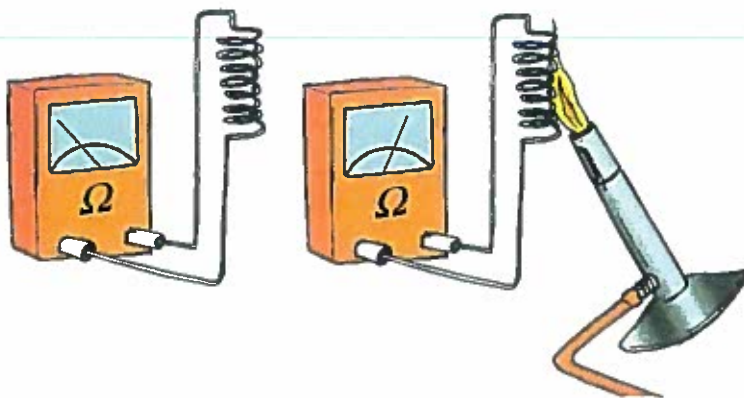


## 5 Resistansens temperaturafhængighed

Lad os tænke os, at vi måler resistansen for et stykke metaltråd, der har stuetemperatur. Hvis vi gentager målingen, mens vi holder tråden ind i en flamme, vil vi se, at resistansen stiger, når tråden bliver varm.



Temperaturen kan på to forskellige måder få indflydelse på en leders resistans. Det kan vi indse på følgende måde:

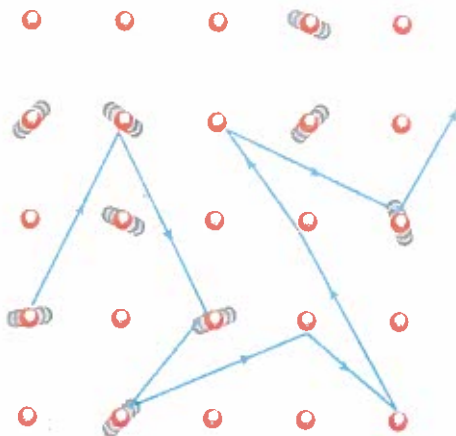
Alle atomer i et metals krystalgitter vil vibrere omkring bestemte ligevægtspositioner. Atomerne vil vibrere kraftigere, jo højere temperaturen er. Dette betyder, at de frie elektroner på deres vej gennem lederen vil støde mod atomerne og dermed miste energi.

Resistansen i en leder skyldes dels elektronernes sammenstød med vibrerende atomer, dels sammenstød med urenheder i krystalgitteret.

Jo højere temperaturen er, jo oftere vil elektronerne støde sammen med de vibrerende atomer og derved bremses på deres vej. Elektronerne møder altså øget modstand, så strømmen svækkes. Konsekvensen af dette er, at resistiviteten stiger med temperaturen.

En direkte modsat virkning har det imidlertid, at en højere temperatur giver forøget energi til elektronerne. Herved vil flere elektroner få energi nok til at løsrive sig fra de yderste skaller. Antallet af frie elektroner i lederen bliver derfor større, og strømmen øges. Konsekvensen af dette er, at resistiviteten falder med temperaturen.

De fleste metaller er gode ledere. For gode ledere er antallet af frie elektroner i forvejen så stort, at det vil være den førstnævnte virkning, der er dominerende. Resistiviteten stiger derfor med temperaturen.



# ghed

stuetem-  
e, vil vi se,

sistans. Det

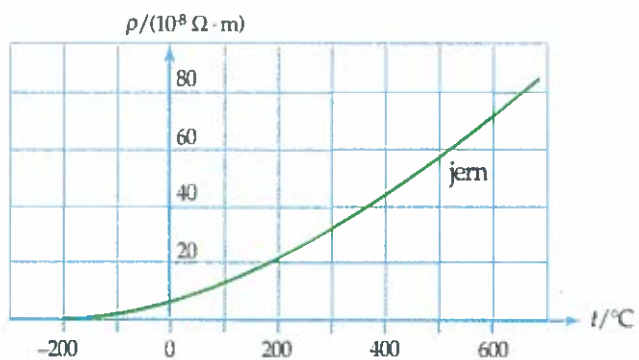
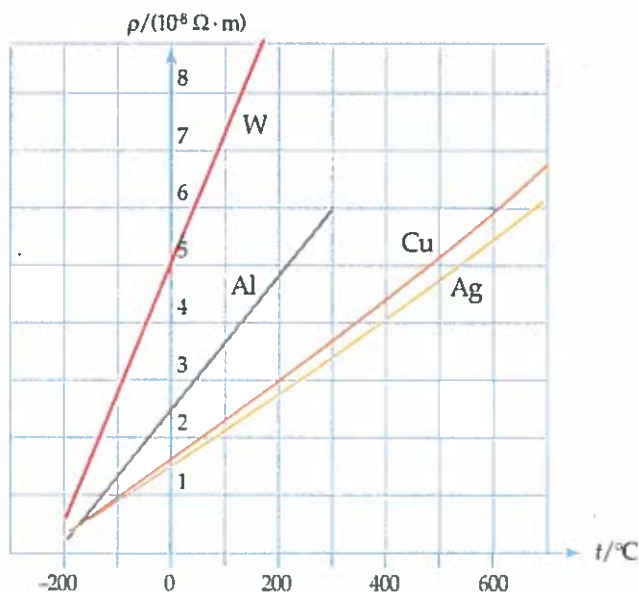
vægtsposi-  
øtyder, at  
og dermed

