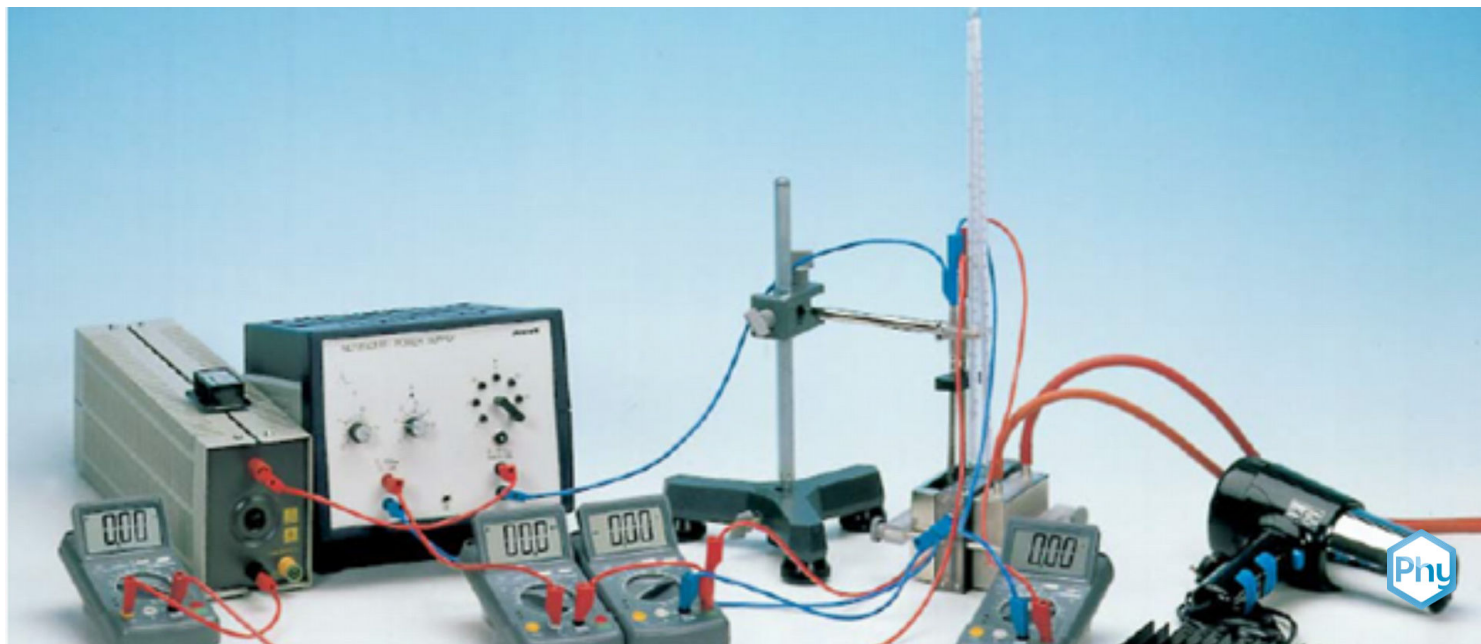


Bomba de calor de Peltier



Física

Termodinámica / Termodinámica

Energía térmica

ciencia aplicada

Ingeniería

Energías renovables

Calor



Nivel de dificultad

difícil



Tamaño del grupo

1



Tiempo de preparación

20 minutos



Tiempo de ejecución

20 minutos

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/606a7420c4022300031478d1>

PHYWE



Información para el profesor

Aplicación

PHYWE



Fig.1: Montaje experimental

Las bombas de calor tienen muchas aplicaciones, desde los frigoríficos en los hogares hasta el transporte de energía en las centrales eléctricas.

Este experimento puede servir para obtener un primer conocimiento del comportamiento de las bombas de calor.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



Conocimiento previo



Principio

Los conocimientos previos necesarios para este experimento se encuentran en la sección de principio.

La capacidad de refrigeración, la capacidad de calefacción y el índice de eficiencia de una bomba de calor Peltier se determinan en diferentes condiciones de funcionamiento.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo



Tareas

El objetivo de este experimento es investigar las características de la bomba de calor Peltier.

