

Puede usar: calculadora no programable; libro de fórmulas y tablas matemáticas (sin anotaciones ni añadidos).

Cada pregunta se puntúa hasta 2,5 puntos. Es necesario aprobar cuestiones y problemas por separado. La evaluación del examen es global.

Cuestiones: conteste razonadamente, ajustándose a las preguntas y explicando lo que haga.

Problemas: debe resolverlos, no decir sólo cómo se podrían resolver, ni poner la solución, sino que hay que resolverlos realmente, explicar con claridad los pasos y discutir los resultados.

Recuerde definir todas las variables que use y explicar aproximaciones, notación y fórmulas.

No haga números hasta haber obtenido una expresión algebraica (estime entonces en órdenes de magnitud).

CUESTIONES

C1.- (a) Explique en detalle los conceptos de superficie de Fermi y de estructura de bandas y su relación con el carácter conductor de los sólidos.

(b) En una descripción mediante la teoría de bandas, no se puede afirmar que los aislantes no conducen debido a que los electrones están localizados en el espacio formando enlaces. Explique entonces con detalle qué es lo que hace que los aislantes no sean capaz de presentar conducción eléctrica bajo la acción de un campo eléctrico.

C2.- (a) Explique el concepto de difracción por una red cristalina.

(b) Explique las similitudes y las diferencias entre las difracciones de rayos-X, electrones y neutrones y la utilidad de cada una de ellas.

PROBLEMAS

P1.- Queremos describir alguna de las propiedades del aluminio utilizando la aproximación de Drude–Sommerfeld (y suponemos que los electrones proceden de los niveles 3s y 3p del átomo).

(a) Determine la densidad electrónica del metal.

(b) A temperatura $T = 0$ K, encuentre la relación algebraica que existe entre la conductividad eléctrica σ , la densidad electrónica n_e y el tiempo de relajación τ del metal.

Evalúe la conductividad eléctrica a temperatura $T = 0$ K.

(c) Deduzca la expresión para el vector de Fermi k_F , y calcule la energía de Fermi del metal (en eV).

Datos para el aluminio: $Z = 13$, peso atómico, 27; estructura cúbica centrada en las caras (FCC); densidad másica $\rho = 2,7$ g/cm³; tiempo de relajación $\tau = 0,8 \times 10^{-14}$ s.

P2.- Supongamos un cristal de NaCl, formado por iones Cl⁻ y Na⁺. Lo situamos en un campo eléctrico uniforme y constante de módulo E a lo largo de la dirección [100] de la red cúbica del ClNa. Los planos de iones positivos y negativos se desplazan unos de otros bajo la acción del campo. Ese desplazamiento lo denotamos por x (medido respecto a la distancia de equilibrio entre los planos de iones).

(a) Calcular la fuerza que tiende a situar de nuevo los iones en la posición de equilibrio, y su dependencia con el desplazamiento x .

(b) Llamando μ a la masa reducida de una pareja de iones, $1/\mu = 1/M_1 + 1/M_2$, escribir la ecuación de movimiento del desplazamiento x una vez que el campo eléctrico deja de actuar sobre el sistema. Verificar que dicha ecuación de movimiento es del tipo armónico simple, y calcular la frecuencia de vibración natural ω_0 del movimiento.

(c) Evaluar de manera aproximada el valor de ω_0 para el sistema que estamos estudiando.

(d) Si suponemos que ω_0 coincide con el valor de la frecuencia de la rama óptica en el límite de onda larga, $\omega_{\text{optica}}(k = 0)$, calcular la constante de muelle de este sistema (se puede asimilar a una cadena diatómica con iones de masas distintas M_1 y M_2 , pero con la misma interacción ya que es una interacción coulombiana entre los iones).

Datos: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $R_\infty = 109737$ cm⁻¹, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $N_A = 60,2 \cdot 10^{22}$ mol⁻¹, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J K⁻¹, 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J, $\mu_b = e\hbar / (2m_e) = 9,27 \cdot 10^{-24}$ J T⁻¹, $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹, $a_o = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/m_e^2 \simeq 0,52$ Å, $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9$ m³ kg s⁻² C⁻², $\lambda_C = h / (m_e c) = 0,024$ Å.