

Condutividade elétrica

DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE COBRE E ALUMÍNIO

- Medição da queda da tensão U em dependência da distância d entre os pontos de contato com corrente fixa I .
- Medição da queda da tensão U em dependência da corrente I com distância d fixa entre os pontos de contato.
- Determinação das condutividades elétricas de cobre e alumínio e comparação com os valores de literatura.

UE3020200

07/16 UD

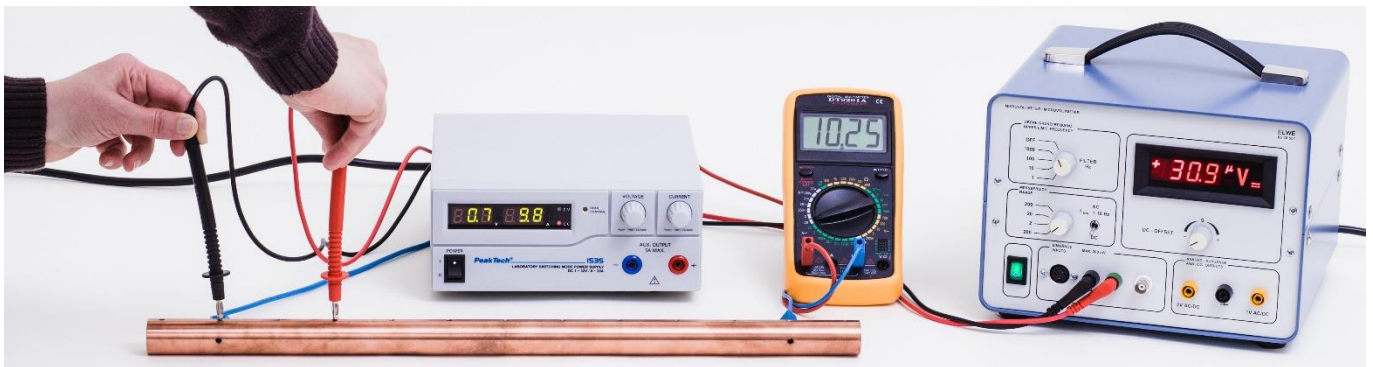


Fig. 1: Disposição de medição

FUNDAMENTOS GERAIS

A condutividade elétrica de uma matéria é uma grandeza altamente dependente do material. Ela é definida como fator de proporcionalidade entre a densidade da corrente e o campo elétrico na matéria analisada. Em metais, ela é determinada pela densidade numérica e pela mobilidade dos elétrons na faixa de condução e depende da temperatura.

Da relação

$$(1) \quad j = \sigma \cdot E$$

j : Densidade da corrente, E : Campo elétrico

segue, para um condutor metálico longo com perfil A e comprimento d , uma relação entre a corrente I pelo condutor e a tensão decrescente U ao longo da distância d :

$$(2) \quad I = j \cdot A = A \cdot \sigma \cdot \frac{U}{d}$$

Esta relação é utilizada, na experiência, para a determinação da condutividade de hastas metálicas em medição de quatro condutores (Fig. 2). Para tanto, uma corrente I é aplicada por dois condutores eferentes e a queda de tensão U resultante entre dois pontos de contato com distância d é medida. Como o perfil A é conhecido, σ pode ser calculado.

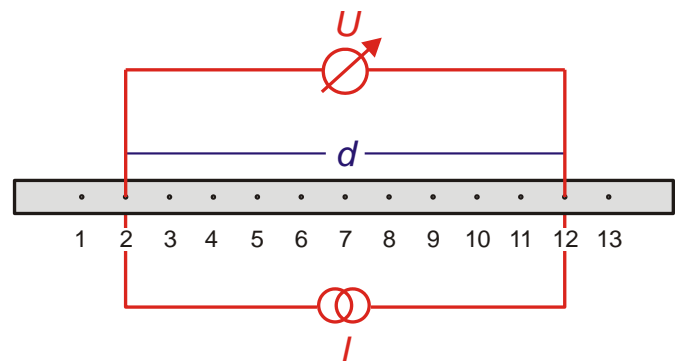


Fig. 2: Representação esquemática de medição de quatro condutores

LISTA DE APARELHOS

1	Haste de condução de calor Al 1017331 (U8498292)	
1	Haste de condução de calor Cu 1017330 (U8498291)	
1	Fonte de alimentação DC 1 - 32 V, 0 - 20 A @230V	1012857 (U11827-230)
ou		
1	Fonte de alimentação DC 1 - 32 V, 0 - 20 A @115V	1012858 (U11827-115)
1	Microvôltemetro @230V	1001016 (U8530501-230)
ou		
1	Microvôltemetro @115V	1001015 (U8530501-115)
1	Multímetro digital E	1006809 (U8531050)
1	Conjunto de 15 cabos para experiências 2,5 mm ²	1002841 (U13801)

