

## Cubo de Leslie

### MEDIÇÃO DA IRRADIAÇÃO DE CALOR DE UM CUBO DE LESLIE

- Comprovação da irradiação de calor de um cubo de Leslie com uma termopilha de Moll.
- Medição relativa da intensidade irradiada das quatro diferentes superfícies em dependência da temperatura  $T$ .
- Conformação da dependência  $T^4$  da intensidade irradiada.

UE2020205

09/16 JS

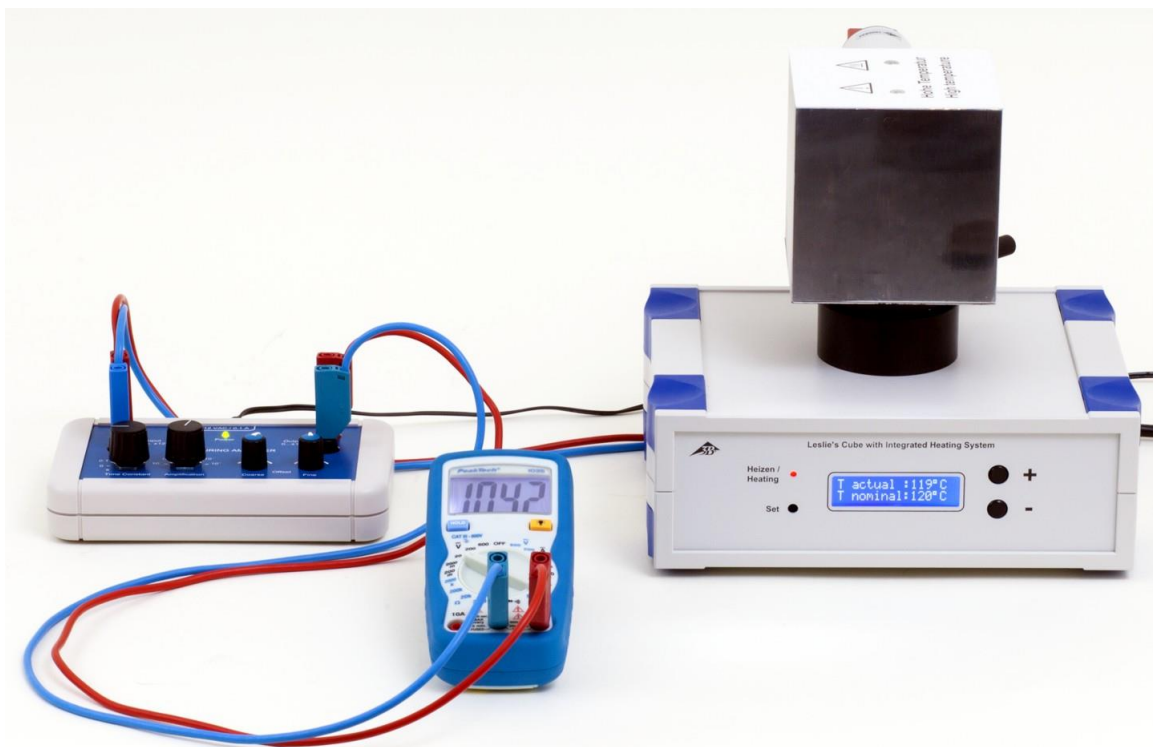


Fig. 1: Disposição da experiência para medição da irradiação de calor de um cubo de Leslie.

### FUNDAMENTOS GERAIS

**A troca de calor de um corpo com o ambiente também ocorre por emissão e absorção de irradiação de calor. A irradiação depende da temperatura do corpo e das características de sua superfície, como pode ser mostrado com um cubo de Leslie.**

A intensidade irradiada é descrita pela capacidade de emissão  $E$  do corpo. A capacidade de absorção  $A$  é a relação entre intensidade de radiação absorvida e incidente. Mostra-se, então, que a capacidade de absorção é especialmente alta quando isto valer também para a capacidade de emissão. A Lei de Kirchhoff determina, mais precisamente, que, para todos os corpos, em temperatura dada, a relação

entre a capacidade de emissão e a capacidade de absorção é igual e corresponde à capacidade de emissão  $E_{SB}$  do corpo negro nesta temperatura:

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

$\sigma$ : constante de Stefan-Boltzmann

$T$ : temperatura em Kelvin

Uma dependência da temperatura da capacidade de absorção pode, em geral, ser desprezada. Assim, a capacidade de emissão do corpo é de

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

Se o corpo tiver a mesma temperatura  $T_0$  que o ambiente, então ele irradiará para o ambiente com intensidade igual

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

à intensidade com que absorve do ambiente. Se sua temperatura for maior, nada se altera na intensidade de radiação absorvida do ambiente, enquanto a temperatura ambiente se mantiver constante. Portanto, a produção de energia mensurável com um detector de radiação do corpo, por área e tempo, é de

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

Na experiência, um cubo de Leslie com uma superfície branca, uma negra, uma fosca e uma brilhante é aquecido a temperaturas de até 120 °C e a intensidade irradiada é medida em medição relativa com uma termopilha de Moll. Os valores de medição para as quatro diferentes superfícies são acompanhados durante todo o processo de esfriamento até a temperatura ambiente.

