

19 mars 2026

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
LICENCE DE PHYSIQUE (L3) - 2025/2026
Physique fondamentale - Sciences de la matière
PHYSIQUE DU SOLIDE - Examen partiel

Aucun document n'est autorisé.

Durée de l'examen : 2 heures.

I - Structure cristalline à 2 dimensions

1. Donnez la définition d'un réseau de Bravais. Donnez tous les exemples que vous connaissez dans le cas bidimensionnel.
2. On considère un réseau rectangulaire centré avec une maille conventionnelle définie par les vecteurs $\vec{\alpha}_1 = \alpha_1 \hat{x}$ et $\vec{\alpha}_2 = \alpha_2 \hat{y}$ (avec $\alpha_1 > \alpha_2$), où $(\hat{x}, \hat{y})$ est un repère cartésien avec $\hat{x}$ et $\hat{y}$ des vecteurs unitaires. Dessinez cette maille conventionnelle. Puis, dessinez une maille élémentaire (ou primitive) en donnant les coordonnées, dans le repère cartésien, des vecteurs fondamentaux $\vec{a}_1$ et $\vec{a}_2$ choisis.
3. Combien d'atomes y a-t-il dans chacune des deux mailles de la question précédente ?
4. À 2 dimensions, on a des "lignes cristallines" qui peuvent être indexées par des indices de Miller (p_1, p_2) . Dessinez la ligne avec les indices $(1, 0)$ et $(1, 1)$ dans la maille conventionnelle. Quels sont les indices de ces deux lignes lorsque l'on se réfère aux axes primitifs (de la maille élémentaire) ?
5. Trouvez les composantes cartésiennes des vecteurs primitifs $(\vec{b}_1$ et $\vec{b}_2)$ du réseau réciproque correspondant au réseau rectangulaire centré.
6. Quel est le type du réseau réciproque ? Calculez l'aire de la maille élémentaire du réseau réciproque.
7. Le coefficient de remplissage est le rapport entre l'aire maximale occupée par des disques durs dans une maille et l'aire de celle-ci. Trouvez le coefficient de remplissage, en travaillant sur la maille rectangulaire conventionnelle, pour $r = \alpha_1/\alpha_2 \geq 1$. (Faire la distinction entre les cas $1 \leq r \leq \sqrt{3}$ et $r > \sqrt{3}$.) Dessinez le coefficient de remplissage comme fonction de r .
8. Quelle est la structure la plus compacte ? Quel est le remplissage maximal ?

II - Étude de l'allotrope α du Polonium

Le polonium (Po) est un élément fortement radioactif découvert en 1898 par Pierre et Marie Curie. Il a été utilisé comme source d'énergie dans le domaine spatial dans les années 1960, et est aujourd'hui utilisé comme source de rayonnement alpha.

On rappelle que la loi de Bragg pour l'ordre principal ($n = 1$) de la diffraction des rayons X est donnée par

$$\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta,$$

où θ est l'angle d'incidence (mesuré entre le faisceau incident et le plan cristallin), λ est la longueur d'onde des rayons X utilisés, d_{hkl} est la distance entre deux plans cristallins consécutifs d'indices de Miller (h, k, ℓ), dont on rappelle la formule dans un système cubique :

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + \ell^2}},$$

avec le paramètre du réseau a .

1. Montrer que si l'angle d'incidence sur un plan cristallin est θ , l'angle de déviation entre le rayon incident et le rayon réfléchi est 2θ .
2. Dans la méthode des poudres aux rayons X (Debye-Scherrer) les différents micro-cristaux offrent toutes les orientations possibles au faisceau incident. La figure en bas présente le diagramme de diffraction de poudre pour un échantillon de α -Po. Calculer $\frac{\sin^2(\theta_i)}{\sin^2(\theta_1)}$ pour les six premiers pics de diffraction (on indexe les angles du plus petit au plus grand).
3. Expliquer pourquoi l'on peut affirmer qu'il s'agit d'une structure *cubique simple* et que l'on peut écarter d'autres possibilités (comme par exemple, cubique centrée ou cubique faces centrées). Déduire le paramètre de maille a .
4. Sachant que la masse molaire du polonium est $M_{Po} = 208,9 \text{ g/mol}$, déterminer la masse volumique du α -Po en g/cm^3 .
5. Déterminer la densité linéique atomique du α -Po selon les directions $[100]$, $[110]$ et $[111]$.

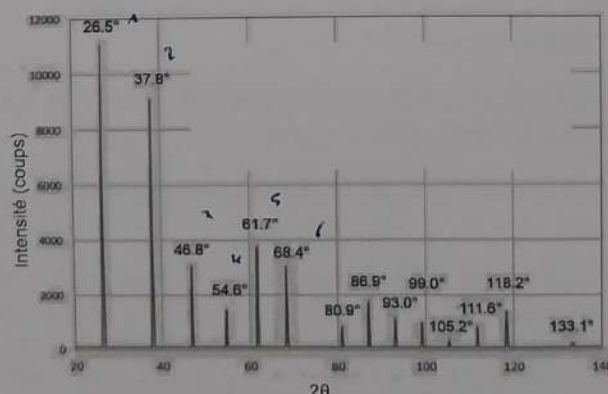


Diagramme de diffraction de poudre du α -Po, à température et pression ambiante, pour une longueur d'onde des rayons X de $1.54 \text{ \AA}$. Les angles de déviation (2θ) sont explicités au dessus de chaque pic, en degré.

Rappel

- nombre d'Avogadro : $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$