MONTAGEM

- Colocar a haste de condução de calor de cobre ou de alumínio sobre uma base isolante.
- Conectar o conector de saída "-" na parte traseira da fonte de alimentação com a perfuração lateral na altura do segundo ponto de medição da haste de condução de calor (Fig. 2). Conectar o conector de saída "+" na parte traseira da fonte de alimentação com a perfuração lateral na altura do décimo-segundo ponto de medição da haste de condução de calor. Ligar o multímetro digital em série no meio para medição da corrente.
- Colocar em curto a entrada do microvôltemetro e zerar a indicação com auxílio do regulador DC-Offset. Comprovar regularmente o zero no decorrer das medições.
- Conectar duas pontas de medição nos conectores de segurança de entrada de 4mm do microvôltemetro.
- No microvôltemetro, ajustar o limite de frequência superior com auxílio do regulador giratório "Filter Hz" para "OFF" e a faixa de medição até 200 μ V DC.

EXECUÇÃO

Orientações:

Observar carga máxima de corrente da fonte de alimentação de até 20 A.

Tensões termoelétricas nos pontos de medição podem restringir a precisão de medição.

A distância relativa entre pontos de medição vizinhos é de $d_{N+1} - d_N = 4$ cm, ou seja, $d_{N+k} - d_N = k \cdot 4$ cm.

Dependência da distância

- Ajustar a fonte de alimentação de forma que uma corrente I de cerca de 10 A corra pela haste de condução de calor. Ler o valor no multímetro e anotar.
- Contatar o segundo ponto de medição ($N = 2$) com a ponta de medição que está conectada no conector de massa do microvôltemetro.
- Contatar o terceiro até o décimo-segundo ponto de medição consecutivamente com a outra ponta de medição, ler as tensões U no microvôltemetro e anotar na Tab. 1.

Dependência da corrente

- Elevar a corrente na fonte de alimentação de 1 A até 10 A em intervalos de 1 A. Ler os valores no multímetro e anotar na Tab. 2.
- A cada intervalo de medição, medir a tensão entre o segundo e o décimo-segundo ponto de medição ($d = 40$ cm) com as pontas de medição (observar a polaridade), ler os valores no microvôltemetro e anotar na Tab. 2.

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tab. 1: Tensões medidas em dependência da distância dos pontos de medição, $I = 9,92$ A (cobre) ou 9,90 A (alumínio).

N	$d = d_N - d_2$	$U / \mu V$	
		Cobre	Alumínio
3	4 cm	15,2	37,3
4	8 cm	29,1	75,6
5	12 cm	40,7	113,8
6	16 cm	58,6	151,2
7	20 cm	69,6	187,4
8	24 cm	82,5	231,0
9	28 cm	98,4	266,0
10	32 cm	113,9	303,0
11	36 cm	128,6	345,0
12	40 cm	140,7	382,0

Tab. 2: Tensões medidas em dependência da corrente, $d = 40$ cm.

Cobre		Alumínio	
I / A	$U / \mu V$	I / A	$U / \mu V$
1,01	14,4	1,01	40,5
2,00	27,5	2,00	80,7
2,99	41,3	2,99	118,6
3,99	52,5	4,00	154,7
4,99	67,3	4,99	194,6
5,99	82,5	5,99	230,0
6,99	95,4	6,99	269,0
7,99	112,7	7,99	312,0
8,99	128,3	8,99	344,0
9,91	139,7	9,91	382,0

