

Cubo de Leslie

MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN DE CALOR DE UN CUBO DE LESLIE

- Medición de la radiación de calor de un cubo de Leslie con una termocupla según Moll.
- Medición relativa de la intensidad irradiada para cuatro superficies diferentes, en dependencia con la temperatura T .
- Comprobación de la dependencia con T^4 de la intensidad irradiada.

UE2020205

09/16 JS

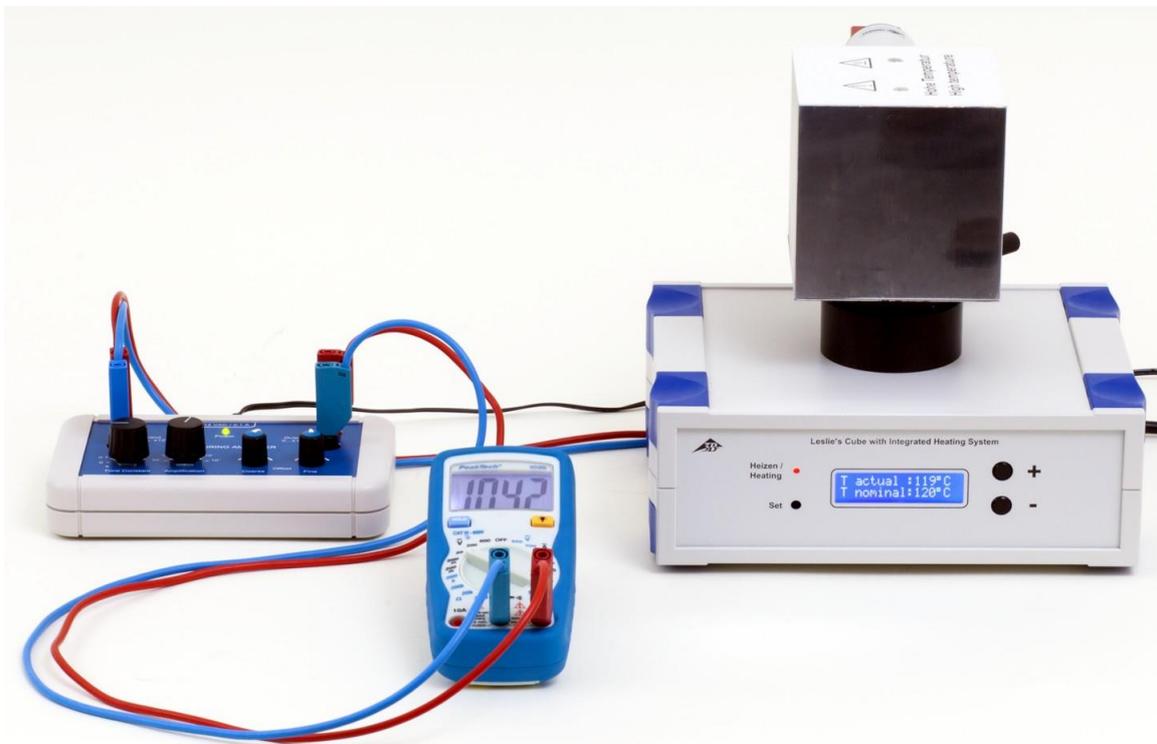


Fig. 1: Ordenación experimental para la medición de la radiación calorífica de un cubo de Leslie.

FUNDAMENTOS GENERALES

El intercambio de calor de un cuerpo con el medio se realiza también por medio de emisión y absorción de radiación de calor. La radiación depende de la temperatura del cuerpo y de las características de su superficie, así como se puede mostrar con un cubo de Leslie.

La intensidad irradiada se describe por medio del poder de emisión E del cuerpo. El poder de absorción A es la relación entre la intensidad de radiación absorbida y la incidente. Se muestra ahora que el poder de absorción es especialmente alto cuando esto rige también para el poder de emisión. La ley de Kirchhoff lo expresa claramente, que para todos los cuerpos a una temperatura dada, la relación entre el poder de

emisión y el de absorción es igual y corresponde al poder de emisión del cuerpo negro E_{SB} para esa temperatura:

$$(1) \frac{E(T)}{A} = E_{SB}(T) = \sigma \cdot T^4$$

σ : Constante de Stefan-Boltzmann

T : Temperatura en Kelvin

Una dependencia con la temperatura del poder de absorción se puede despreciar por lo general. Por lo tanto, el poder de emisión del cuerpo se comporta como

$$(2) E(T) = A \cdot \sigma \cdot T^4.$$

Si el cuerpo tiene la misma temperatura T_0 que el medio, él irradia en el medio con la misma intensidad

$$(3) E(T_0) = A \cdot \sigma \cdot T_0^4$$

con la cual él está absorbiendo intensidad de radiación del medio. Si su temperatura es mayor que la del medio, no cambia nada la intensidad de radiación absorbida el medio, siempre y cuando la temperatura del medio permanezca constante. Por lo tanto la entrega de energía del cuerpo por unidad de superficie y de tiempo, medible con el detector de radiación, se comporta como

$$(4) \Delta E(T) = A \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_0^4).$$

En el experimento se calienta un cubo de Leslie dotado de, una superficie negra, una blanca, una mate y una brillante, hasta una temperatura de 120 °C y se mide la temperatura irradiada en una medición relativa utilizando una termocupla según Moll. Los valores de medida para las cuatro superficies diferentes se siguen durante todo el proceso de enfriamiento hasta llegar a la temperatura ambiente.

