

Denis Morency

De: no-reply@www.usherbrooke.ca
Envoyé: 20 février 2015 09:48
À: Sciences-CentreImpression@USherbrooke.ca
Objet: COMMANDE EXAMENS
Pièces jointes: Intra-2015-PHQ585-23fevrier2015.pdf

TYPE-EXAMEN	INTRA
SIGLE-COURS	PHQ585
TITRE-COURS	Physique du solide
PROFESSEUR	Patrick Fournier
DATE-HEURE	23 février 2015, 13h30
AUTORISE-PAR	
NOMBRE-PAGES	5
NOMBRE-COPIE-PROF	12
IMPRESSION-QUESTIONNAIRE	Recto-verso broché
NOMBRE-FEUILLES-BLANCHES	0
NOMBRE-PAPIER-GRAPHIQUE	0
NOMBRE-CAHIERS	12
CONSENTEMENT-AGES	1
REMARQUES	
E-MAIL	
FIRST-NAME	
LAST-NAME	
NICK-NAME	
SPAMSHIELD	true

Examen intra-trimestriel

Chapitres 1 à 6

Note importante : Vous avez le droit d'utiliser une feuille synthèse de 8.5" × 11" écrite seulement sur le recto de tout ce que vous voulez de la matière incluant les chapitres 1 à 6. Vous pouvez (devrez) aussi utiliser une calculatrice.

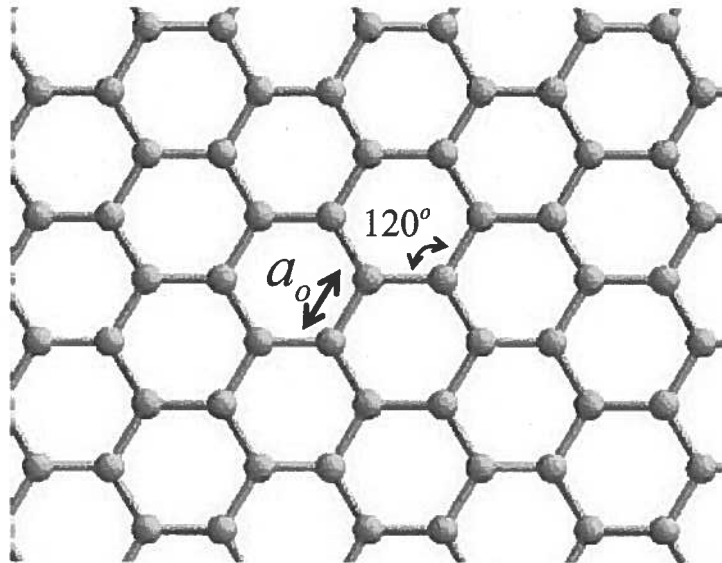
Dans cet examen intra-trimestriel, nous explorerons les propriétés physiques du **graphène**, un réseau bi-dimensionnel d'atomes de carbone liés par des liaisons σ entre orbitales hybridées sp^3 . Dans ce qui suit, nous traiterons de sujets reliés à chacun des six chapitres faisant l'objet du présent examen.

1 - Maille élémentaire du graphène

20

La structure cristalline bi-dimensionnelle du graphène est constituée d'atomes de carbone disposés sur un réseau en forme de nid d'abeille tel qu'illustré à la Figure 1-1 plus bas. Dans une telle structure, les atomes sont disposés sur les sommets d'hexagones avec des liens faisant des angles de 120° un par rapport à l'autre. À température nulle, les atomes sont tous séparés par une distance $a_o = 1.42 \text{ \AA}$.

Figure 1-1



Question A : Montrez que la maille élémentaire de ce réseau contient deux atomes. Redessinez ce réseau et montrez deux (2) exemples de mailles élémentaires différentes.

Question B : Définissez les vecteurs fondamentaux du réseau cristallin à partir d'un de vos deux choix de maille élémentaire plus haut. En utilisant un système d'axes orthogonaux (xy) avec une origine sur un atome, exprimez les vecteurs fondamentaux en fonction de a_0 : les axes des x et des y peuvent être placés comme vous le désirez. Suggestion : essayez de choisir une disposition qui simplifiera vos calculs.

2 - Réseau réciproque

20

Question A : Évaluez les vecteurs fondamentaux du réseau réciproque du graphène toujours en fonction de a_0 et projetés sur les axes orthogonaux x et y précédents. Sur un nouveau schéma du réseau cristallin, illustrez à nouveau les vecteurs fondamentaux de la structure cristalline et ajoutez les vecteurs du réseau réciproque.

