

Cubo di Leslie

MISURAZIONE DELLA RADIAZIONE TERMICA DI UN CUBO DI LESLIE

- Dimostrazione della radiazione termica di un cubo di Leslie con una termopila di Moll.
- Misurazione relativa dell'intensità irradiata per quattro diverse superfici in funzione della temperatura T .
- Conferma della dipendenza T^4 dell'intensità irradiata.

UE2020205

09/16 JS

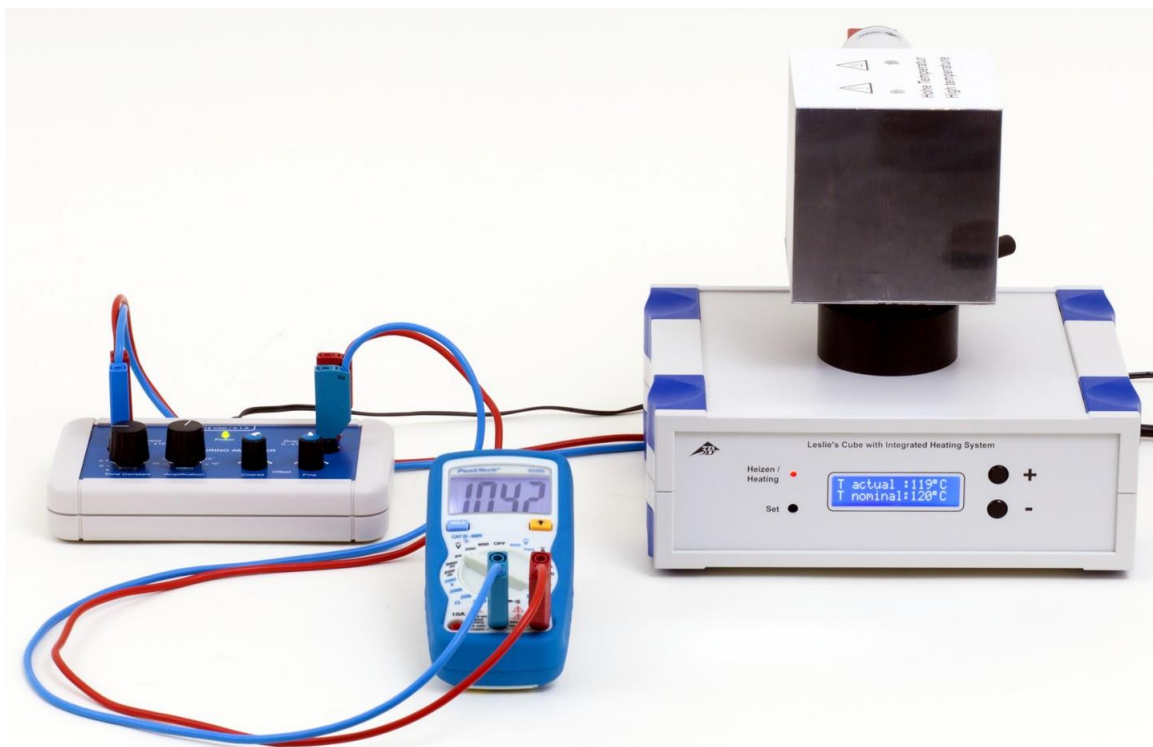


Fig. 1: Disposizione sperimentale per la misurazione della radiazione termica di un cubo di Leslie.

BASI GENERALI

Lo scambio di calore di un corpo con l'ambiente avviene anche tramite emissione e assorbimento della radiazione termica. La radiazione dipende dalla temperatura del corpo e dalle sue caratteristiche superficiali come dimostrato da un cubo di Leslie.

L'intensità irradiata viene descritta dall'emissività E del corpo. La capacità di assorbimento A è il rapporto dell'intensità di radiazione assorbita rispetto a quella incidente. La capacità di assorbimento è particolarmente alta quando ciò lo è anche l'emissività. La legge di Kirchhoff afferma più precisamente che per tutti i corpi ad una data temperatura il rapporto di emissività rispetto alla capacità di assorbimento è uguale e

che corrisponde all'emissività E_{SB} del corpo nero a questa temperatura:

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

σ : costante di Stefan-Boltzmann

T : temperatura in Kelvin

La dipendenza dalla temperatura della capacità di assorbimento può essere di norma trascurata. Pertanto, l'emissività del corpo è pari a

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

Se il corpo ha la stessa temperatura T_0 dell'ambiente, esso emette radiazione con emissività

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

e con la stessa intensità con cui la assorbe dall'ambiente. Se la sua temperatura è superiore, l'intensità di radiazione assorbita dall'ambiente non varia, finché la temperatura ambiente resta costante. Pertanto, l'emissione di energia del corpo misurabile con un rilevatore di radiazione, per unità di superficie e di tempo è pari a

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

Nell'esperimento, un cubo di Leslie dotato di superfici rispettivamente bianca, nera, opaca e lucida viene riscaldato a temperature fino a 120 °C; viene poi misurata l'intensità irradiata in una misurazione relativa con la termopila di Moll. I valori misurati per le quattro superfici diverse vengono seguiti durante l'intero processo di raffreddamento fino al raggiungimento della temperatura ambiente.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

| | | | |
|---|--|---------|----------------|
| 1 | Cubo di Leslie con riscaldamento @230V | 1017730 | (U8498299-230) |
| 0 | | | |
| 1 | Cubo di Leslie con riscaldamento @115V | 1017729 | (U8498299-115) |
| 1 | Thermosäule nach Moll | 1000824 | (U8441301) |
| 1 | Amplificatore di misura U @230V | 1020742 | (U8557560-230) |
| 0 | | | |
| 1 | Amplificatore di misura U @115V | 1020744 | (U8557560-115) |
| 1 | Multimetro digitale P3340 | 1002785 | (U118091) |
| 2 | Coppia di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm | 1017718 | (U13816) |

NORME DI SICUREZZA

Pericolo di ustioni: durante l'esperimento, il cubo di Leslie viene riscaldato a temperature fino a 120 °C.

