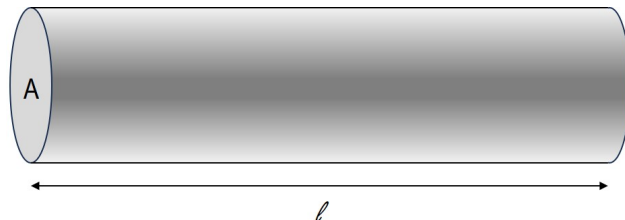


Temperatuursafhankelijkheid van de soortelijke weerstand van een koperdraad

Jul Comhaire, Jente Delnoij, Leandro Matthys, Mathias Meersschaut

19 december 2023

1 Theorie



Figuur 1: Schematische voorstelling van een geleider.

De elektrische weerstand R van een koperdraad is evenredig met zijn lengte l en omgekeerd evenredig met de dwarsdoorsnede A :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Hierin is ρ de soortelijke weerstand uitgedrukt in Ωm . De soortelijke weerstand is afhankelijk van de samenstelling en de puurheid van het materiaal en ook van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe hoger de weerstand wordt. Deze temperatuursafhankelijkheid wordt gegeven [2] door volgende formule:

$$\rho(T) = \rho_0 \exp(\alpha T) \quad (2)$$

ρ_0 is de soortelijke weerstand van het materiaal bij $0K$, α is de temperatuurscoëfficiënt van het materiaal (in K^{-1}) en T is de absolute temperatuur (in K).

Voor relatief kleine variaties van de temperatuur [1] kan (2) vereenvoudigd worden tot :

$$\rho(T) = \rho_c [1 + \alpha(T - T_c)] \quad (3)$$

met T_c een referentietemperatuur en ρ_c de soortelijke weerstand bij deze referentietemperatuur.

In de literatuur [2, 3] vinden we dat de soortelijke weerstand van koper bij 20°C (293.15 K) $\rho_{Cu} = 1.75 \cdot 10^{-8} \Omega m$ en de temperatuurscoëfficiënt $\alpha = 0.0039 K^{-1}$. Zo worden (2) en (3) voor koper:

$$\rho_{Cu}(T) = 1.75 \cdot 10^{-8} \exp(\alpha T) \Omega m \quad (4)$$

$$\rho_{Cu}(T) = 1.75 \cdot 10^{-8} [1 + 0.0039(T - 293.15)] \Omega m \quad (5)$$

2 Proef

Het doel van deze proef is om de temperatuursafhankelijkheid van soortelijke weerstand van koper, ρ_{Cu} , te bepalen. Dit doen we door de weerstand R van een kopergeleider op te meten bij verschillende temperaturen. Volgens (1) geldt immers:

$$\rho(T) = R(T) \frac{A}{l} \quad (6)$$

Omdat ρ -waarden van een geleider typisch erg klein zijn (van de orde $10^{-8} \Omega m$), kiezen we voor een zo dun mogelijke en lange geleider, zodat de weerstandswaarden binnen het meetbereik van de multimeter vallen.

We nemen een koperdraad met een lengte $l = 100 m$ en een dwarsdoorsnede $A = 0.8 \cdot 10^{-6} m^2$. Voor deze specifieke waarden verwachten we een meetbare weerstand: $R = \rho \frac{l}{A} \approx 10^{-8} \frac{100}{10^{-6}} \Omega \approx 1 \Omega$.

FYI: bij 20°C zou je dan ongeveer een $R \approx 2.2\Omega$ moeten vinden.

De gemeten temperatuurpunten zijn deze van vloeibare stikstof (77 K), droogijs (195 K), temperatuur in diepvriezer (255 K), in frigo (277 K), op kamertemperatuur (293 K) en de temperatuur van kokend water (373 K). De weerstand werd opgemeten met een (type/soort) multimeter in de (gevoeligheid-stand)-stand. De fout op de meetwaarden kunnen afgeschat worden op Ω . Onderstaande tabel toont de meetwaarden.

T (K)	R (Ω)	ρ ($10^{-8} \Omega m$)
77 \pm \pm
195 \pm \pm
255 \pm \pm
277 \pm \pm
293 \pm \pm
373 \pm \pm

Tabel 1: Opgemeten weerstand bij 6 verschillende temperaturen en de daaruit berekende ρ_{Cu} volgens (6).

De fout op ρ werd als volg berekend:
foutberekening.

3 Analyse

Maak hier een plot van ρ ifv T : dit zou ca. een rechte moeten geven. (behalve misschien bij 77K en 373 K – zie verder).

Fit de datapunten met een 1e-gradsfunctie. De richtingscoëfficiënt geeft je dan α (zie eq (5)).

Of fit met correcte exponent-functie en bepaal zo α

Voeg ook foutberekening op α toe.

4 Discussie

Vergelijk de waarde voor ρ bij 293 K met de literatuurwaarde ($\rho_{Cu}(20^\circ C) = 1.75 \cdot 10^{-8} \Omega m$) en bespreek.

Vergelijk ook de gevonden waarde voor de temperatuurscoëfficiënt α met de literatuurwaarde ($\alpha = 0.0039 K^{-1}$) en bespreek.

We verwachten dat de waarden die we zullen vinden bij 77 K en 373 K mogelijks afwijken van lineair verloop, omdat dan (misschien) de benadering van (4) door (5) niet meer helemaal opgaat. Check dit met de gevonden data. In welk bereik werkt de benadering goed?

Andere opmerkingen...

5 Besluit

$\rho(T)$ voor een kopergeleider bepaald. Uit het temperatuursverloop werd vervolgens α bepaald. Blablabla.

Referenties

- [1] D.C. Giancoli, *Physics for scientists and Engineers with modern physics*, Pearson Education inc., New York, 2008, p. 658-659.
- [2] ANONIEM, Soortelijke weerstand, internet, *Wikipedia*, 9 dec 2023, ([https://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke weerstand](https://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_weerstand)).
- [3] R.A. Matula, Electrical resistivity of Copper, Gold, Palladium and Silver, internet, *NIST*, (<https://srdata.nist.gov/JPCRD/jpcrd155.pdf>).