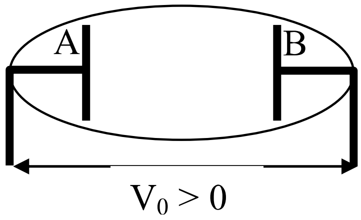
IV- Conduction

***Exercice 4.1:**

A) Déplacement des électrons dans le vide.

Dans un tube à vide se trouve deux plaques parallèles A et B, soumises à une différence de potentiel positif $V_A - V_B = V_0$ (voir figure ci-contre). On considère que les électrons quittent la plaque B par effet thermoélectrique avec une vitesse supposée nulle.



1) Quelle est la nature du mouvement des électrons.

2) Donner l'énergie cinétique des électrons lorsqu'ils atteignent A.

B) Déplacement des électrons dans un milieu conducteur; Lois d'Ohm et de Joule

I) On considère un conducteur homogène de forme cylindrique et de section S. On soumet les deux extrémités A et B du cylindre à une d.d.p. V_0. On constate que le conducteur est traversé par un courant électrique d'intensité I donnée par:

$I = \frac{V_0}{R}$ où R est une constante caractéristique du conducteur appelée résistance.

1) Représenter les lignes de courant et montrer que le vecteur densité de courant $\vec{i}$ est constant.

2) Etablir la relation qui lie le vecteur densité de courant $\vec{i}$ au vecteur champ électrique $\vec{E}$.

3) En déduire le vecteur vitesse de dérive $\vec{v}$ des électrons dans le conducteur.

4) Comparer au résultat obtenu en A.

II) Lors de leur déplacement dans un conducteur; les électrons , de vitesse $\vec{v}$ sont soumis à une force de frottement de type visqueux $\vec{f} = -k\vec{v}$, où k représente une constante caractéristique du matériau conducteur.

1) Etablir l'équation différentielle du mouvement des électrons soumis à la force électrique et la force de frottement.

2) Vérifier que la fonction: $v = v_{\lim}[1 - \exp(-t/\tau)]$, est solution de l'équation précédente. Déterminer la vitesse limite v_{lim} et la constante de temps τ en fonction du champ électrique $\vec{E}$, de la masse de l'électron m , de sa charge électrique e et du coefficient k .

3) Déterminer le travail de la force de frottement lorsque l'électrons se déplace de B à A. Sous quelle forme d'énergie se retrouve-t-il?

4) Quelle est la puissance calorifique dégagée dans le conducteur lorsqu'il est parcouru par un courant I

***Exercice 4.2 :**

Un conducteur cylindrique de cuivre, de section s = 1 mm^2 et de longueur L = 10 m, est parcouru par un courant constant de 5 A.

1. Calculer le module du vecteur densité de courant.
2. Calculer le nombre d'électrons libres par unité de volume sachant qu'un atome de cuivre libère un électron.

On donne : La masse atomique du cuivre M = 64 g, sa masse volumique ρ_{Cu} = 8900 kg/m^3 et le nombre d'Avogadro N = $6.023.10^{23}$.

3. Calculer la valeur de la vitesse de dérive des électrons libres.

Exercice 4.3 :

Un cylindre homogène en argent de diamètre d égal à 1.2 mm et de longueur l égale à 42cm, est parcouru par un courant I=50A lorsque la ddp, appliquée entre ses deux bases vaut V=0.3 V.

1) Calculer la conductivité γ de l'argent.

2) Sachant que chaque atome d'argent libère un électron pour la conduction, trouver 1e nombre n d'électrons libres par mètre cube. On rappelle que pour l'argent le nombre de masse est A=108 et la masse volumique $\rho = 10.5\ g/cm^3$.

3) À partir deux expressions différentes du vecteur densité de courant, trouver la vitesse de dérive des électrons de conduction.

4) Calculer la mobilité μ des porteurs de charges libres pour l'argent.

Exercice 4.4 :

Un fil de cuivre, de section $S=1mm^2$ et de longueur 1=58cm, transporte une charge de 22500 C en 1h15mn. Le cuivre contient $8.4\ 10^{22}$ électrons par cm^3.

1) Quelle est l'intensité du courant qui parcourt le fil?

2) Trouver la vitesse de dérive $\vec{v}$ des électrons.