- Nel corso dell'esperimento non toccare il cubo di Leslie, ad es. per girarlo.

MONTAGGIO

Nota:

Per evitare una deriva della tensione di uscita, è necessario bilanciare l'alloggiamento in metallo della termopila e la temperatura ambiente. Il calore emesso dal corpo o altri influssi estranei potrebbero alterare il risultato.

- Dopo l'esecuzione dell'esperimento attendere qualche minuto per il rilevamento dei valori misurati.
- Durante la misurazione non afferrare la termopila.
- Evitare l'esposizione alla luce diretta del sole o la vicinanza di corpi riscaldanti.
- Durante la misurazione, evitare correnti d'aria e variazioni della temperatura ambiente.
- Posizionare e fissare la termopila di Moll nel supporto del cubo di Leslie al centro del cubo e collegare all'amplificatore di misura.
- Mettere in funzione l'amplificatore di misura U e impostare amplificazione 10^3 e costante temporale 0,1 s.
- Collegare all'uscita dell'amplificatore di misura U e accendere il multimetro digitale utilizzandolo come voltmetro.
- Impostare il range di misura 20 V CC.
- Tramite il regolatore di offset dell'amplificatore di misura, tarare a zero la tensione di uscita U della termopila.
- Controllare il risultato su tutte e quattro le superfici del cubo di Leslie.

ESECUZIONE

- Accendere il cubo di Leslie con il riscaldamento e leggere la prima temperatura visualizzata come temperatura ambiente ϑ_0 .
- Impostare la temperatura nominale del cubo di Leslie a $\vartheta = 40$ °C e attendere fino a quando la temperatura reale raggiunge tale valore.
- Girare una dopo l'altra tutte e quattro le superfici del cubo di Leslie, attendere sino a quando la tensione di uscita U della termopila si stabilizza e annotarne il valore.
- Aumentare la temperatura nominale a passi da 10° nel range compreso tra 40 e 120 °C avendo cura di misurare ogni volta la tensione di uscita U per tutte e quattro le superfici.

ESEMPIO DI MISURAZIONE ED ANALISI

- Partendo dalle temperature reali ϑ misurate in °C, calcolare le temperature assolute $T = \vartheta + 273,15$ K e ricavarne il termine $T^4 - T_0^4$. Registrare nella Tab. 1.
- Registrare le tensioni misurate per tutte e quattro le superfici su un diagramma rispetto a $T^4 - T_0^4$.
- Tracciare una retta d'origine (v. Fig. 2) e riportarne i valori nella Tab. 2.

Le diverse pendenze delle rette d'origine corrispondono alle differenti capacità di assorbimento delle superfici del cubo di Leslie. Inaspettatamente, la capacità di assorbimento della superficie bianca nel range di lunghezza d'onda a infrarossi rilevante per l'esperimento è maggiore rispetto alla superficie nera.

Tab. 1: Valori misurati per l'intensità emessa dalle quattro superfici in funzione della temperatura del cubo di Leslie

| ϑ | U / mV | U / mV | U / mV | U / mV | $\frac{T^4 - T_0^4}{10^8 \cdot \text{K}^4}$ |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| | opaca | lucido | bianco | nero | |
| 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: Pendenze a delle rette d'origine e rispettivi valori relativi

| Pendenza | opaca | lucido | bianco | nero |
|--|-------|--------|--------|-------|
| $\frac{\alpha}{\text{mV} / 10^8 \cdot \text{K}^4}$ | 0,009 | 0,003 | 0,072 | 0,068 |
| α_{rel} | 12,9% | 3,6% | 100,0% | 94,1% |

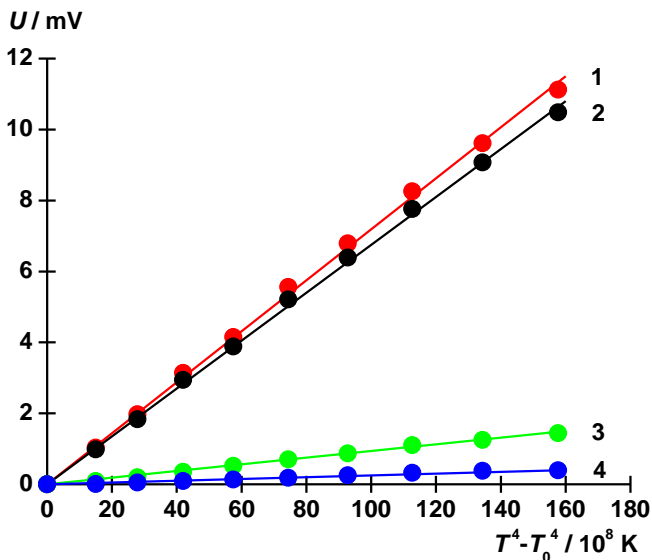


Fig. 2 Intensità irradiata del cubo di Leslie in funzione di $x = T^4 - T_0^4$

- 1: superficie bianca, 2: superficie nera,
- 3: superficie opaca, 4: superficie lucida