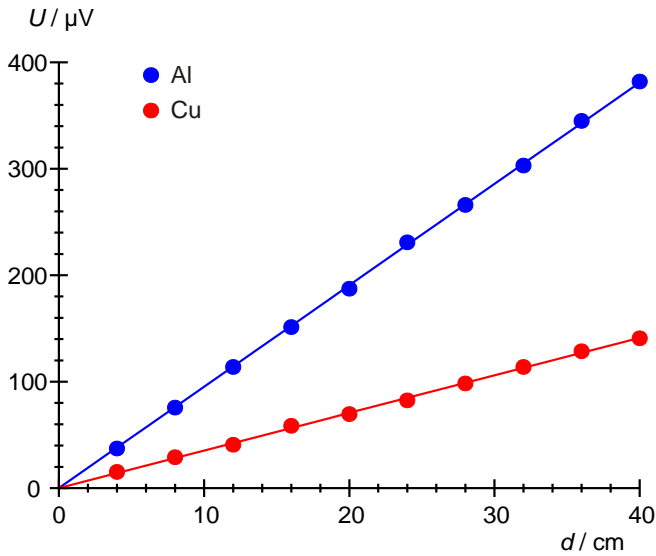


Fig. 3: Diagrama U-d para cobre e alumínio

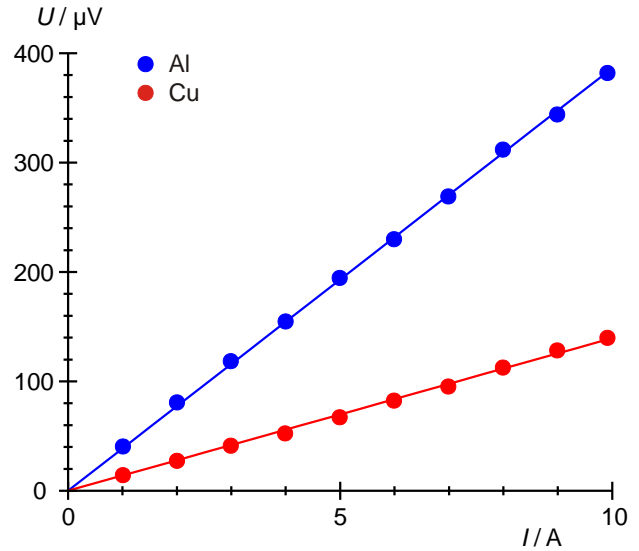


Fig. 4: Diagrama U-I para cobre e alumínio

AVALIAÇÃO

Dependência da distância

- Representar as tensões medidas U (Tab. 1) em dependência da distância d para a haste de condução de calor de cobre e de alumínio em um diagrama (Fig. 3) e adequar respectivamente uma reta aos pontos de medição.

Observação:

Tensões de contato entre ponta de medição e haste metálica se tornam perceptíveis, se for o caso, como deslocamento da reta da origem.

A inclinação da reta resultante é, segundo (2)

$$(3) \quad \alpha = \frac{I}{A \cdot \sigma}$$

Como I e A são conhecidos, a condutividade pode ser calculada:

$$(4) \quad \sigma = \frac{I}{A \cdot \alpha} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{9,92 \text{ A}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 3,53 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}} = 57 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Cu}) \\ \frac{9,92 \text{ A}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 9,53 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Al}) \end{array} \right\}$$

Dependência da corrente

- Representar as tensões medidas U (Tab. 2) em dependência da corrente I para a haste de condução de calor de cobre e de alumínio em um diagrama (Fig. 4) e adequar respectivamente uma reta aos pontos de medição.

Observação:

Tensões de contato entre ponta de medição e haste metálica se tornam perceptíveis, se for o caso, como deslocamento da reta da origem.

A inclinação da reta resultante é, segundo (2)

$$(5) \quad \beta = \frac{d}{A \cdot \sigma}$$

Como d e A são conhecidos, a condutividade pode ser calculada:

$$(6) \quad \sigma = \frac{d}{A \cdot \beta} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{40 \text{ cm}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 13,96 \frac{\mu\text{V}}{\text{A}}} = 58 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Cu}) \\ \frac{40 \text{ cm}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 38,63 \frac{\mu\text{V}}{\text{A}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Al}) \end{array} \right\}$$

O resultado da medição para o cobre coincide muito bem com o valor de literatura para cobre puro $\sigma = 58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. A comparação do resultado da medição para o alumínio com o valor de literatura para alumínio puro $\sigma = 37 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ mostra que a haste de condução de calor utilizada não é feita de material puro, mas de uma liga de alumínio.

Observação:

Na experiência, são utilizadas as mesmas hastes metálicas em que a condução de calor foi analisada na experiência UE2020100. Com duas pontas medidoras, a queda de tensão é medida entre os pontos de medição, que também podem ser usados para medição de temperatura ao longo das hastes.

Através da comparação dos valores de medição com os valores obtidos na experiência UE2020100 para a condutividade de calor, a lei de Wiedemann-Franz pode ser confirmada. Ela descreve a proporcionalidade da condutividade do calor λ e da condutividade elétrica σ de metias com um fator de proporcionalidade universal L (Número Lorenz) dependente da temperatura:

$$(7) \quad \frac{\lambda}{\sigma} = L(T) \cdot T$$

T: temperatura

