

-EXERCICE 1.1-• **ENONCE :**

« Conductivité électrique d'un métal »

• La conduction électrique dans un fil de cuivre de rayon $R=0,5\text{mm}$ est assurée par des électrons libres de masse m , de charge $-e$, en nombre n par unité de volume.

• On donne : $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} =$ nombre d'Avogadro

$$\mu = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = \text{masse volumique du cuivre ;}$$

$$M_{\text{Cu}} = 63,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{masse atomique du cuivre}$$

1) Déterminer la « vitesse d'ensemble » v des électrons libres pour un courant $I = 3\text{A}$; on admettra que chaque atome de cuivre libère en moyenne un électron et que le vecteur densité de courant \vec{j} est uniforme.

2) On suppose que la vitesse \vec{v} est de la forme : $\vec{v} = -\frac{e\tau}{m} \times \vec{E}$, où τ est la durée moyenne

entre 2 chocs consécutifs, et \vec{E} le champ électrique subi par un électron ; exprimer la conductivité γ du cuivre en fonction de n, e, τ et m .

3) Montrer que la puissance dissipée par unité de volume vaut $\frac{dP}{d\tau} = \gamma E^2$ (= loi de Joule « locale »).

EXERCICE

 • CORRIGE :

« Conductivité électrique d'un métal »

 1) Le courant étant uniforme, on peut écrire : $j = \frac{I}{S} = \frac{I}{\pi R^2}$

 Par ailleurs : $\vec{j} = -ne\vec{v}$, avec $n = \frac{N_A}{(M_{Cu}/\mu)}$ \Rightarrow $v = \frac{M_{Cu} \times I}{\pi R^2 e \mu N_A}$ A.N : $v = 0,28 \text{ mm.s}^{-1}$

Rq : il ne faut surtout pas confondre cette « vitesse d'ensemble » d'un paquet d'électrons (ou de « dérive » le long du fil de cuivre), avec la vitesse individuelle d'un électron entre 2 chocs successifs, qui est de l'ordre de quelques 10^3 km.s^{-1} .

 2) On injecte la relation fournie par l'énoncé dans $\vec{j} = -ne\vec{v}$, pour obtenir :

 $\vec{j} = \frac{ne^2\tau}{m} \vec{E}$, que l'on identifie avec la loi d'Ohm locale $\vec{j} = \gamma \vec{E} \Rightarrow \gamma = \frac{ne^2\tau}{m}$

 3) Placé dans un champ électrique \vec{E} , un électron subit une force $\vec{F} = -e\vec{E}$; la force volumique subie par les électrons vaut donc : $\vec{f}_{vol} = \frac{d\vec{F}}{d\tau} = -ne\vec{E}$.

 On en déduit la puissance volumique de cette force : $\frac{dP}{d\tau} = -ne\vec{E} \cdot \vec{v} = \frac{ne^2\tau}{m} E^2 = \gamma E^2$

Rq : l'énergie électrique du champ \vec{E} est communiquée aux électrons sous forme d'énergie cinétique ; elle est ensuite transmise aux ions du réseau cristallin lors des « chocs ».

Les ions se mettent à vibrer davantage, et la température du fil s'élève : c'est cet aspect thermique macroscopique que l'on appelle « effet Joule ».