

Conducción eléctrica

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL COBRE Y DEL ALUMINIO

- Medición de la caída de tensión U con corriente I fija, en dependencia con la distancia d entre los puntos de contacto.
- Medición de la caída de tensión U con distancia d fija entre los puntos de contacto, en dependencia con la corriente I .
- Determinación de la conductividad eléctrica del cobre y del aluminio y comparación con los valores bibliográficos.

UE3020200

07/16 UD

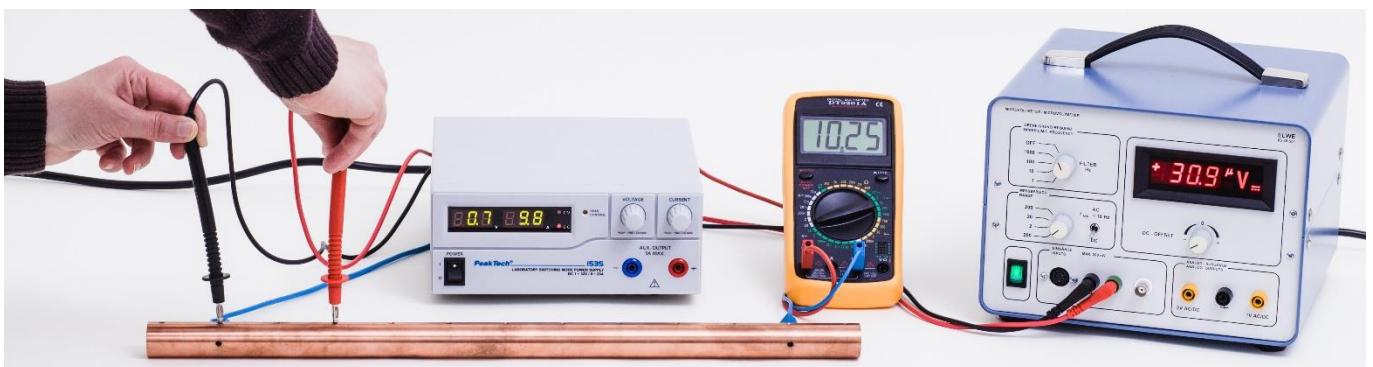


Fig. 1: Disposición de medición

FUNDAMENTOS GENERALES

La conductividad eléctrica de una sustancia es una magnitud que depende fuertemente del material. Ella se define como el factor de proporcionalidad entre la densidad de corriente y el campo eléctrico en la sustancia estudiada. En metales está ella determinada por la movilidad de los electrones en la banda de conducción que depende de la temperatura.

De la relación

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

j : Densidad de corriente, E : Campo eléctrico

para un conductor metálico largo de sección A y longitud d se deduce de aquí entonces una relación entre la corriente I a través del conductor y la tensión U que cae a lo largo del recorrido d :

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

Esta relación se aplica en el experimento para la determinación de la conductividad eléctrica en barras metálicas en una medición de cuatro conductores para tensión y corriente (Fig. 2). Para ello, se impregna una corriente I a través de dos conductores de entrada y se mide la caída de tensión U que resulta

entre dos puntos de contacto a una distancia d entre sí. Como el área A de la sección es conocido, se puede calcular σ .