ibrerende

de vibre-  
øget mod-  
stiger med



Nedenstående figur viser, hvordan resistiviteten afhænger af temperaturen for nogle udvalgte metaller. Det ses at resistiviteten i nogle stoffer vokser lineært med temperaturen.



Med god tilnærmelse gælder der følgende sammenhæng mellem en leders resistivitet  $\rho_t$  ved temperaturen  $t$  og dens resistivitet  $\rho_0$  ved temperaturen  $0^\circ\text{C}$ :

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot t)$$

hvor  $\alpha_0$  er en materialekonstant, som kaldes *resistanstemperaturkoefficienten*, eller bare *temperaturkoefficienten*. Resistansen i en leder vil afhænge af temperaturen på samme måde:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot t)$$

hvor  $R_0$  er resistansen ved temperaturen  $0^\circ\text{C}$ .

Resistanstemperaturkoefficient $\alpha_0$ i $(^\circ\text{C})^{-1}$	
Kobber	0,0048
Aluminium	0,0043
Konstantan	0,00004
Jern	0,0066
Wolfram	0,0048
Nichrom	0,00018
Sølv	0,00410

**6e** I en elektrisk varmeblæser, hvor glødetræden er af nichrom (legering af nikkel og chrom), er resistansen  $14 \Omega$  ved temperaturen  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vi vil beregne resistansen ved stuetemperatur? I tabellen finder vi  $\alpha_0 = 0,00018 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , og vi kan beregne resistansen ved  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$R_0 = \frac{R}{1 + \alpha_0 \cdot t}$$

$$= \frac{14 \Omega}{1 + 0,00018 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1500 \text{ }^\circ\text{C}} = 11,02 \Omega$$

Dernæst beregner vi resistansen ved  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot t)$$

$$= 11,02 \Omega \cdot (1 + 0,00018 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$= 11,1 \Omega$$



**14Ø** En kobbertråd har ved  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  en resistans på  $16,8 \Omega$ .  
Beregn trådens resistans ved  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**15Ø** Ved temperaturen  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  har en sølvtråd en resistans på  $7,2 \Omega$ .  
Beregn trådens resistans ved  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**e7** En elektromotor har i nogle timer stået i en fabrikshal, hvor temperaturen er  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Inden motoren startes måles resistansen i kobbervindingerne til  $0,46 \Omega$ . Når motoren har kørt i et par timer, måles resistansen til  $0,54 \Omega$ . Vi vil beregne temperaturen i kobberviklingerne.

Ligningen

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot t)$$

omformes til

$$R = R_0 + R_0 \cdot \alpha_0 \cdot t$$

Vi kan nu isolere temperaturen:

$$t = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot \alpha_0} = \frac{0,54 \Omega - 0,46 \Omega}{0,46 \Omega \cdot 0,0043 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

En aluminiumtråd sænkes ned i en blanding af is og vand. Med et ohmmeter bestemmes trådens resistans til  $210 \Omega$ . Tråden placeres derefter i kogende vand.

**Ø16**

Bestem trådens resistans i kogende vand.

I en beholder tappes der nu vand fra hanen, og aluminiumtråden flyttes fra det kogende vand over i denne beholder. Ohmmetret viser da  $225 \Omega$ .

Bestem vandets temperatur.

Find i tabeller resistivitet og temperaturkoefficient for kobber og for jern.

**Ø17**

Beregn for begge metallerne resistiviteten ved  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Aflæs de samme resistiviteter på kurverne side 127 og sammenlign med de beregnede.

Diskuter på det grundlag, hvor godt formlen  $\rho_t = \rho_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot t)$  beskriver sammenhængen mellem resistans og temperatur.

Eksperim

Målin

Vi kan be

Opvarm

Afbild gr

Bestem n

Projektfor

Vandst

Ved hjælp

peraturen

den en N1

Tegningen

vandoverf

sådan "va