1. Determinar la capacidad de refrigeración P_C la bomba en función de la corriente y para calcular el índice de eficiencia η_C a la máxima potencia.
2. Determinar la capacidad de calentamiento P_W de la bomba y su grado de eficiencia η_W a corriente y temperatura constantes en el lado frío.
3. Determinar P_W, η_W y P_C, η_C de la relación entre la temperatura y el tiempo en el lado caliente y en el lado frío.
4. Investigar el comportamiento de la temperatura cuando la bomba se utiliza para la refrigeración, con el lado caliente refrigerado por aire.

Principio (1/4)

PHYWE

Cuando una corriente eléctrica fluye por un circuito compuesto por dos conductores diferentes, se liberará calor en una unión y se absorberá en la otra) dependiendo de la dirección en la que fluya la corriente (efecto Peltier). La cantidad de calor Q liberada por unidad de tiempo es proporcional a la corriente I :

$$\frac{Q}{t} = P_p = \pi \cdot I = \alpha \cdot T \cdot I$$

donde π es el coeficiente Peltier, α el coeficiente Seebeck y T la temperatura absoluta.

Si en un conductor homogéneo fluye una corriente eléctrica I en la dirección de un gradiente de temperatura $\frac{dT}{dx}$

el calor será absorbido o cedido, dependiendo del material (efecto Thomson):

$$P_T = \tau \cdot I \cdot \frac{dT}{dx}$$

donde τ es el coeficiente de Thomson.

Principio (2/4)

PHYWE

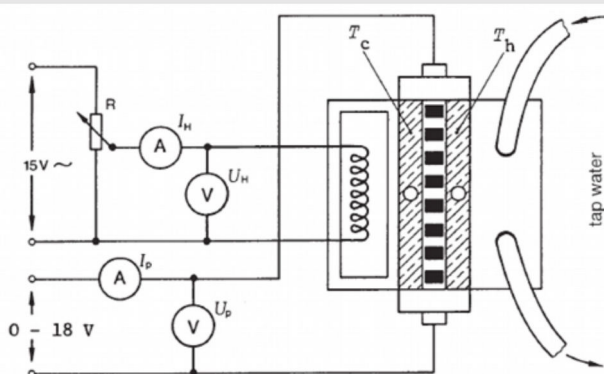


Fig. 2: Montaje para determinar la capacidad de refrigeración.

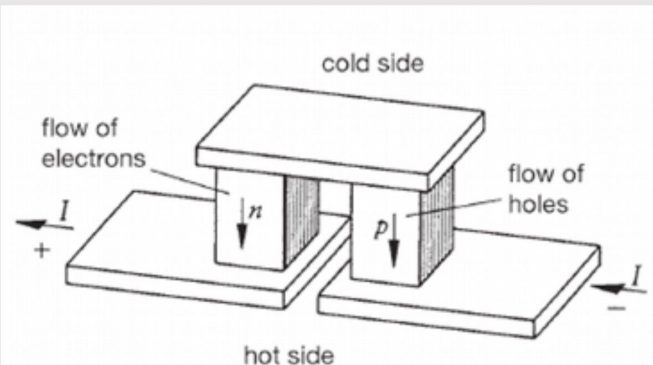


Fig. 3: Construcción de un elemento semiconductor Peltier. En la práctica se suelen conectar varios elementos en serie (eléctricamente) y en paralelo (térmicamente).

Principio (3/4)

PHYWE

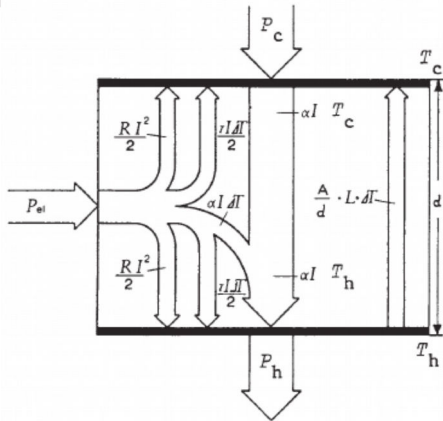


Fig. 4: Diagrama de flujo del balance de potencia en un componente Peltier. (El ejemplo ilustrado es para el caso en que $P_T > 0$).

