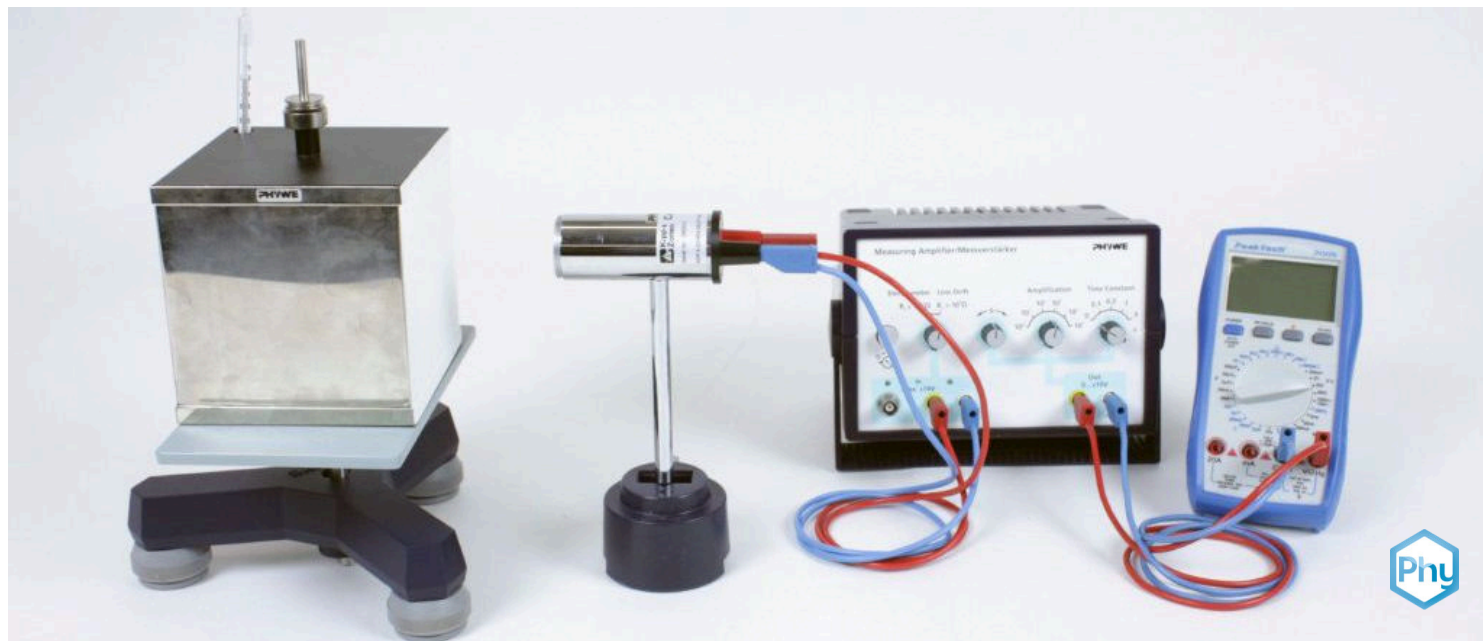


Capacidad de emisión de cuerpos calientes



El objetivo de este experimento es investigar la dependencia de la temperatura de la emisión radiativa de un cuerpo negro.

Física

Termodinámica / Termodinámica

Temperatura y calor



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

10 minutos

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/6388178169ba840003557367>

PHYWE



Información para el profesor

Aplicación

PHYWE



Montaje del experimento

El cubo de Leslie es un dispositivo utilizado en la medición o demostración de las variaciones de la radiación térmica emitida por diferentes superficies a la misma temperatura.

Este experimento investiga las dependencias entre la temperatura y la radiación emitida.

Información adicional para el profesor (1/2)



Conocimiento previo

No se requieren conocimientos previos.



Principio

La radiación térmica puede medirse en todas las superficies siempre que su temperatura difiera de la del entorno. Por tanto, se aplica que cuanto más caliente está un objeto, más radiación emite. También el color de la superficie influye en el comportamiento: las superficies oscuras emiten más radiación térmica que las claras. Un ejemplo de aplicación de este efecto es un dissipador de calor (ver la figura de la derecha) que suele estar recubierto de una capa negra para emitir más radiación térmica.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

El objetivo de este experimento es investigar la dependencia de la temperatura de la emisión radiativa de un cuerpo negro.



