

06/10/2016

Concours d'accès au doctorat LMD
« Matériaux Optoélectroniques et énergie »

Epreuve : Propriétés physiques de la matière

Durée : 1h30mn

Exercice 1 (10 points) :

- 1- Dédurre une expression de l'énergie de Fermi d'un métal à électrons libres à la température zéro. En utilisant les données fournies, ainsi que toutes les autres constantes, d'évaluer l'énergie de Fermi des métaux alcalins.

	Li	Na	K	Rb	Cs
Densité (g.cm ⁻³)	0.534	0.971	0.86	1.53	1.87
Masse atomique	6.939	22.99	39.102	85.47	132.905

- 2- Montrer qu'à 0 ° K l'énergie moyenne par particule pour les électrons obéissant à la statistique de Fermi-Dirac est :

$$\frac{3}{5} E_F(0)$$

où $E_F(0)$ est l'énergie de Fermi à $T = 0$.

Exercice 2 (10 points) :

- ✓ Définir un cristal ionique.
- ✓ Qu'est ce qui assure la cohésion d'un cristal ?
- ✓ Citer un exemple de solide ionique et donner sa structure.
- ✓ Définir l'électronégativité d'un élément.

Expliquer la différence entre :

- ✓ Un semi-conducteur dégénéré et un semi-conducteur non dégénéré
- ✓ Un semi-conducteur a gap direct et un semi-conducteur a gap indirect. Dans ce cas faire un schéma simplifié illustrant les bandes d'énergie de ces deux types de semi-conducteur.

Concours d'accès au doctorat LMD
« Matériaux Optoélectroniques et énergie »

06/10/2016

Epreuve : Propriétés physiques de la matière
Durée : 1h30mn

Solution 1 (10 points) :

1. Expression de l'énergie de Fermi d'un métal à électrons libres

Considérons le nombre total d'électrons par unité de volume du métal :

$$n = \int_0^{\infty} N(E) dE$$

où $N(E) dE$ est le nombre d'électrons dans la gamme d'énergie E et $E + dE$. A zéro absolu tous les états au dessous de E_F y compris E_F sont doublement occupés et tous ceux ci-dessus E_F sont vides. La densité de la fonction d'états est tout simplement :

$$N(E) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar}\right)^{3/2} E^{1/2}$$

Par conséquent

$$n = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar}\right)^{3/2} \int_0^{E_F(0)} E^{1/2} dE$$

$$\text{et } E_F(0) = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3}$$

Les valeurs de l'énergie de Fermi des métaux alcalins sont :

	Li	Na	K	Rb	Cs
E_F (eV)	5.22	3.15	2.05	1.78	1.59

2. De la fonction de distribution de Fermi-Dirac, le nombre d'électrons dn , dans l'intervalle E à $E + dE$ est :

$$dn = \frac{c E^{1/2} dE}{1 + \exp\left[\frac{(E - E_F)}{kT}\right]}$$

$$\text{Ou : } c = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar}\right)^{3/2}$$

L'énergie moyenne des électrons libres est donc

$$\bar{E} = \frac{\int_0^{\infty} \frac{c E^{3/2} dE}{1 + \exp\left[\frac{(E - E_F)}{kT}\right]}}{\int_0^{\infty} \frac{c E^{1/2} dE}{1 + \exp\left[\frac{(E - E_F)}{kT}\right]}}$$

à $T = 0$:

$$\bar{E} = \frac{3}{5} E_F(0)$$

4,5

4
1
1

1

2

4,5

4,0

Exercice 2 (10 points) :

1. Définir un cristal ionique. (1)

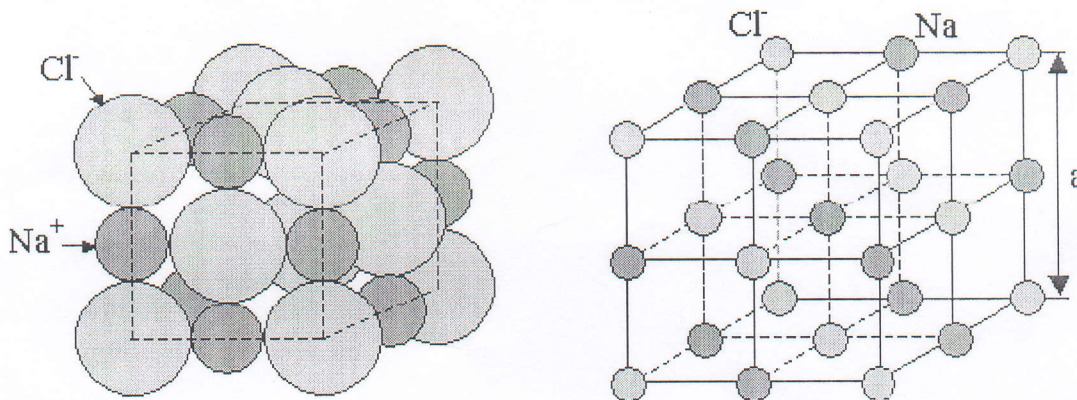
Un solide ionique est une espèce chimique neutre composé d'anions et de cations

2. Qu'est ce qui assure la cohésion d'un cristal ? (1)

La cohésion de l'édifice est assurée par de fortes interactions électrostatiques coulombiennes attractives (entre tous les anions et les cations du cristal). Cet ensemble d'interactions électrostatiques définit la liaison ionique.

3. Citer un exemple de solide ionique et donner sa structure. (0,2)

Le chlorure de sodium NaCl(s)



4. Définir l'électronégativité d'un élément. (1)

Les atomes qui captent facilement des électrons sont très électronégatifs. Ils sont en haut et à droite dans le tableau des éléments. Ceux qui perdent facilement des électrons sont peu électronégatifs. Ils sont en bas et à gauche dans le tableau des éléments.

A- Un semi-conducteur :

(1,25) -Non dégénéré est un semi-conducteur dont le niveau de Fermi est situé dans l'intervalle énergétique entre la bande de conduction et la bande de valence à savoir dans la bande interdite.

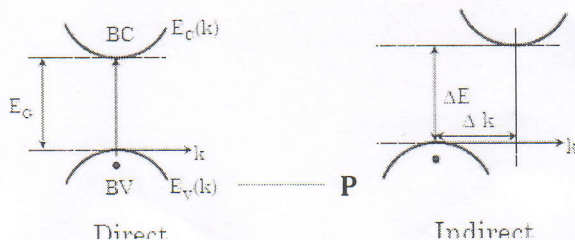
Cas de fonctionnement de la plus part des composants.

(1,25) -Dégénéré est un semi-conducteur dont le niveau de Fermi est situé dans une bande permise, bande de valence ou bande de conduction. Cet état est réalisé par un fort dopage.

B- Un gap est :

(1) 1- Direct correspond à une situation où le maximum de la bande de valence se trouve au même point de la zone de Brillouin que le minimum de la bande de conduction.

(1) 2- Indirect si le maximum de la bande de valence ne se trouve au même point de la zone de Brillouin que le minimum de la bande de conduction.



(0,15)
2/1