La dirección en la que fluye el calor depende del signo del coeficiente de Thomson, de la dirección en la que fluye la corriente y de la dirección del gradiente de temperatura.

Si una corriente eléctrica I circula por un conductor isotérmico de resistencia R , tenemos el efecto Joule:

$$P_J = R \cdot I^2$$

Debido a la conducción del calor, éste también fluye desde el lado caliente (temperatura T_h) al lado frío (temperatura T_c)

$$P_L = L \frac{A}{d} (T_h - T_c)$$

Principio (4/4)

PHYWE

donde L es la conductividad, A el área de la sección transversal y d el espesor del componente Peltier.

Escribir $\Delta T = T_h - T_c$ obtenemos para la capacidad calorífica de la bomba en el lado frío (la capacidad de refrigeración):

$$-P_c = \alpha T_c I \pm \frac{\tau I \Delta T}{2d} - \frac{1}{2} I^2 R - \frac{L \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

y, para la capacidad térmica de la bomba en el lado caliente (la capacidad de calentamiento):

$$+P_h = \alpha T_h I \pm \frac{\tau I \Delta T}{2d} - \frac{1}{2} I^2 R - \frac{L \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

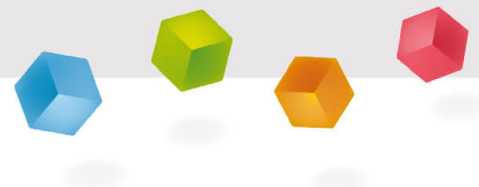
La energía eléctrica suministrada es

$$+P_{el} = \alpha \Delta T I + \frac{\tau I \Delta T}{2d} - I^2 R = U_p \cdot I_p$$

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	Termogenerador con 2 baños de agua	04366-00	1
2	CAMBIADOR TERMICO	04366-01	1
3	CUERPO ENFRIADOR	04366-02	1
4	BOBINA DE CALEFACC. CON CASQUILLO	04450-00	1
5	DISTRIBUIDOR	06024-00	1
6	REOSTATO, 33 OHMS, 3,1A	06112-02	1
7	Conexión de enchufe, 2 unidades	07278-05	1
8	PHYWE Fuente de alimentación universal DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
9	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	4
10	CRONOMETRO DIGITAL, 24 h, 1/100 s y 1 s	24025-00	1
11	Secador de pelo con aire frío y caliente, 1800 W	04030-93	1
12	Termómetro de laboratorio, -10...+110 °C	38056-00	1
13	Termómetro de laboratorio, -10...+50°C	38034-00	2
14	Manguera de conexión, d int = 6 mm, l = 1 m	39282-00	1
15	Pinza universal	37715-01	1
16	Base trípode PHYWE	02002-55	1
17	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 250 mm	02031-00	1
18	Doble nuez	02054-00	1
19	Cable de conexión, 32 A, 250 mm, rojo	07360-01	3
20	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, rojo	07361-01	3
21	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, azul	07361-04	2
22	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm,AZUL	07362-04	2
23	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, ROJO	07362-01	1
24	PASTA CONDUCTIVA	03747-00	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje y ejecución (1/2)

