LP 36 Diffraction par des structures périodiques

Maxime

Agrégation 2019

Contents

0.1 Introduction . . . 2

1 Diffraction d'une onde électromagnétique par un réseau de fentes 2

1.1 Calcul de l'intensité diffractée . . . 2

1.2 Approche géométrique . . . 2

1.3 Comparaison avec l'expérience . . . 2

1.4 Application : le spectromètre . . . 3

2 Diffraction pas des réseaux à plusieurs dimension 3

2.1 Formule de Bragg . . . 3

2.2 Diffraction d'électrons . . . 3

2.3 Mesure des paramètres de maille du graphite . . . 3

0.1 Introduction

Pré requis : interférences, diffraction, bases de mécanique quantique.
Rappel concept de diffraction.

1 Diffraction d'une onde électromagnétique par un réseau de fentes

1.1 Calcul de l'intensité diffractée

Image figure obtenue.

$$\psi(\nu) \propto \int t(\vec{r}) e^{-2i\pi\vec{\nu}.\vec{r}} d^3r \tag{1}$$

$$I \propto I_0 l^2 \, sinc^2(\pi u l) \tag{2}$$

avec $u = \frac{\sin\theta - \sin\theta_0}{\lambda}$
Calcul dans le cas d'un réseau : la transmitance est alors un peigne de Dirac.
On obtient alors

$$I = |\psi|^2 = l^2 \, sinc(\pi u l) \frac{\sin^2(N\pi u a)}{\sin^2(\pi u a)} \tag{3}$$

Commenter une figure représentant l'intensité, en parlant d'inversion des échelles.
On y associe l'interfrange $i = \frac{\lambda D}{a}$.

On observe que l'intensité est maximale pour

$$\sin\theta = \frac{p\lambda}{a} \tag{4}$$

On en déduit

$$\sin\theta - \sin\theta_0 = \frac{p\lambda}{a} \tag{5}$$

c'est la formule dite formule des réseaux.

1.2 Approche géométrique

figure : calcul de la différence de chemin optique pour avoir des interférences constructives, on en déduit la formule des réseaux.

1.3 Comparaison avec l'expérience

On mesure l'interfrange de la figure d'interférence produite par un réseau, et on regarde si la valeur du pas du réseau a obtenue est en accord avec celle donnée par le constructeur.

1.4 Application : le spectromètre

schéma de principe.
On a, la dispersion angulaire qui est définie, dans le cas $\theta_0 = 0$ (c'est à dire $\theta = D$) comme

$$\mathcal{D}_a = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{p}{a\cos\theta} \tag{6}$$

La dispersion linéique est quand à elle

$$\mathcal{D}_l = \frac{dX}{d\lambda} \qquad X = f\sin\theta \tag{7}$$

$$\mathcal{D}_l = f\frac{d\sin\theta}{d\lambda} = \frac{fp}{a} \tag{8}$$

Définition de pouvoir de résolution. Calcul.

2 Diffraction pas des réseaux à plusieurs dimension

On élargit le cas précédent à 3D. Il existe des cas dans la nature : les mailles cristallines. Exemple de la maille cubique.

2.1 Formule de Bragg

On l'établit géométriquement. Discussion sur les longueurs d'ondes utilisables pour sonder la matière, il faut utiliser des rayons X. Mais, dualité onde corpuscule : on peut utiliser des particules, ici notamment des électrons.

2.2 Diffraction d'électrons

Formules de de Broglie. Cas des électrons.

2.3 Mesure des paramètres de maille du graphite

Schéma du dispositif, principe utilisé pour accélérer les électrons. Calcul de λ_{db} pour les électrons envoyés par le dispositif considéré. On applique Bragg. On trace ensuite D (le diamètre des anneaux) en fonction de $1/\sqrt{U}$ avec U la tension. Dans la pratique on a D_1 et D_2 car il y a deux longueur caractéristiques pour la maille hexagonale. On remonte aux paramètres de maille à partir des deux coefficients directeur de nos droite.

Questions

Vous parlez en conclusion de diffraction des ondes acoustiques pour les échographies .. êtes vous sûr ?
Non. ça intervient mais ce n'est pas le principe.

Quel est le but d'une échographie ?

Vous nous montrez pour la photo d'une figure de diffraction pour maille cubique et on y voit des pics.. pourquoi voit on des cercles dans la deuxième manip ?

Pourquoi utiliser des électrons plutôt que des rayons X ? Existe t'il d'autres types de diffraction ?

Est il possible pour la diffraction à 3D d'avoir $p \neq 1$?

Si l'approche géométrique est plus concise, pourquoi faire le calcul précédente ?
Par ce que cette deuxième approche est plus pauvre puisqu'elle ne tient pas compte de l'épaisseur des fentes.

Pour établir le PR du réseau, comment justifiez vous le $(\Delta u)_{1/2} = \frac{1}{L}$?

Remarques

Attention : il faut redéfinir les symboles dès qu'on réutilise un symbole pour une autre quantité.
Mettre des schémas pour le PR et pour l'invariance de Bragg par rotations.
Plutôt faire la méthode inductive pour la troisième partie : on part de l'observation pour introduire la théorie.
Le jury précise qu'il veut voir de la diffraction à 3D et avec autre chose que de la lumière.
On peux compacter le calcul pour les réseaux

$$I_1(u) \propto sinc^2(u) \tag{9}$$
$$I_N = \sum e^{in\phi} I_1(u) \tag{10}$$

suite géométrique

$$I_N = R(u) I_1(u) \tag{11}$$

Il y a deux facteurs : la périodicité, et la forme du motif diffractant.

Il faut enlever la première manip : enlever le spectromètre.

Pour savoir pourquoi il n'y a que l'ordre 1 pour les réseaux 3D regarder le résonateur acousto optique.

Parler de la diffraction de gros trucs : neutrons, atomes neutres, molécules...ect en ouverture. A regarder dans **panorama de la physique**