- Durante la medición no se debe tocar la termopila.
- Se debe evitar la irradiación solar directa o el montaje cerca de radiadores de calor.
- Se deben evitar ráfagas de aire y temperaturas del medio ambiente variantes.
- La termopila según Holl en el soporte del cubo de Leslie se orienta hacia el centro del cubo, se fija y se conecta con el amplificador de medida.
- Se pone en funcionamiento el amplificador de medida U y se ajusta una amplificación de 103 así como una constante de tiempo de 0,1 s.
- El multímetro digital como voltímetro se conecta en la salida del amplificador de medida U y se enciende.
- Se fija el alcance de medida de 20 V CC .
- La tensión de salida U de la termopila se compensa a cero con el ajustador de Offset del amplificador de medida.
- Se comprueba el resultado para todas las cuatro superficies del cubo de Leslie.

LISTA DE APARATOS

1	Cubo de Leslie con calefacción @230V	1017730	(U8498299-230)
0			
1	Cubo de Leslie con calefacción @115V	1017729	(U8498299-115)
1	Termopila de Moll	1000824	(U8441301)
1	Amplificador de medida U @230V	1020742	(U8557560-230)
0			
1	Amplificador de medida U @115V	1020744	(U8557560-115)
1	Multímetro digital P3340	1002785	(U118091)
2	Par de cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1017718	(U13816)

REALIZACIÓN

- Se enciende el cubo de Leslie con calefacción y la primera temperatura indicada se lee como temperatura ambiental ϑ_0 .
- La temperatura nominal del cubo de Leslie se fija en $\vartheta = 40$ °C y se espera hasta que la temperatura actual llegue a ese valor.
- Secuencialmente se giran todas las superficies del cubo de Leslie, se espera hasta que la tensión de salida U de la termopila se estabilice y se anota su valor.
- La temperatura nominal se aumenta en pasos de 10° C en el alcance de 40 °C hasta 120 °C y cada vez se mide la tensión de salida U para todas las cuatro superficies.

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

Peligro de quemaduras: Durante el experimento el cubo de Leslie se calienta a temperaturas de hasta 120°C.

- El cubo de Leslie no se toca con las manos durante el experimento, p.ej. al girar el cubo.

MONTAJE

Observación:

Para evitar una deriva de la tensión de salida, la carcasa metálica de la termopila se debe igualar a la temperatura del medio ambiente. Además, el calor corporal y otras influencias externas pueden falsificar el resultado.

- Después del montaje del experimento se espera unos minutos antes de empezar con la captación de valores de medida.

EJEMPLO DE MEDICION Y EVALUACIÓN

- De las temperaturas actuales ϑ medidas en °C se calculan las temperaturas absolutas $T = \vartheta + 273,15$ K y de ellas el término $T^4 - T_0^4$ y se anotan en la Tab. 1.
- Las tensiones medidas para las cuatro superficies se anotan en un diagrama contra $T^4 - T_0^4$.
- Se adaptan rectas que pasan por el origen (ver Fig. 2) y sus valores se anotan en la Tab. 2.

Las diferentes pendientes de las rectas que pasan por el origen corresponden a los diferentes poderes de absorción de las superficies del cubo de Leslie. Sorprendentemente el poder de absorción de la superficie blanca en el alcance de longitudes de onda en el infrarrojo relevantes para el experimento es mayor que el de la superficie negra.

Tab. 1: Valores de medida para las intensidades irradiadas por las cuatro superficies en dependencia con la temperatura del cubo de Leslie

ϑ	U / mV	U / mV	U / mV	U / mV	$\frac{T^4 - T_0^4}{10^8 \cdot \text{K}^4}$
	mate	brillante	blanco	negro	
27 °C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
40 °C	0,09	0,01	1,03	0,98	15,0
50 °C	0,20	0,05	1,97	1,83	27,9
60 °C	0,35	0,09	3,14	2,94	42,0
70 °C	0,52	0,13	4,15	3,88	57,5
80 °C	0,70	0,18	5,56	5,21	74,4
90 °C	0,87	0,25	6,79	6,39	92,8
100 °C	1,10	0,32	8,26	7,76	112,7
110 °C	1,25	0,38	9,61	9,07	134,4
120 °C	1,44	0,39	11,12	10,48	157,7

Tab. 2: Pendientes a de las rectas que pasan por el origen y sus valores relativos

Pendiente	mate	brillante	blanco	negro
$\frac{\alpha}{\text{mV} / 10^8 \cdot \text{K}^4}$	0,009	0,003	0,072	0,068
α_{rel}	12,9%	3,6%	100,0%	94,1%

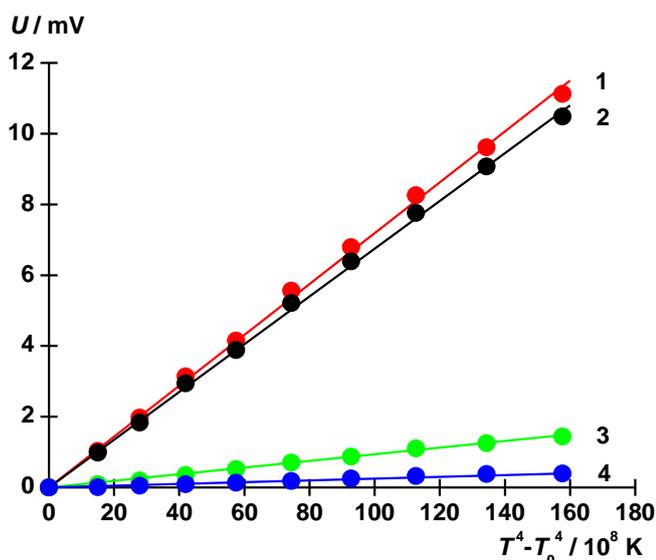


Fig. 2 Intensidad irradiada por el cubo de Leslie en dependencia con $x = T^4 - T_0^4$

- 1: Superficie blanca, 2: superficie negra,
- 3: superficie mate, 4: superficie brillante

