

Conduzione elettrica

DETERMINAZIONE DELLA CONDUTTIVITÀ ELETTRICA DI RAME E ALLUMINIO

- Misurazione della caduta di tensione U in funzione della distanza d tra i punti di contatto con corrente fissa I .
- Misurazione della caduta di tensione U in funzione della corrente I con distanza fissa d tra i punti di contatto.
- Determinazione della conduttività elettrica di rame e alluminio e raffronto con i valori della letteratura.

UE3020200

07/16 UD



Fig. 1: Disposizione per la misurazione

BASI GENERALI

La conduttività elettrica è una grandezza fortemente dipendente dal materiale. Essa è definita come fattore di proporzionalità tra la densità di corrente e il campo elettrico nel materiale analizzato. Nei metalli è determinata dalla densità numerica e dalla mobilità degli elettroni nella banda di conduzione e dipende dalla temperatura.

Dal rapporto

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

j : densità di corrente, E : campo elettrico

deriva per un conduttore metallico lungo con sezione A e lunghezza d una relazione tra la corrente I attraverso il conduttore e la tensione U lungo il percorso d :

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

Questa relazione viene usata nell'esperimento per determinare la conduttività delle aste metalliche in una misura su quattro conduttori (Fig. 2). Per questo viene applicata su due alimentazioni la corrente I e misurata la caduta di tensione U derivante tra due punti di contatto ad una distanza d . Poiché è nota la sezione A è possibile calcolare σ .

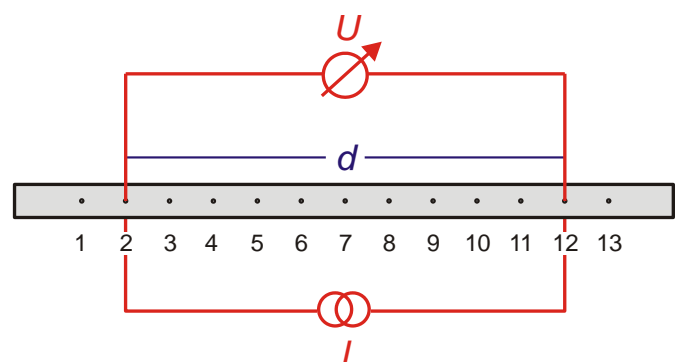


Fig. 2: Rappresentazione schematica della misurazione su quattro conduttori

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Asta conduttiva termica Al	1017331 (U8498292)
1	Asta conduttiva termica Cu	1017330 (U8498291)
1	Alimentatore CC	
o	1 - 32 V, 0 - 20 A @230V	1012857 (U11827-230)
1	Alimentatore CC	
o	1 - 32 V, 0 - 20 A @115V	1012858 (U11827-115)
1	Microvoltmetro @230V	1001016 (U8530501-230)
o		
1	Microvoltmetro @115V	1001015 (U8530501-115)
1	Multimetro digitale E	1006809 (U8531050)
1	Set di 15 cavi per esperimenti, 2,5 mm ²	1002841 (U13801)

MONTAGGIO

- Appoggiare l'asta conduttiva termica di rame e di alluminio su una superficie isolante.
- Collegare la presa di uscita "-" situata sul retro dell'alimentatore con il foro laterale all'altezza del secondo punto di misurazione dell'asta conduttiva termica (Fig. 2). Collegare la presa di uscita "+" situata sul retro dell'alimentatore con il foro laterale all'altezza del dodicesimo punto di misurazione dell'asta conduttiva termica (Fig. 2). Tra di esse collegare in serie un multimetro digitale per la misurazione della corrente.
- Cortocircuitare l'ingresso del microvoltmetro e tarare a zero la visualizzazione con l'ausilio del regolatore di offset CC. Verificare periodicamente la taratura a zero nel corso delle misurazioni.
- Collegare due punte di misurazione all'ingresso jack di sicurezza da 4 mm del microvoltmetro.
- Impostare sul microvoltmetro la frequenza limite superiore utilizzando la manopola di regolazione "Filter Hz" su "OFF" e un range di misura fino a 200 μV CC.

ESECUZIONE

Note:

Rispettare il carico di corrente massimo dell'alimentatore pari a 20 A.

La presenza di tensioni termoelettriche sui punti di misura può ridurre la precisione della misurazione.

La distanza relativa tra punti di misura adiacenti ammonta a $d_{N+1} - d_N = 4$ cm, cioè $d_{N+k} - d_N = k \cdot 4$ cm.

Dipendenza dalla distanza

- Impostare l'alimentatore di modo che l'asta conduttiva termica sia attraversata da una corrente I pari a circa 10 A. Leggere e annotare il valore visualizzato sul multimetro.
- Contattare il secondo punto di misurazione ($N = 2$) con la punta collegata alla presa di massa del microvoltmetro.
- Contattare in successione i punti di misura dal terzo al dodicesimo, utilizzando l'altra punta; leggere e annotare in Tab. 1 le tensioni U visualizzate sul microvoltmetro.

Dipendenza dalla corrente

- Aumentare progressivamente la corrente sull'alimentatore da 1 A 10 A passi di 1 A. Leggere i valori sul multimetro e annotare in Tab. 2.
- In ogni fase di misurazione, rilevare la tensione tra il secondo e il dodicesimo punto di misurazione ($d = 40$ cm) utilizzando le apposite punte (attenzione alla polarità); leggere i valori sul microvoltmetro e annotare in Tab. 2.