PHYWE

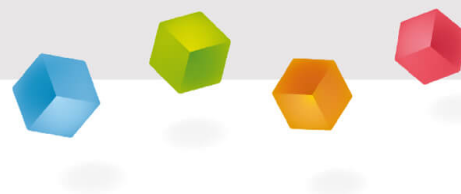
- Coloque un baño de agua en el lado frío y un intercambiador de calor por el que fluya agua del grifo en el lado caliente. Una bobina de calentamiento (resistencia de unos 3 ohmios), que funciona con corriente alterna, se sumerge en el baño lleno de agua. Para cada valor de corriente I_P ajustar la capacidad de calentamiento $P_H = U_H \cdot I_H$ con el reóstato R para que la diferencia de temperatura entre el lado caliente y el frío sea aproximadamente nula. La potencia suministrada corresponde entonces exactamente a la capacidad de refrigeración P_C . Medir la corriente del calentador I_H y la tensión U_H la corriente de funcionamiento I_P y la tensión U_P y las temperaturas del lado caliente T_h y el lado frío T_c .
- Retire la bobina de calentamiento porque ya no es necesaria. Invierta la corriente de funcionamiento para que el agua del baño se caliente. Mida el aumento de la temperatura del agua T_W a corriente constante I_P . Mida también I_P , U_P y T_C . Calcular las capacidades térmicas de un bloque de cobre C_{cu} del agua C_W y de la bañera de latón C_{Br} a partir de sus dimensiones o por pesaje.

Montaje y ejecución (2/2)

PHYWE

- Colocar baños de agua a ambos lados de la bomba de calor y llenarlos con agua de la misma temperatura. (Con la corriente I_P) constante(medir los cambios en la temperatura de los baños de agua) es decir. $T_h = f(t)$, $T_c = f(t)$, I_P y U_P .
- Para este cuarto experimento tenemos un baño de agua en el lado frío y un refrigerador de aire en el caliente. Medir la temperatura del lado frío en función del tiempo, con el refrigerador ta) en aire atmosférico estático, y b) refrigerado a la fuerza con un soplador.

PHYWE



Resultados

Tarea 1

PHYWE

La capacidad de refrigeración de la bomba P_C fue de 49 W cuando $I_P = 5 \text{ A}$ y $P_h = P_C$

El índice de eficiencia $\eta_c = \frac{P_c}{P_{el}}$ se convierte, para los valores medidos, en

$$I_P = 5 \text{ A}, U_P = 14.2 \text{ V}, \eta_c = 0.69 (\vartheta_h = \vartheta_c = 20) ^\circ \text{C}$$

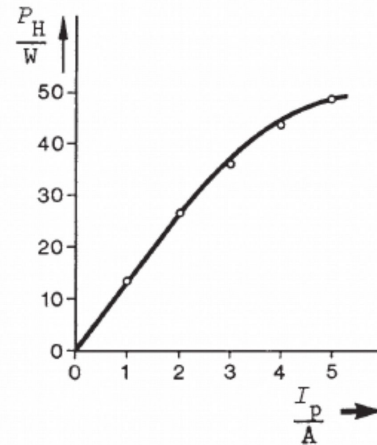


Fig. 5: Capacidad de refrigeración de la bomba en función de la corriente de funcionamiento.

Tarea 2 (1/3)

PHYWE

A partir de la pendiente de la curva en la Fig. 6 (donde la curva comienza como una línea recta) podemos calcular la capacidad de calentamiento de la bomba

$$P_h = \frac{C_{tot} \Delta T_h}{\Delta T}$$

y el correspondiente índice de eficiencia

$$\eta_h = \frac{P_h}{P_{el}}$$

$$\text{Dónde } P_{el} = I_P \cdot U_P$$

de la siguiente manera:

$$m_W = 0.194 \text{ kg} c_W = 4182 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$m_{Br} = 0.0983 \text{ kg} c_{Br} = 381 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$m_{Cu} = 0.712 \text{ kg} c_{Cu} = 383 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$C_{tot} = m_W \cdot c_W + m_{Br} \cdot c_{Br} + m_{Cu} \cdot c_{Cu} = 1121 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

donde m_W es la masa del agua, c_W la capacidad calorífica específica del agua, m_{Cu} la masa de un bloque de cobre, c_{Cu} la capacidad calorífica específica del cobre, m_{Br} la masa de la bañera de latón, c_{Br} la capacidad calorífica específica del latón, I_P la corriente de la bomba, y U_P la tensión media de la bomba.