3) Au cours de leur mouvement, les électrons sont soumis, de la part des ions du réseau, à une force de frottement de la forme $\vec{f} = -k\vec{v}$. Sachant que la constante k est égale à $3.7\ 10^{-17}$ (MKSA), calculer la résistance du fil de cuivre.

Exercice 4.5 :

Un solénoïde de longueur 10 cm porte 8 couches de spires circulaires de diamètre de 10 cm à raison de 2500 spires par mètre. Le fil est un conducteur dont la conductivité $\gamma = 10^8\ \Omega^{-1}m^{-1}$.

1) Calculer la résistance du solénoïde.

2) Quelle est l'intensité du courant dans le solénoïde quand il est soumis à une d.d.p de 100V?

***Exercice 4.6 :**

Un fil de cuivre cylindrique de diamètre *d* = 1mm et de longueur *l* = 1m est parcouru par un courant constant d'intensité *I* = 1 *A*.

Il satisfait la loi d'Ohm microscopique $\vec{j} = \gamma\vec{E}$

Données concernant le cuivre:

masse molaire M = 63.4g/mol , masse volumique $\mu = 8.9 g/cm^3$;

numéro atomique: Z = 29

résistivité à 200 °C : $r = \gamma^{-1} = 1.710^{-8} \Omega.m$ où γ est la conductivité. Il y a un électron de conduction par atome de cuivre. La charge de l'électron: $-e = -1.6\ 10^{-19}$ C; nombre d'Avogadro: $N = 6.0210^{23}$ molécules/mol

1. Quel est la forme des lignes de champ électrique et des lignes de courant dans les deux cas suivants:

1) le fil est rectiligne;

2) le fil forme une boucle circulaire ($l >> d$) .

3) Donner l'expression algébrique de la densité volumique de charge mobile ρ (*m*) en fonction de *e* ,µ ,M , et N . Comparer aux densités volumiques de charge positive ρ^+ et de charge négative ρ^-.
4) En utilisant la loi d'Ohm microscopique, retrouver la loi d'Ohm macroscopique, puis l'expression algébrique de la résistance du fil en fonction de *d* , *l* et *r* .
5) Evaluer numériquement:
    a. La résistance *R* du fil.
    b. La densité de courant j
    c. La chute de potentiel *V* entre les extrémités du fil et la puissance dissipée.
    d. La densité volumique de charge mobile.
    e. La vitesse moyenne des électrons de conduction. La comparer `a leur vitesse d'agitation thermique et à la vitesse de la lumière.

Exercice 4.7 :

La conductivité électrique dans les métaux est due à la présence d'électrons libres. Le cuivre, à l'état métallique libère un électron par atome. On considère un fil de cuivre de section S = 1 mm^2, de masse volumique ρ = 8.9 $g.cm^{-3}$ et de masse molaire m_{Cu} = 63.6 g/mol. On rappelle que le nombre d'Avogadro est N = 6.02 10^{23} at/mol.

1- Calculer la densité électrique dans le fil
2- Le fil étant parcouru par un courant électrique I = 10 A, calculer la densité de courant j et la vitesse des électrons.
3- On crée une différence de potentiel aux bornes du fil et donc un champ électrique uniforme E dans le métal. Les électrons sont soumis à l'action de la force électrique et à une force de frottement visqueux de la forme :

$$\vec{f} = -\frac{m}{\tau}\vec{v}$$

Qui rend compte, en moyenne, des collisions entre les électrons et les impuretés du cuivre, τ est le temps moyen entre deux chocs.

a- Etablir la loi de variation de la vitesse des électrons en fonction du temps sachant que la vitesse est nulle à t = 0 s.
b- Calculer la vitesse des électrons à l'équilibre
c- Calculer la densité de courant dans le fil et déduire la conductivité électrique du cuivre. A.N : τ = 4.22 10^{-15} s et m = 9.109 10^{-31} kg.
d- Calculer la résistance d'un mètre de fil.

Exercice 4.8 :

On reprend les données de l'exercice 3.8 :

1.En utilisant la loi de joule locale ($\vec{j} = \gamma\vec{E}$), déterminer la résistance de fuite.

2. Quelle relation lie la capacité à la résistance de ce condensateur