ESEMPIO DI MISURAZIONE

Tab. 1: Tensioni misurate in funzione della distanza dei punti di misura, $I = 9,92$ A (rame) oppure 9,90 A (alluminio).

N	$d = d_N - d_2$	U / μV	
		Rame	Alluminio
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: Tensioni misurate in funzione della corrente, $d = 40$ cm.

Rame		Alluminio	
I / A	U / μV	I / A	U / μV
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

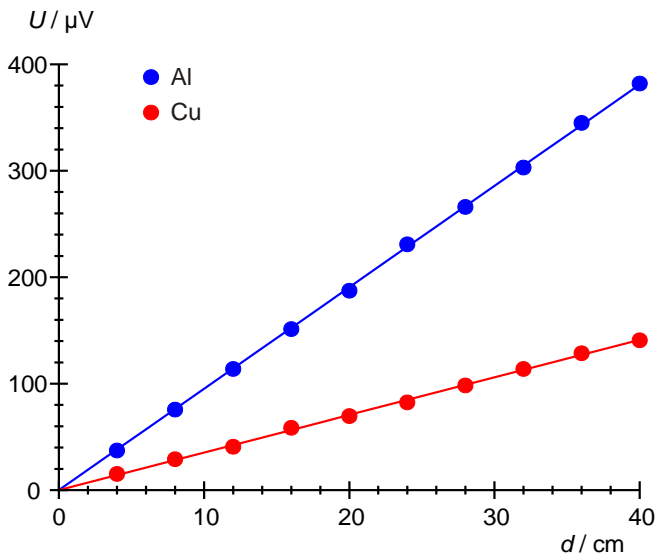


Fig. 3: Diagramma U-d per il rame e l'alluminio

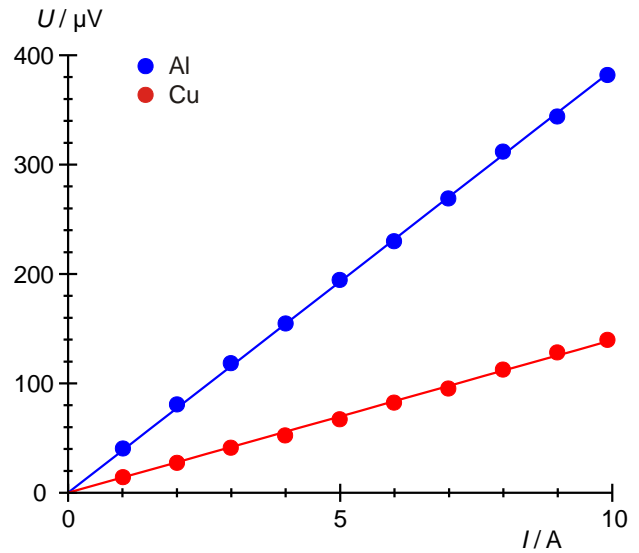


Fig. 4: Diagramma U-I per il rame e l'alluminio

ANALISI

Dipendenza dalla distanza

- Rappresentare in un diagramma le tensioni misurate U (Tab. 1) in funzione delle distanze d per l'asta conduttiva termica in rame e in alluminio (Fig. 3) e tracciare le rispettive rette sui punti di misura.

Nota:

Le tensioni di contatto tra i punti di misura e l'asta metallica si notano anche per lo spostamento delle linee rette dall'origine.

La pendenza delle rette che si delinea è conforme a (2)

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

Poiché I e A sono noti, è possibile calcolare la conduttività:

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

Dipendenza dalla corrente

- Rappresentare in un diagramma le tensioni misurate U (Tab. 2) in funzione della corrente I per l'asta conduttiva termica in rame e in alluminio (Fig. 4) e tracciare le rispettive rette sui punti di misura.

Nota:

Le tensioni di contatto tra i punti di misura e l'asta metallica si notano anche per lo spostamento delle linee rette dall'origine.

La pendenza delle rette che si delinea è conforme a (2)

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

Poiché d e A sono noti, è possibile calcolare la conduttività:

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

Il risultato della misurazione relativo al rame coincide sostanzialmente con il valore di letteratura per il rame puro $\sigma = 58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Il raffronto del risultato della misurazione relativo all'alluminio con il valore di letteratura per l'alluminio puro $\sigma = 37 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ mostra che l'asta conduttiva termica utilizzata non è costruita in materiale puro, bensì in una lega di alluminio.

Nota:

Nell'esperimento sono state utilizzate le stesse aste metalliche su cui è stata analizzata la conducibilità termica nell'esperimento UE2020100. Utilizzando due punte di misura è stata misurata la caduta di tensione tra i punti di misura, che possono essere anche usati per la misurazione della temperatura lungo le aste.

Tramite un raffronto dei valori misurati con i valori ottenuti nell'esperimento UE2020100 per la conduttività termica si conferma la legge di Wiedemann-Franz. Essa descrive la proporzionalità della conduttività termica λ e elettrica σ dei metalli mediante un fattore di proporzionalità universale L (numero di Lorenz) in funzione della temperatura:

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

T: temperatura