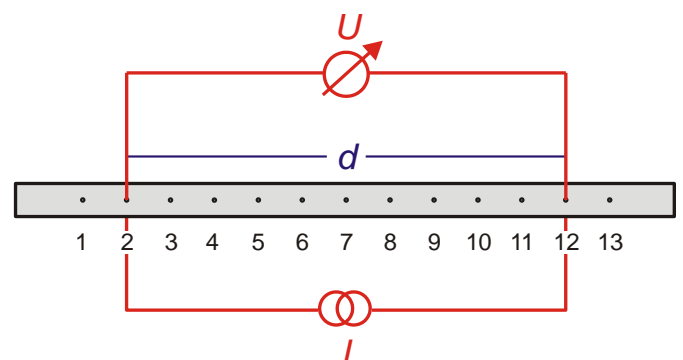


Fig. 2: Representación esquemática de medición de cuatro conductores

LISTA DE APARATOS

1	Barra conductora del calor Al	1017331 (U8498292)
1	Barra conductora del calor Cu	1017330 (U8498291)
1	Fuente de alimentación de CC	
0	1 - 32 V, 0 - 20 A @230V	1012857 (U11827-230)
1	Fuente de alimentación de CC	
0	1 - 32 V, 0 - 20 A @115V	1012858 (U11827-115)
1	Microvoltímetro @230V	1001016 (U8530501-230)
0		
1	Microvoltímetro @115V	1001015 (U8530501-115)
1	Multímetro digital E	1006809 (U8531050)
1	Juego de 15 cables de experimentación, 2,5 mm ²	1002841 (U13801)

MONTAJE

- Se coloca la barra conductora de calor de cobre resp. de aluminio sobre una base aislada.
- El casquillo de salida "-" en el reverso de la fuente de alimentación se conecta con el orificio lateral a la altura del segundo punto de medición de la barra conductora de calor (Fig. 2). El casquillo de salida "+" en el reverso de la fuente de alimentación se conecta con el orificio lateral a la altura del doceavo punto de medición. Se intercala en serie el multímetro digital para realizar la medición de la corriente.
- Se pone en cortocircuito la entrada del microvoltímetro y se compensa a cero la indicación por medio del ajuste de Offset de CC. La compensación a cero se comprueba con regularidad a lo largo de las mediciones.
- Se conectan dos puntas de medición en la entrada de casquillos de seguridad de 4 mm del microvoltímetro.
- En el microvoltímetro, la frecuencia límite superior se ajusta en "OFF" por medio del regulador giratorio "Filtro Hz" y el alcance de medida se fija en hasta 200 μV CC.

REALIZACIÓN

Observaciones:

Se debe tener en cuenta la máxima carga de corriente permitida de 20 A.

Tensiones termoeléctricas en los puntos de medición pueden limitar la exactitud de medición.

La distancia relativa entre los puntos de medición vecinos es de $d_{N+1} - d_N = 4$ cm, es decir, $d_{N+k} - d_N = k \cdot 4$ cm.

Dependencia con la distancia

- La fuente de alimentación se ajusta de tal forma que se tenga una corriente I de aprox. 10A a lo largo de la barra de conducción del calor. Se lee y se anota el valor en el multímetro.
- Con la punta de medición se hace contacto con el segundo ($N = 2$) punto de medición, el cual está conectado con el casquillo de masa del microvoltímetro.
- Con la otra punta de medición se hace contacto secuencialmente desde el tercer al doceavo punto de medición. Se leen las tensiones U en el microvoltímetro y se anotan en la Tab. 1.

Dependencia con la corriente

- En la fuente de alimentación se ajusta la corriente desde 1 A hasta 10 A en pasos de 1 A. Se leen los valores en el multímetro y se anotan en la Tab. 2.
- En cada paso de medición se mide, con las puntas de medición, la tensión entre el segundo y el doceavo punto de medición ($d = 40$ cm) (se tiene en cuenta la polaridad). Se lee el microvoltímetro y se anotan en la Tab. 2.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

Tab. 1: Tensiones medidas en dependencia con la distancia entre los puntos de medición, $I = 9,92$ A (cobre) resp. 9,90 A (aluminio).

N	$d = d_N - d_2$	$U / \mu\text{V}$	
		Cobre	Aluminio
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: Tensiones medidas en dependencia con la corriente, $d = 40$ cm.

Cobre		Aluminio	
I / A	$U / \mu\text{V}$	I / A	$U / \mu\text{V}$
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

