo cual también se puede expresar de las siguientes maneras:

$$C \cdot \frac{d\Delta T}{dt} = -(2 \cdot \kappa + \alpha) \cdot \Delta T, \text{ donde } \Delta T = T_h - T_c$$

$$C \cdot \frac{dT_m}{dt} = -\alpha \cdot (T_m - T_0), \text{ donde } T_m = \frac{T_h + T_c}{2}$$

De ahí que para determinar los coeficientes κ y el valor de α tenga sentido examinar la relajación de la temperatura diferencial ΔT y del valor medio T_m .