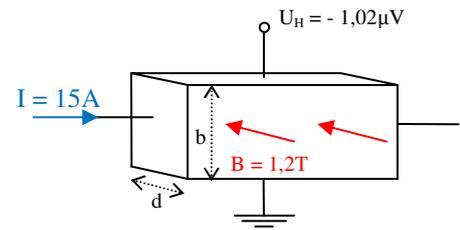


Physik * Q 11 * Halleffekt

1. Ein Kupferplättchen (Breite $b = 1,8\text{cm}$, Dicke $d = 1,0\text{mm}$) wird wie abgebildet in ein Magnetfeld der magnetischen Flussdichte $1,2\text{ T}$ gebracht.

Fließt durch das Kupferplättchen ein Strom der Stärke 15 A , so wird eine Hallspannung von $-1,02\text{ }\mu\text{V}$ gemessen.

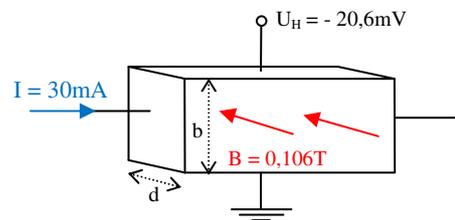


a) Bestimmen Sie die Hallkonstante R_H von Kupfer. Sind die freien Ladungsträger des Kupfers positiv oder negativ geladen? Um welche Teilchen handelt es sich also?

b) Bestimmen Sie die Ladungsträgerdichte n im Kupfer. Wie viele freie Ladungsträger pro Kupferatom ergibt das? [Angaben: Dichte von Kupfer: $8,92\text{ g/cm}^3$; Atommasse $63,4\text{ u}$; $u = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$]

c) Bestimmen Sie die mittlere Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger in Kupfer.

2. Bei einem Plättchen aus dem Halbleiter Germanium ist der Hall-Effekt deutlich stärker ausgeprägt. Das Plättchen hat die Breite $b = 1,2\text{cm}$ und die Dicke $d = 1,0\text{mm}$. Bei einer magnetischen Flussdichte von 106 mT und einer Stromstärke von 30mA misst man eine Hallspannung von $-20,6\text{ mV}$.



a) Bestimmen Sie die Hallkonstante R_H von Germanium und begründen sie, dass Elektronen den Ladungstransport bewerkstelligen.

b) Zeigen Sie, dass auf ein einziges freies Leitungs-Elektron weit mehr als $1000\ 000$ Germaniumatome kommen. [Angaben: Dichte von Germanium: $5,3\text{ g/cm}^3$; Atommasse $72,6\text{ u}$; $u = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$]

c) Bestimmen Sie die mittlere Driftgeschwindigkeit der Elektronen in Germanium! Vergleichen Sie mit dem entsprechenden Wert für Kupfer.

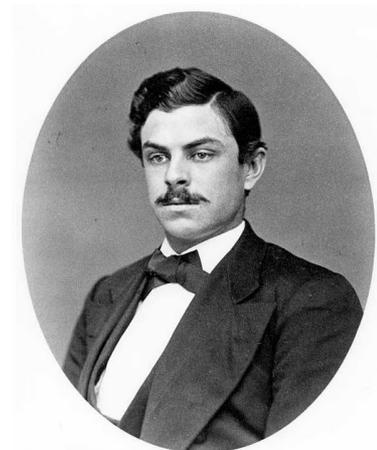
Merke:
$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d} \quad \text{und} \quad R_H = \frac{1}{n \cdot e}$$

n ist dabei die Ladungsträgerdichte, R_H die Hallkonstante,

z.B.
$$R_{H,\text{Silber}} = -9,0 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{As}} ; R_{H,\text{p-Ge}} = +5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

Mit 24 Jahren hat E. Hall (1879) im Laufe seiner Doktorarbeit, auf Anregung von Henry Augustus Rowland (1848-1901), den nach ihm benannten Halleffekt gefunden.

Details zum Halleffekt wurden 1880 im „American Journal of Science“ und im „Philosophical Magazine“ veröffentlicht.



Edwin Herbert Hall (1855-1938)

Physik * Q 11 * Halleffekt * Lösungen

$$1. \text{ a) } U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d} \Rightarrow R_H = \frac{U_H \cdot d}{I \cdot B} = \frac{1,02 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot 0,001 \text{ m}}{15 \text{ A} \cdot 1,2 \text{ T}} = 5,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

Nach der Polarität der Hallspannung müssen die Ladungsträger negativ geladen sein; es handelt sich also um Elektronen.

$$\text{b) } R_H = \frac{1}{n \cdot e} \Rightarrow n = \frac{1}{R_H \cdot e} = \frac{1}{5,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{As}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}} = 1,1 \cdot 10^{29} \frac{1}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{N \cdot 63,4 \text{ u}}{V} \Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{\rho}{63,4 \text{ u}} = \frac{8,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{63,4 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 8,5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$$

Auf ein Cu-Atom kommen also $\frac{1,1 \cdot 10^{29}}{8,5 \cdot 10^{28}} = 1,3$ freie Elektronen.

$$\text{c) } v_{\text{Drift}} = \frac{U_{\text{Hall}}}{b \cdot B} = \frac{1,02 \cdot 10^{-6} \text{ V}}{0,018 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ T}} = 4,7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,047 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$2. \text{ a) } U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d} \Rightarrow R_H = \frac{U_H \cdot d}{I \cdot B} = \frac{20,6 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 0,001 \text{ m}}{0,030 \text{ A} \cdot 0,106 \text{ T}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{As}}$$

Nach der Polarität der Hallspannung müssen die Ladungsträger negativ geladen sein; es handelt sich also um Elektronen.

$$\text{b) } R_H = \frac{1}{n \cdot e} \Rightarrow n = \frac{1}{R_H \cdot e} = \frac{1}{6,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{As}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}} = 9,6 \cdot 10^{20} \frac{1}{\text{m}^3}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{N \cdot 72,6 \text{ u}}{V} \Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{\rho}{72,6 \text{ u}} = \frac{5,3 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{72,6 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 4,4 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$$

Auf ein freies Elektron kommen also $\frac{4,4 \cdot 10^{28}}{9,6 \cdot 10^{20}} = 4,6 \cdot 10^7$ Ge-Atome.

$$\text{c) } v_{\text{Drift}} = \frac{U_{\text{Hall}}}{b \cdot B} = \frac{0,0206 \text{ V}}{0,012 \text{ m} \cdot 0,106 \text{ T}} = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