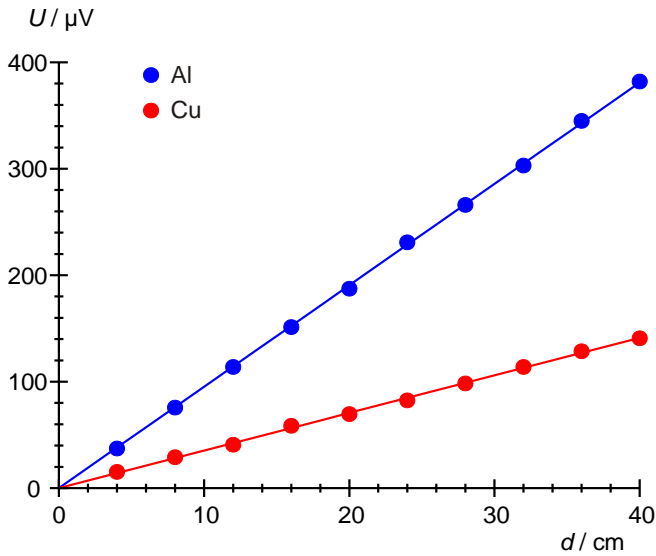


Fig. 3: Diagrama U-d para cobre y aluminio

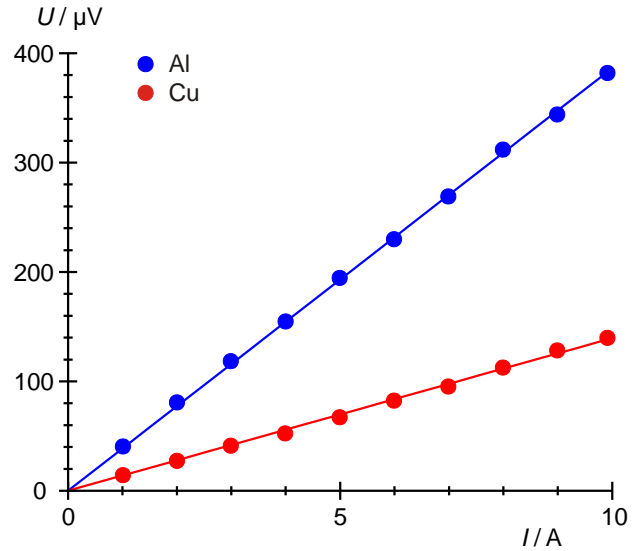


Fig. 4: Diagrama U-I para cobre y aluminio

EVALUACIÓN

Dependencia con la distancia

- Las Tensiones medidas U (Tab. 1) en dependencia con las distancia, para la barra conductora de calor de cobre y la barra conductora de aluminio se representan en un diagrama (Fig. 3) y en cada una de ellas se adapta una recta entre los puntos de medición.

Observación:

Las tensiones de contacto entre la punta de medición y la barra metálica, si es el caso, se pueden notar por un desplazamiento de las rectas con respecto al origen de coordenadas.

La pendiente de las rectas que se obtienen es según (2)

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

Como I y A son conocidas se puede calcular la conductividad:

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

Dependencia con la corriente

- Las tensiones medidas U (Tab. 2) en dependencia con la corriente I para la barra conductora de calor de cobre y la barra conductora de calor de aluminio se representan en un diagrama (Fig. 4) y en cada una se adapta una recta entre los puntos de medición.

Observación:

Las tensiones de contacto entre la punta de medición y la barra metálica, si es el caso, se pueden notar por un desplazamiento de las rectas con respecto al origen de coordenadas.

La pendiente de las rectas que se obtienen es según (2)

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

Como d y A son conocidas se puede calcular la conductividad:

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

Los resultados de medida para el cobre concuerdan muy bien con el valor bibliográfico de $\sigma = 58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. La comparación con el valor bibliográfico para aluminio puro de $\sigma = 37 \cdot 10^6 \text{ S/m}$, muestra que la barra conductora de calor no es de material de aluminio puro sino que se compone de una aleación de aluminio.

Observación:

En el experimento se utilizan las mismas barras metálicas con las cuales se estudió la conducción de calor en el experimento UE2020100. Con dos puntas de medición se mide la caída de tensión entre los dos puntos de medición, los cuales se pueden utilizar para la medición de temperatura a lo largo de las barras.

Comparando los valores de medida con los valores obtenidos para la conductividad calórica en el experimento UE2020100 se puede comprobar la ley de Wiedemann - Franz. Ésta describe la proporcionalidad entre la conductividad calórica λ y la conductividad eléctrica σ de metales con un factor de proporcionalidad universal L (Número de Lorenz) dependiente de la temperature:

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

T : Temperature