Tareas

1. Medición de la temperatura ambiente T_0 (en Kelvin) antes de iniciar el experimento.
2. Determinación y comparación de la emitancia para las cuatro caras del cubo Leslie a una temperatura alta constante. Por lo tanto, la radiación térmica de un cubo lleno de agua hirviendo se mide con una termopila de tipo Moll.
3. Determinación y comparación de la emitancia para las cuatro caras del cubo Leslie en función de la temperatura.
4. Trazado de la tensión termoeléctrica V_{th} en función de la temperatura absoluta T o más bien $T^4 - T_0^4$ para cada lado del cubo y la validación de la ley de Kirchhoff de la radiación térmica para el cubo Leslie utilizado con los datos recogidos.

Principio (1/2)

PHYWE

Todo cuerpo caliente emite radiación térmica. La emitancia no sólo depende de la temperatura, sino también de la textura de la superficie del objeto. La ley de Kirchhoff de la radiación térmica implica que cuanto más radiación pueda absorber un cuerpo, más podrá emitir.

En este experimento se utiliza un cubo Leslie con cuatro superficies de diferente textura. Así, cada superficie A (con temperatura absoluta T) emite radiación con la potencia

$$P_{\text{surface}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

con la emisividad ϵ como factor de ponderación de la superficie respectiva ($0 \leq \epsilon \leq 1$) y σ como la constante de Stefan-Boltzmann. Además hay que considerar que el cubo también absorbe la radiación de su entorno (con la temperatura T_0) con la potencia

$$P_{\text{ambient}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T_0^4.$$

Principio (2/2)

PHYWE

Por ello, en este experimento no se mide la emitancia total, sino la diferencia entre la potencia emitida P_{surface} y la potencia de irradiación P_{ambient} . Por la diferencia ΔP sigue:

$$\Delta P = P_{\text{surface}} - P_{\text{ambient}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T^4 - T_0^4)$$

Esta diferencia ΔP se correlaciona con la potencia, que un cuerpo con la temperatura T libera a su entorno con temperatura T_0 por radiación térmica.

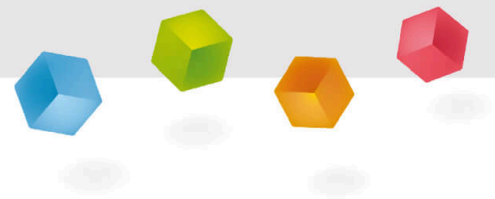
Utilizando una termopila de tipo Moll, esta radiación térmica puede detectarse midiendo la caída de tensión termoeléctrica V_{th} de la termopila, que es proporcional a la potencia radiante ΔP del cubo y, por tanto, proporcional a $T^4 - T_0^4$:

$$V_{\text{th}} \propto T^4 - T_0^4$$

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	Base trípode PHYWE	02002-55	1
2	Pie cónico expert	02004-00	1
3	MESITA DE VARILLA	08060-00	1
4	PILA TERMoeLECTRICA DE MOLL	08480-00	1
5	TUBO PROTECTOR P. 08480.00	08480-01	1
6	HERVIDOR INMERSION,1000W,220/250V	04020-93	1
7	AMPLIFICAD.D.MEDICION UNIVERSAL	13626-93	1
8	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, ROJO	07362-01	2
9	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm,AZUL	07362-04	2
10	Cubo de radiación según Leslie	04556-00	1
11	Termómetro de estudiantes, -10...+110°C, l = 180 mm	38005-02	1
12	Embudo, vidrio, diámetro superior 50mm	34457-00	1
13	Vaso de precipitación, DURAN®, forma alta, 2000 ml	36010-00	1
14	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje (1/3)

PHYWE



Preparar el experimento como se muestra en la Fig. 1:

- Conectar la termopila tipo Moll a la entrada del amplificador de medida y el voltímetro a la salida del amplificador de medida.
- Poner el amplificador de medida en modo de "baja deriva". De este modo, se utiliza una baja impedancia de entrada para que la deriva dependiente de la temperatura del amplificador sea lo suficientemente baja como para determinar tensiones en el rango de los microvoltios.



Fig. 1: Montaje experimental

Montaje (2/3)

PHYWE

- Elegir una amplificación adecuada para detectar la tensión medida con el voltímetro (10-1000 μV como señal de entrada, cabe esperar una amplificación de, por ejemplo, 10^3 da tensiones de salida entre 10 mV y 1 V).
- Colocar el cubo Leslie a una distancia adecuada (3-10 cm) de la termopila. El cubo se coloca en el centro sobre el tablero de la mesa que se coloca en una base de trípode. A continuación, se introducen el termómetro y el agitador a través de las respectivas aberturas de la tapa del cubo.

