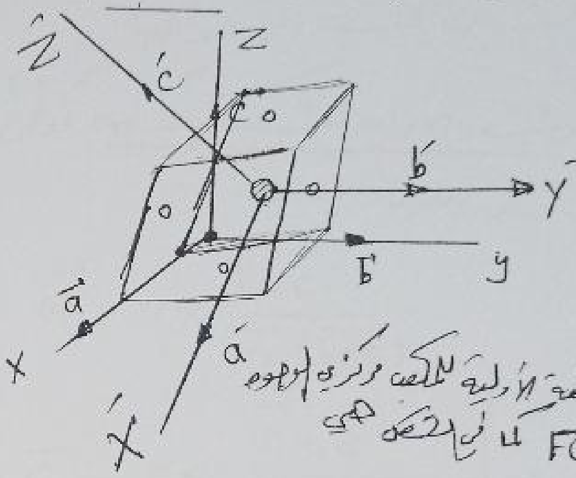
/ سلم تصحيح أسئلة امتحان مقرر المدخل إلى فيزياء الجسم الصلب /
السنة الثالثة فيزياء - الفصل الدراسي الثاني ٢٠٢٤-٢٠٢٥

● **إجابة السؤال الأول: (25 درجة)**

تتضمن البند الأول مادة تعيين حدود منطقة بريلوان الأولى وحجمها في الشبكة العكسية للمكعب مركزي الوجوه FCC.

ويعطى للبند الأول (15 درجة)



- الأشعة الأولية للمكعب مركزي الوجوه FCC كما في الشكل هي

$$\vec{a'} = \frac{1}{2}a(\vec{e}_x + \vec{e}_y) \;;\; \vec{b'} = \frac{1}{2}a(\vec{e}_y + \vec{e}_z)$$

$$\vec{c'} = \frac{1}{2}a(\vec{e}_z + \vec{e}_x).$$ (4 درجات)

- حجم الخلية البدائية في الفراغ العادي للمكعب FCC هو:

$$\Omega' = |\vec{a'}\cdot(\vec{b'}\wedge\vec{c'})| = \frac{1}{4}a^3$$ (3 درجات)

- الأشعة الأولية للشبكة العكسية هي:

$$\vec{G'_1} = \frac{2\pi}{a}(\vec{e}_x + \vec{e}_y - \vec{e}_z)$$

$$\vec{G'_2} = \frac{2\pi}{a}(-\vec{e}_x + \vec{e}_y + \vec{e}_z)$$ (4 درجات)

$$\vec{G'_3} = \frac{2\pi}{a}(\vec{e}_x - \vec{e}_y + \vec{e}_z).$$

تبين النتيجة الأخيرة أن الأشعة الأولية العادية للمكعب BCC تكافئ الأشعة الأولية للشبكة العكسية مركزية الوجوه FCC

مضروبا بالثابتة $4\pi/a^2$، أي أن الأشعة الأولية للشبكة العكسية للمكعب المركزي BCC تكافئ الأشعة الأولية العادية للشبكة المكعبة مركزية الوجوه FCC مضروبة بنفس الثابتة السابقة.

- حجم الخلية البدائية للشبكة العكسية هو:

$$\Omega = |\vec{G'_1}\cdot(\vec{G'_2}\wedge\vec{G'_3})| = 4\left(\frac{2\pi}{a}\right)^3$$ (4 درجات)

البند الثاني مادة توضيح مفهوم العيوب النقطية في بلورات الجسم الصلب

ويعطى له 10 درجات

● العيوب النقطية: تتمثل بالشوائب، العيوب النقطية الأصيلة

- الشوائب: هي ذرات دخيلة على بلورة نصف الناقل ولها آثار عديدة (3 درجات)

- العيوب النقطية الأصيلة وتتمثل بما يلي: (7 درجات)

• الفجوة: هي نقص ذرة من مكانها النظامي في الشبكة ووضع ذرة إضافية على السطح بحيث تحافظ البلورة على عدد ذراتها.

• عيوب شوتكي: تحتوي على فجوتين من نوعين متعاكسين

• الحشوة: هي ذرة أو أيون محشورة في داخل البلورة

• عيوب فرنكل: عبارة عن زوج مؤلف من فجوة ناشئة عن نزوح من الذرات وحشوة من نفس النوع.