Tarea 2 (2/3)

PHYWE

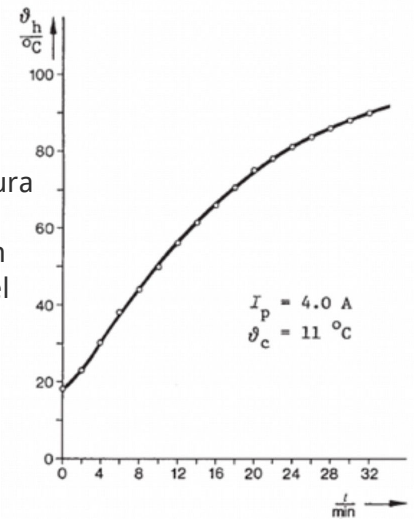
Con la pendiente

$$\frac{\Delta T_h}{\Delta t} = 6.7 \times 10^{-2}$$

Obtenemos un valor P_h de 75 W.

Con los valores de I_P de 4,0 A y U_P de 12,5 V (valor medio) obtenemos un rendimiento $\eta_C = 1.5$

Fig. 6:
Temperatura
del lado
caliente en
función del
tiempo.



Tarea 2 (3/3)

PHYWE

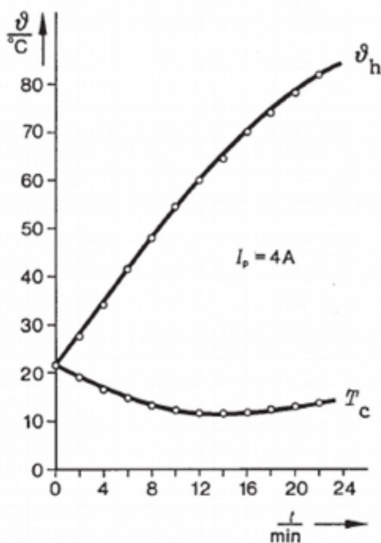
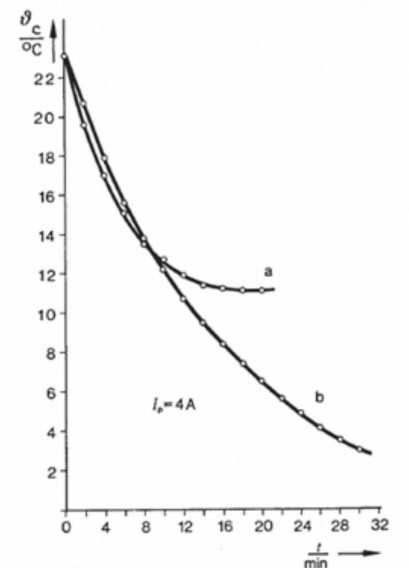


Fig. 7:
Temperatura
del agua en
función del
tiempo.

Fig. 8:
Temperatura
del agua
cuando el lado
caliente se
enfía con un
refrigerador de
aire a)
refrigeración
por convección
b) refrigeración
forzada.



Tarea 3

PHYWE

P_h y P_c y η_h y η_c se puede calcular a partir de las pendientes de las curvas $\vartheta_h = f(t)$ and $\vartheta_c = f(t)$ y las capacidades térmicas correspondientes.

Con $\Delta\vartheta_h/\Delta t = 0.056\text{K/s}$ (inicio de la curva) y $c\Delta\vartheta_c/\Delta t = -0.023\text{K/s}$ y con $C_{tot} = 1121\text{J/K}$, obtenemos:

$$P_h = 63\text{ W}; P_c = 26\text{ W}$$

En el rango considerado, la tensión U_P (valor medio) era de 12,4 V, por lo que obtenemos los índices de eficiencia $\eta_h = 1.3$ y $\eta_c = 0.52$ ($I = 4\text{ A}$, $T = 22\text{ °C}$).

Tarea 4

PHYWE

La Fig. 8 muestra la evolución de la temperatura en el baño de agua en el lado frío cuando el lado caliente fue enfriado con el refrigerador de aire. La temperatura ϑ_h del lado caliente era de aproximadamente 72°C después de 20 minutos (sin soplador). La máxima diferencia de temperatura $\vartheta_h - \vartheta_c = 60\text{ K}$ y la salida de la bomba del componente Peltier es cero. Cuando se utiliza el soplador T_h se mantuvo constante a unos 45°C después de 20 minutos.