## LISTA DE APARELHOS

1	Cubo de Leslie com aquecimento @230V	1017730	(U8498299-230)
ou			
1	Cubo de Leslie com aquecimento @115V	1017729	(U8498299-115)
1	Coluna térmica segundo Moll	1000824	(U8441301)
1	Amplificador de medição U @230V	1020742	(U8557560-230)
ou			
1	Amplificador de medição U @115V	1020744	(U8557560-115)
1	Multímetro digital P3340	1002785	(U118091)
2	Par de cabos de segurança para experiências, 75 cm	1017718	(U13816)

## INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA

Perigo de queimadura: o cubo de Leslie é aquecido a temperaturas de até 120°C.

- Não tocar no cubo de Leslie durante a experiência, por exemplo, ao girar o cubo.

## MONTAGEM

### Observação:

Para evitar uma deriva da tensão de saída, a carcaça metálica da termopilha deve ser equilibrada com a temperatura ambiente. Além disso, o calor do corpo e outras influências externas podem gerar resultados falsos.

- Após a montagem da experiência, aguardar alguns minutos para registrar valores de medição.

- Durante a medição, não tocar na termopilha.
- Evitar incidência de luz solar direta ou montagem próxima a fontes de calor.
- Evitar passagem de ar e variação da temperatura ambiente durante a medição.
- Direcionar a termopilha de Moll no suporte do cubo de Leslie para o meio do cubo, fixa e conectar ao amplificador de medição.
- Colocar o amplificador de medição U em operação e ajustar amplificação em  $10^3$  e a constante de tempo em 0,1 s.
- Conectar o multímetro digital como medidor de tensão na saída do amplificador de medição U e ligar.
- Ajustar a faixa de medição 20 V DC,
- Zerar a tensão de saída  $U$  da termopilha com o seletor offset do amplificador de medição.
- Verificar o resultado para as quatro faces do cubo de Leslie.

## REALIZAÇÃO

- Ligar o cubo de Leslie com aquecimento e ler a primeira temperatura indicada como a temperatura ambiente  $\vartheta_0$ .
- Ajustar a temperatura-alvo do cubo de Leslie em  $\vartheta = 40$  °C e aguardar até que a temperatura efetiva tenha alcançado este valor.
- Girar sucessivamente todas as quatro superfícies para o dado de Leslie, aguardar até que a tensão de saída  $U$  da termopilha estabilize e anotar seu valor.
- Elevar a temperatura-alvo em intervalos de 10° na faixa de 40 °C até 120 °C e anotar a respectiva tensão de saída  $U$  para todas as quatro superfícies.

## EXEMPLO DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

- A partir das temperaturas efetivas  $\vartheta$  medidas em °C, calcular as temperaturas absolutas  $T = \vartheta + 273,15$  K e, daí, o termo  $T^4 - T_0^4$  e anotar na Tab. 1.
- Aplicar as tensões medidas para todas as quatro áreas em um diagrama contra  $T^4 - T_0^4$ .
- Adaptar retas de origem (vide Fig. 2) e anotar seus valores na Tab. 2.

As diferentes inclinações das retas de origem correspondem às diferentes capacidades de absorção das superfícies do cubo de Leslie. Surpreendentemente, a capacidade de absorção da área branca é maior que a da área preta na faixa de comprimento de onda infravermelho da experiência.

Tab. 1: Valores de medição para a intensidade irradiada pelas quatro superfícies em dependência da temperatura do cubo de Leslie

$\vartheta$	$U / \text{mV}$	$U / \text{mV}$	$U / \text{mV}$	$U / \text{mV}$	$\frac{T^4 - T_0^4}{10^8 \cdot \text{K}^4}$
	fosco	brilhante	branco	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: Inclinações  $\alpha$  das retas de origem e seus valores relativos

Inclinação	fosco	brilhante	branco	negro
$\frac{\alpha}{\text{mV} / 10^8 \cdot \text{K}^4}$	0,009	0,003	0,072	0,068
$\alpha_{\text{rel}}$	12,9%	3,6%	100,0%	94,1%

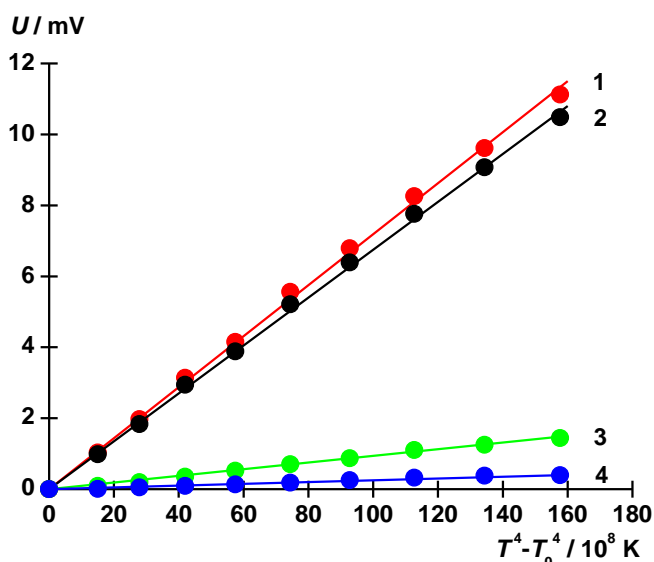


Fig. 2 Intensidade irradiada do cubo de Leslie em dependência de  $x = T^4 - T_0^4$

1: superfície branca, 2: superfície negra,  
3: superfície fosca, 4: superfície brilhante