- انتهت الإجابة على السؤال الأول

إجابة السؤال الثاني : (25 درجة)

يتضمن شقين، يعطى الأول 15 درجة و الثاني 10 درجات

الشق الأول: مطلوب تبيان فقط العلاقات الدالة على الأشعة الأولية للشبكة العكسية مع خواصها

■ الأشعة الأولية للشبكة العكسية تعطى وفق العلاقات التالية:

$$\vec{G}_1 = 2\pi \frac{\vec{b} \wedge \vec{c}}{\vec{a} \cdot (\vec{b} \wedge \vec{c})}$$

$$\vec{G}_2 = 2\pi \frac{\vec{c} \wedge \vec{a}}{\vec{a} \cdot (\vec{b} \wedge \vec{c})}$$

$$\vec{G}_3 = 2\pi \frac{\vec{a} \wedge \vec{b}}{\vec{a} \cdot (\vec{b} \wedge \vec{c})}$$

6 درجات

■ خواص الأشعة الأولية للشبكة العكسية تكون وفق العلاقات التالية:

$$\vec{G}_1 \cdot \vec{a} = 2\pi \; ; \; \vec{G}_2 \cdot \vec{a} = 0 \; ; \; \vec{G}_3 \cdot \vec{a} = 0$$

$$\vec{G}_1 \cdot \vec{b} = 0 \; ; \; \vec{G}_2 \cdot \vec{b} = 2\pi \; ; \; \vec{G}_3 \cdot \vec{b} = 0$$

$$\vec{G}_1 \cdot \vec{c} = 0 \; ; \; \vec{G}_2 \cdot \vec{c} = 0 \; ; \; \vec{G}_3 \cdot \vec{c} = 2\pi$$

9 درجات

الشق الثاني من السؤال: مطلوب الطرق التجريبية لانعراج الأشعة السينية في البلورات وكيفية استخدامها هي

- **طريقة فون لاوي:** تستخدم لتحديد التناظر واتجاه البلورة وكذلك التشوهات والعيوب التي تنشأ عند المعالجة الميكانيكية أو الحرارية للبلورات
- **طريقة البلورة الدوارة:** تستخدم لتحديد البنية البلورية للبلورات
- **طريقة المسحوق:** تستخدم لتحديد البنية البلورية للبلورات وتختلف عن الطريقة السابقة حيث تكون العينة المدروسة بلورة واحدة وتستخدم مسحوقاً يحوي على عدد كبير من البلورات.

10 درجات

— انتهت إجابة السؤال الثاني —

● إجابة السؤال الثالث: (20 درجة)

يتضمن بندين يعطى للبند الأول 6 درجات وللثاني 14 درجة

● البند الأول ترتيب البلورات كما يلي:

المعادن الثمينة وغيره FCC

المعادن القلوية وغيره BCC

الهالوجينات القلوية وغيره SC

● البند الثاني معادلة شرط التعادل الكهربائي لبلورة نصف ناقل حاوية على شوائب مانحة وآخذة بآن واحد:

- الالكترونات الحرة n مع أيونات الشوائب الآخذة N_a^- تشكل الشحنة السالبة أي:

$$(n+N_a^-)\bar{e}$$ درجتان

- الثقوب الحرة p مع أيونات الشوائب المانحة N_d^+ تشكل الشحنة الموجبة أي:

$$(p+N_d^+)e^+$$ درجتان

- شرط التعادل الكهربائي معادلة: مجموع الشحنة الموجبة والسالبة يساوي الصفر، أي:

$$(n+N_a^-)\bar{e}+(p+N_d^+)e^+=0$$ درجتان

باعتبار $\bar{e}=-e^+$ يكون:

$$(n+N_a^-)-(p+N_d^+)=0$$ درجتان

وهو شرط التعادل الكهربائي

● في حالة الشائبة المانحة معادلة التعادل الكهربائي تكون:

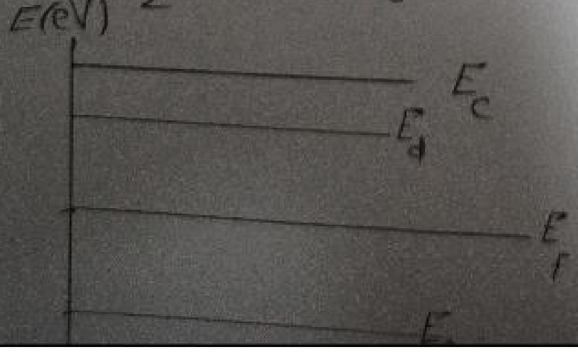
$$n=p+N_d^+$$ درجتان

● وفي حالة الشائبة الآخذة تكون معادلة التعادل الكهربائي بالشكل:

$$p=n+N_a^-$$ درجتان

● سوية فيرمي في هذه الحالة تكون:

$$E_F=\frac{E_a+E_d}{2}$$ درجتان



● الإجابة السؤال الرابع (30 درجة)

تتضمن دراسة السعة الحرارية C_v للشبكة البلورية وفق نظرية ديباي ومشابه لقيمة الوسطية للطاقة الداخلية للجملة البلورية ومناقشة سلوك C_v عند درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة