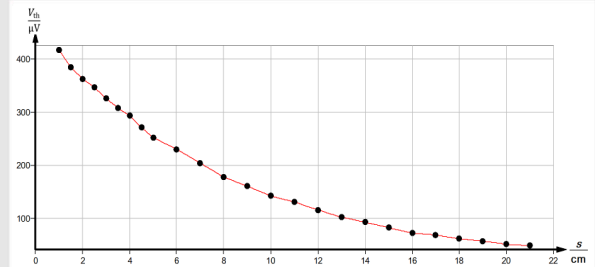


Fig. 2: Dependencia de la distancia de la emitancia de la superficie negra a una temperatura $\vartheta = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$

Montaje (3/3)

PHYWE

Notas sobre el montaje:

El objetivo del experimento es determinar la emitancia de los cuerpos calientes. Por lo tanto, se investiga la intensidad radiante de cuatro superficies cúbicas diferentes en función de la temperatura de cada una de ellas. Debido a que la tensión termoeléctrica esperada es relativamente baja, se deben seguir estas indicaciones:

- Deben evitarse las señales de ruido (por ejemplo, procedentes de fuentes de luz). Se recomienda oscurecer la sala del laboratorio. Como alternativa, se puede acoplar el tubo de apantallamiento (nº de pedido 08479-01) a la termopila para suprimir el ruido.
- La distancia entre la termopila y la superficie del cubo debe mantenerse constante para cada serie de mediciones. La Fig. 2 muestra a modo de ejemplo la tensión termoeléctrica medida

En este experimento, la radiación térmica (dependiente de la temperatura) debe determinarse para cada una de las cuatro superficies del cubo, que difieren en sus texturas.

Ejecución (1/3)

PHYWE

Determinación de la tensión termoeléctrica a temperatura constante:

- Al principio del experimento, tomar la temperatura ambiente T_0 que se necesita para la evaluación.
- A continuación, llenar el cubo de Leslie con agua hirviendo. Para ello, utilizar un vaso de precipitados grande y calentar agua en él mediante el calentador de inmersión. Utilizar el embudo para transferir el agua hirviendo al cubo Leslie (volumen aproximado de 1,4 l). También es posible verter el agua directamente en el cubo cuando se abre su tapa.
- Ahora medir la tensión termoeléctrica V_{th} en una distancia constante para las cuatro superficies a una temperatura estable. Para ello, registrar la tensión (amplificada) del voltímetro para la primera superficie. A continuación, girar con cuidado el tablero 90° para medir la radiación de la segunda superficie, y así sucesivamente. **ATENCIÓN:** No tocar el cubo caliente con las manos desnudas. Comprobar que el cubo está alineado perpendicularmente a la termopila. Tener en cuenta que las cuatro mediciones tienen que ser ejecutadas en poco tiempo para mantener el cubo a una temperatura casi constante.

Ejecución (2/3)

PHYWE

Determinación de la dependencia de la temperatura de la tensión termoeléctrica:

- Si el agua ya no está lo suficientemente caliente (por debajo de 90 °C), sacarla del cubo y volver a llenar el cubo con agua hirviendo. Alinea el lado del cubo, cuya radiación debe determinarse primero, perpendicularmente a la termopila.
- Durante el enfriamiento del agua, registrar la tensión del voltímetro y la temperatura del agua correspondiente a la superficie investigada en intervalos convenientes (por ejemplo, cada 5 °C o cada 30 s). Para mantener una temperatura del agua equilibrada, utilizar el agitador con regularidad.
- Después de investigar la radiación de la primera superficie (por ejemplo, la negra), retirar el agua enfriada del cubo. Volver a colocar el cubo sobre el tablero para poder medir la siguiente superficie (por ejemplo, la blanca). Tener en cuenta que la superficie está centrada en el tablero y es perpendicular a la termopila, de nuevo.

Ejecución (3/3)

PHYWE

- Proceder como antes para medir la tensión termoeléctrica y la temperatura de las otras tres superficies del cubo. Se recomienda realizar cada serie de mediciones en un rango de temperatura del agua de unos 100 °C a 50 °C (la disipación de calor de la superficie pulida es bastante baja).
- Aconsejamos determinar la temperatura ambiente T_0 antes de cada serie de medición, de nuevo.

