Test di autovalutazione sulle

CONOSCENZE ACQUISITE di struttura della materia

1. In due dimensioni esistono solamente 5 reticoli di Bravais. Indicando con $\vec{a}$ e $\vec{b}$ i due vettori traslazionali primitivi e con γ l'angolo tra essi formato, dimostrare graficamente che i 5 reticoli corrispondono a questi casi:
   - reticolo obliquo: $|\vec{a}| \neq |\vec{b}|$ e $\gamma \neq \pi/2$
   - reticolo rettangolare: $|\vec{a}| \neq |\vec{b}|$ e $\gamma = \pi/2$
   - reticolo rettangolare centrato: $|\vec{a}| = |\vec{b}|$ e $\gamma \neq \pi/2$
   - reticolo quadrato: $|\vec{a}| = |\vec{b}|$ e $\gamma = \pi/2$
   - reticolo triangolare: $|\vec{a}| = |\vec{b}|$ e $\gamma = \pi/3$
2. Si consideri un reticolo obliquo di Bravais in due dimensioni. Dimostrare graficamente che la scelta dei vettori traslazionali non è unica. Identificare i vettori traslazionali primitivi.
3. Definire la specificità della cella elementare primitiva.
4. Costruire graficamente la cella convenzionale primitiva per i 5 reticoli di Bravais in due dimensioni.
5. In tre dimensioni esistono tre diversi reticoli di Bravais che appartengono alla classe dei reticoli cubici, ovvero:
   - il reticolo cubico semplice: i siti reticolari coincidono con i vertici di un cubo;
   - il reticolo cubico a corpo centrato: i siti reticolari coincidono con i vertici e con il centro di un cubo;
   - il reticolo cubico a facce centrate: i siti reticolari coincidono con i vertici e con i centri delle facce di un cubo.

   Si disegnino le tre strutture, si identifichino graficamente i tre vettori traslazionali primitivi per ciascuna di esse e, chiamando a_0 la lunghezza dello spigolo del cubo, se ne assegnino le componenti rispetto ad un sistema di assi cartesiani collineare agli spigoli del cubo.
6. Si considerino i tre reticoli cubici dell'Esercizio 5. e si assuma che nei tre casi il passo reticolare sia identico. Quale dei tre reticoli avrà una densità di massa minima e quale massima?
7. Si consideri un cristallo tipo diamante, chiamando a_0 il relativo passo reticolare. Si costruisca un sistema di assi cartesiani collineare agli spigoli del cubo. Per tale cristallo:

- si disegnino i vettori traslazionali primitivi e se ne calcolino le componenti cartesiane;
- si disegni la cella elementare primitiva e se ne calcoli il volume Ω;
- si identifichino le coordinate degli atomi che formano la base;
- chiamando con $\vec{R}_l$ (con $l = 1, 2$) il vettore posizione che identifica i 2 atomi dentro ad una base e con $\vec{T}$ un vettore traslazionale di reticolo diretto, si esprima nel modo più generale possibile la posizione di un generico atomo dentro la struttura cristallina.

8. Sia dato un reticolo di Bravais cubico semplice. I diversi piani cristallini sono di solito identificati dagli indici di Miller (`l,m,n`). Allora, chiamando a_0 il passo reticolare del reticolo considerato:

   - si disegnino i piani cristallini individuati dai seguenti indici di Miller: (100), (110) e (111);
   - si determini che relazione spaziale esiste tra i piani (100), (200) e (−100);
   - si determini la distanza interplanare tra il piano (100) ed un piano parallelo suo primo vicino; si ripeta il calcolo per i piani (110) e (111).

   Si faccia attenzione: tutti gli indici di Miller indicati sopra sono espressi in unità di a_0^{-1}.

9. Si consideri un reticolo diretto descritto dai tre vettori traslazionali primitivi $\{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\}$, il cui reticolo reciproco è descritto dai tre vettori traslazionali primitivi reciproci $\{\vec{a}^*, \vec{b}^*, \vec{c}^*\}$. Si dimostri che:

   - $\vec{a}^* \cdot \vec{a} = 2\pi$;
   - $\vec{a}^* \cdot \vec{b} = \vec{a}^* \cdot \vec{c} = 0$.

10. Si consideri un reticolo diretto descritto dai tre vettori traslazionali primitivi $\{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\}$. Siano $\vec{T}$ e $\vec{G}$ i generici vettori traslazionali nel reticolo diretto e reciproco, rispettivamente. Si dimostri che:

    - $\exp[i\vec{G} \cdot \vec{T}] = 1$;
    - $\vec{G} \cdot \vec{a} = 2\pi l \quad \vec{G} \cdot \vec{b} = 2\pi m \quad \vec{G} \cdot \vec{c} = 2\pi n$ con l, m, n numeri interi

11. Spiegare queste affermazioni:

    - lo spazio reciproco è lo spazio in cui sono definiti i vettori d'onda di tutti i fenomeni ondulatori che si possono manifestare in un cristallo;
    - la prima zona di Brillouin contiene tutti e soli i valori di vettor d'onda che non sono equivalenti per traslazioni di reticolo reciproco.

12. Descrivere che differenza esiste tra la struttura cristallina del diamante e della zincoblenda. Fare esempi di semiconduttori che cristallizzano nelle due diverse strutture.

13. La costante reticolare del silicio vale $a_0 = 5.43$ Å. Calcolare la distanza tra due atomi primi vicini, tra due atomi secondi vicini e tra due atomi terzi vicini.

14. Si consideri un cristallo di GaAs. Quanti atomi primi vicini ha un atomo di Ga? E quanti un atomo di As? Spiegare le rispete fornite.

15. Perché costa energia creare un difetto di punto in un cristallo?

16. Specificare cosa si intenda per "drogaggio di un semiconduttore" e classificare i diversi tipi di drogaggio fornendo esempi concreti.

17. Si consideri la lega $Si_{0.5}Ge_{0.5}$. La sua costante reticolare $a_0^{(\mathrm{lega})}$ è minore o maggiore di quella del silicio? Perché?

18. Descrivere tutte le caratteristiche fisiche e geometriche del legame covalente tipico dei semiconduttori.

19. Descrivere i più comuni tipi di difetti puntuali, planari e di linea presenti nei semiconduttori di uso ingegneristico.

20. In un certo campione di semiconduttore sono presenti due diversi tipi di difetti nativi puntuali, rispettivamente caratterizzati da un lavoro di formazione pari a $\Delta H_f^{(1)}$ e $\Delta H_f^{(2)} = \Delta H_f^{(1)} + \delta$. Se il semiconduttore è portato all'equilibrio alla temperatura T in che rapporto stanno i numeri di difetti delle due specie? Se si raddoppia la temperatura, come varia questo rapporto? Perché?

Nota - I quesiti proposti trovano risposta nel Capitolo 1 del manuale.