في نموذج ديباي تم اعتماد أنماط اهتزاز مختلفة لذرات الشبكة البلورية وبتواترات مختلفة واقعة في المجال

$$\omega_{min} \le \omega \le \omega_{max} \quad (1)$$

القيمة الوسطية للطاقة الداخلية الاهتزازية للجملة تعطى بالعلاقة:

$$\langle U\rangle = \int_{\omega_{min}}^{\omega_{max}} g(\omega)\langle \epsilon(\omega)\rangle d\omega \quad (2)$$

* 3 درجات

- الطاقة الداخلية الاهتزازية للجملة $\langle U\rangle$

$$\langle U\rangle = 9NKT\left(\frac{T}{\theta_D}\right)^3 \int_0^{\theta_D/T} \frac{x^3}{e^x-1}dx \quad (3)$$

- السعة الحرارية C_v تعطى:

$$C_v = 9NK\left(\frac{T}{\theta_D}\right)^3 \int_0^{\theta_D/T} \frac{x^4 e^x}{(e^x-1)^2}dx \quad (4)$$

- مناقشة ... ديباي ... عند $T \gg \theta_D$ ...

- عند درجات الحرارة المرتفعة تعطى C_v بالعلاقة

$$C_v = 9NK\left(\frac{T}{\theta_D}\right)^3 \frac{1}{3}\left(\frac{\theta_D}{T}\right)^3 = 3R \quad (5)$$

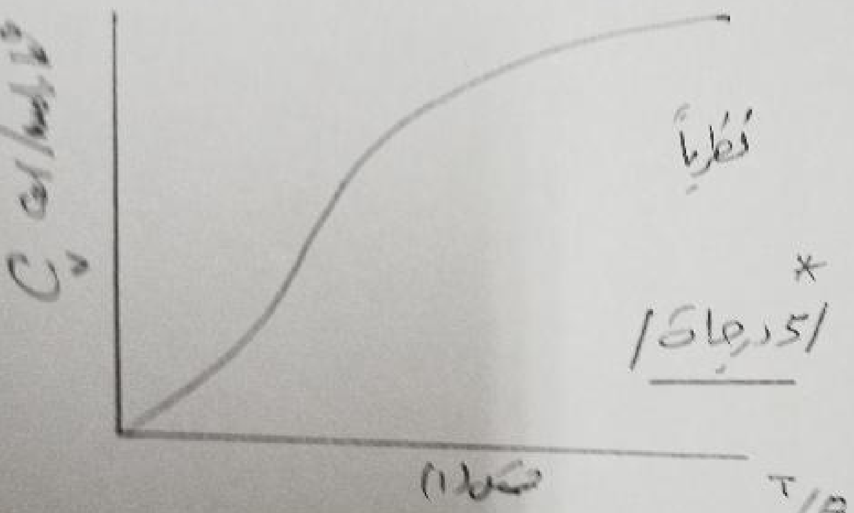
* 5 درجات

- عند درجات الحرارة المنخفضة تعطى C_v بالعلاقة

$$C_v = \frac{12\pi^4}{5} R\left(\frac{T}{\theta_D}\right)^3 \quad (6)$$

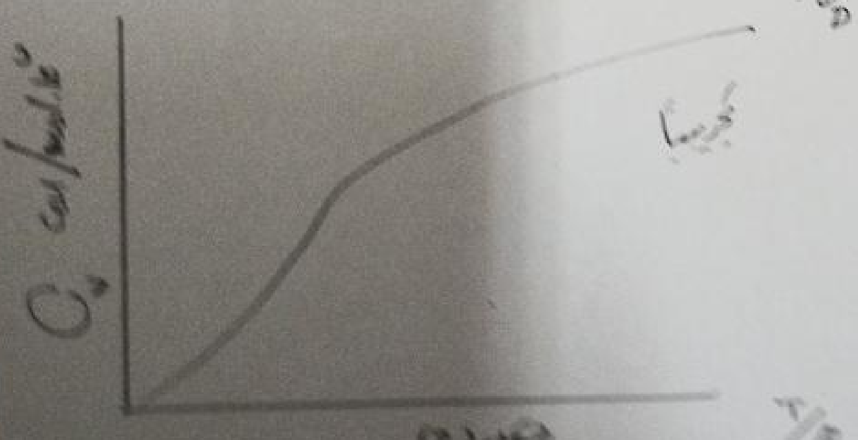
* 5 درجات

تبين النظرية (6) أن السعة الحرارية C_v تتناسب طرداً مع T^3 ولا تتناسب تناسباً أسياً كما هو في نظرية اينشتاين، يبين الشكل (1) تغير السعة الحرارية C_v بتغير درجة الحرارة وفق نظرية ديباي حيث نجد توافق كبير مع النتائج التجريبية الشكل (2)



شكل (1)

* 5 درجات



شكل (2)

- انتهت الإجابة السؤال الرابع -

أستاذ المقرر:
أ.د. ...