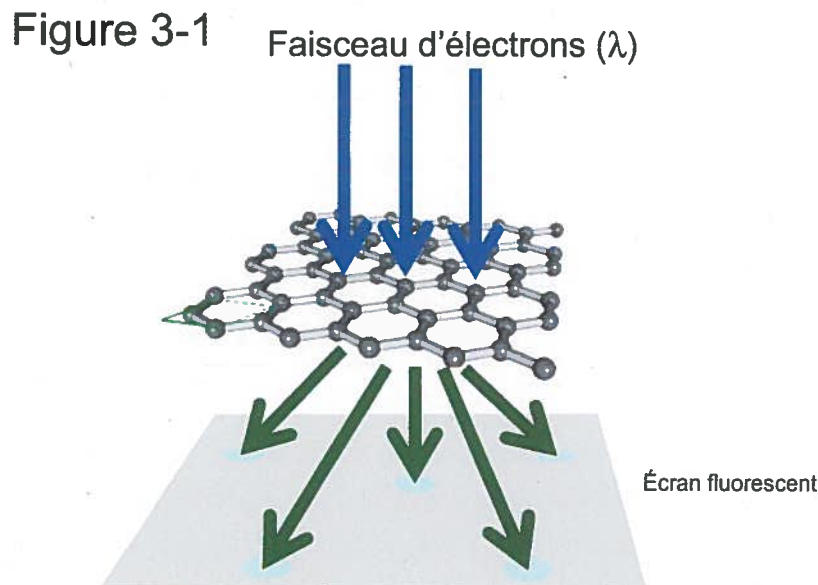
Question B : Pour ce réseau en 2D, quelle forme prendra le réseau dans l'espace réciproque ? Est-ce que ce sont des points ?

Question C : Dans le plan xy du réseau réciproque, quelle est la forme de la première zone de Brillouin ? Faites un schéma en vous basant sur le réseau défini par les vecteurs fondamentaux du réseau réciproque.

3 - Cristallographie du graphène

20

Dans une expérience de diffraction des électrons sur le graphène, un faisceau d'électrons incidents avec une longueur d'onde λ traverse le graphène pour former un patron de diffraction sur un écran dans une géométrie de type Laue par transmission tel qu'illustré à la Figure 3-1 plus bas.



Question A : Tenant compte de la présence d'une base à deux atomes et d'un réseau bidimensionnel, évaluez le facteur de structure de la maille F_{hk} . Y a-t-il des combinaisons de hk menant à des extinctions de pics de

diffraction attendus par la loi de Bragg? Évaluez F_{hk} pour $(hk) = (10)$, (01) et (11) . Est-ce que les intensités des pics de diffraction sont différentes pour ces trois valeurs? Comparez ensuite les intensités pour le trio $(hk) = (11)$, (22) et (33) . Suggestion : faire un tableau.

Question B : Quelle sera l'apparence du patron de diffraction en transmission du graphène sur l'écran illustré plus haut? Expliquez votre réponse.

Question C : Comment se distingue ce patron de diffraction de celui d'une structure hexagonale simple 2D (au lieu du nid d'abeille, un atome est aussi présent au centre de chaque hexagone)?

Question D : Évaluez les valeurs des distances interplan pour $(hk) = (10)$ et (11) . Évaluez l'angle de diffraction attendu pour ces deux ensembles d'indices de Miller si la longueur d'onde des électrons incidents est $\lambda = 1.2 \text{ \AA}$.

4 - Modes de vibration

20

Même si le graphène est un matériau bidimensionnel, les atomes le constituant peuvent bien sûr se déplacer hors de leur position d'équilibre avec un mouvement dans le plan mais aussi dans la direction hors plan.

Question A : En tenant compte d'un feuillet comptant N atomes, combien de branches acoustiques et de branches optiques seront observées pour ce système. Identifiez ces branches et faites un schéma des relations de dispersion attendues.

Question B : S'il y a des branches optiques, comment peut-on avoir celles-ci si toutes les masses sont identiques et si tous les liens entre atomes sont identiques?

Question C : En supposant que les trois branches acoustiques possèdent des vitesses du son différentes, quelle est la densité de modes dans le régime basse fréquence de ce système? Expliquez votre réponse.

5 - Gaz d'électrons en 2D

20

L'intérêt pour le graphène vient en partie du fait que les électrons présents dans cette structure bidimensionnelle formeront un gaz bidimensionnel d'électrons.

Question A : En supposant que les électrons ont une relation de dispersion identiques aux électrons libres dans un métal, mais seulement en 2D (pas de dispersion en z , montrez que la densité d'états pour ce gaz 2D d'électrons est bien une constante indépendante de l'énergie en supposant que le feuillet de graphène possède des dimensions latérales de $L \times L$.

Question B : Dans la réalité, la relation de dispersion des électrons soumis au potentiel périodique des atomes dans le graphène est linéaire du type : $E = v_c |\vec{k}|$ où v_c est une constante et \vec{k} ne possède des composantes que suivant le plan xy (toujours en 2D), formant ainsi un cône centré à $\vec{k} = \vec{0}$. Évaluez la densité d'états correspondante pour ces électrons.