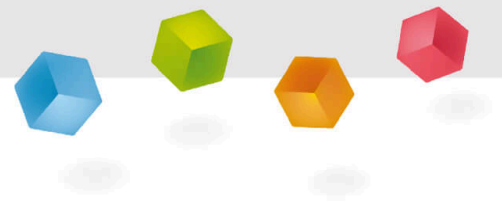
Nota:

También es posible recoger los datos de la medición de la dependencia de la temperatura de forma rápida, registrando las cuatro series a la vez. Después de cada valor medido, girar el tablero 90° hacia la siguiente superficie como se hizo en la primera parte del experimento. De este modo, sólo hay que investigar un ciclo de enfriamiento. Tener en cuenta que la precisión de la medición podría disminuir debido a la frecuente reposición de la superficie respectiva a la termopila.

Vth

Resultados

PHYWE



Resultados

Resultados (1/4)

PHYWE

Ya la primera parte del experimento muestra que las cuatro superficies diferentes del cubo poseen una emitancia distinta, aunque estén compuestas por el mismo material (latón). Las superficies revestidas de negro y blanco provocan una tensión termoeléctrica igualmente alta, mientras que las caras no revestidas (sin brillo y pulidas) muestran valores significativamente más bajos (véase la Tab. 1). Así pues, la textura de la superficie tiene un gran impacto en la radiación térmica emitida, incluso sin tener en cuenta la influencia de la temperatura. Así, la emisividad ϵ es una propiedad intrínseca de la textura del cuerpo.

superficie tensión termoeléctrica V_{th} [μV]	
negro	254
blanco	226
aburrido	42
pulido	26

Tabla 1: Comparación de los datos medidos en una distancia de 5 cm a $T = 366$ K y $T_0 = 293$ K.

Resultados (2/4)

PHYWE

Para una evaluación gráfica de los datos medidos, la tensión termoeléctrica tiene que ser trazada contra $T^4 - T_0^4$ para cada superficie del cubo, respectivamente. Después, los resultados pueden compararse entre sí. Este diagrama muestra que para una temperatura ambiente constante T_0 la radiación emitida aumenta linealmente a la cuarta potencia de la temperatura superficial absoluta T para cada lado del cubo. Esto significa que cuanto mayor sea la temperatura de la superficie, mayor será la tensión medida con la termopila. La Fig. 3 ilustra esta dependencia para las cuatro superficies. De este modo, se confirman las conclusiones de la primera parte experimental.

Si se comparan las mediciones de la superficie negra y la blanca (líneas negras y verdes en la Fig. 3), se observa que la emitancia no sólo depende de la temperatura, sino también de la textura de la superficie. Los resultados determinados revelan que una superficie más oscura irradia con mayor potencia que una superficie más clara. Este resultado confirma la ley de Kirchhoff sobre la radiación térmica, ya que una superficie negra absorbe más radiación térmica que una blanca.

Resultados (3/4)

PHYWE

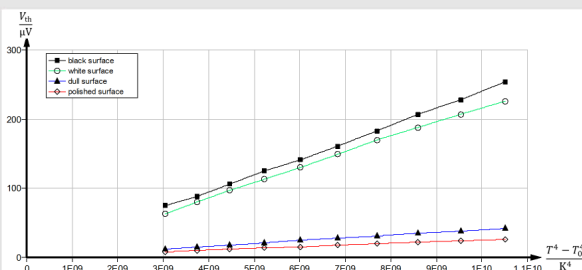


Fig. 3: Diagrama de la tensión termoeléctrica medida V_{th} en función de $T^4 - T_0^4$ para las cuatro superficies en una distancia de 5 cm.

Sin embargo, la emitancia de la superficie negra es muy similar a la de la superficie blanca en el rango de temperaturas investigado. Esto puede explicarse por el hecho de que los cuerpos emiten radiación térmica con una longitud de onda en la región del infrarrojo para estas temperaturas. Por lo tanto, los colores de las superficies del cubo (que se encuentran en la gama de longitudes de onda visibles) son insignificantes para la radiación térmica en el rango de temperaturas investigado, y no hay una diferencia considerable entre la superficie negra y la blanca. Sin embargo, la superficie recubierta de negro muestra una emitancia ligeramente mayor, porque absorbe adicionalmente más luz visible que la superficie recubierta de blanco, que vuelve a emitir según la ley de Kirchhoff de la radiación térmica.