

INDICE GENERAL

Págs.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CRISTALINAS 1

Grupo de translación. Cristales de dos dimensiones. Grupos puntuales de dos dimensiones. Restricción de los grupos puntuales por la condición de simetría de translación. Enumeración de los grupos puntuales cristalográficos de dos dimensiones. Redes de Bravais de dos dimensiones. Grupos espaciales de dos dimensiones. Cristales de tres dimensiones. Grupos puntuales de tres dimensiones. Redes de Bravais en el espacio de tres dimensiones. Grupos espaciales de tres dimensiones. **Índices** de Miller. Estructuras cristalinas simples. Estructura hexagonal compacta. Estructura del diamante. Estructura de la blenda. Estructura del cloruro sódico. Estructura del cloruro de cesio. Estructura del fluoruro cálcico (fluorita). Manuales de constantes cristalográficas.

2. DIFRACCIÓN DE RAYOS X POR CRISTALES 43

Ley de Bragg. Ecuaciones de difracción de Laue. Condiciones de interferencia en la red recíproca. Factor de difusión atómica. Factor de estructura geométrica. Métodos experimentales de difracción de los rayos X. Método de Laue. Método del cristal giratorio. Método de la muestra pulverizada. Aplicaciones a la física del estado sólido y a la metalurgia.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS SÓLIDOS. ENERGÍA RETICULAR DE LOS CRISTALES IÓNICOS. 62

Clasificación empírica de los enlaces cristalinos. Cristales iónicos. Cristales covalentes. Cristales metálicos. Cristales moleculares. Cristales con **enlaces** de hidrógeno. Energía reticular de los cristales iónicos. Energía reticular del cloruro sódico. Determinación de la constante de Madelung. Cálculo del exponente n del potencial repulsivo. Trabajos recientes. Radios iónicos.

4. CONSTANTES ELÁSTICAS DE LOS CRISTALES 84

Análisis de las tensiones y las deformaciones elásticas. Dilatación. Deformación de cizalladura. Componentes de la tensión. Constantes de elasticidad y de rigidez. Densidad de energía. Cristales cúbicos. Determinación experimental de las constantes elásticas. Propagación de ondas elásticas en cristales cúbicos. Isotropía elástica. Relaciones de **Cauchy**. Teoría reticular de los coeficientes de elasticidad. Aplicación a los metales.

5. VIBRACIONES DE LAS REDES 102

Vibraciones de una línea material homogénea en una dimensión. Movimiento ondulatorio en una fila de átomos semejantes. Cálculo de los modos normales

de vibración en una línea finita. Cristal unidimensional con dos clases de átomos. Vibraciones en las redes de dos y tres dimensiones. Absorción del infrarrojo.

6. PROPIEDADES **TÉRMICAS** DE LOS SÓLIDOS 116

Revisión de la mecánica estadística clásica. Teoría de Einstein del calor específico de una red cristalina. Modelo de Debye del calor específico de una red cristalina. Red diatómica. Revisión de la teoría de Debye. Calor específico de los electrones de conducción en los metales. Calor específico asociado a los grados internos de libertad. Conductividad térmica de sólidos. Cálculo de la conductividad térmica. Recorridos libres medios de los **fonones** en cristales dieléctricos. Conductividad térmica de metales. Dilatación térmica. Ecuación de estado de los sólidos. Relación de Grüneisen.

7. PROPIEDADES **DIELÉCTRICAS** 154

Campo eléctrico local. Campo de despolarización. Campo de Lorentz. Campos de **dipolos** en el interior de la cavidad. Campo en un dieléctrico situado entre las placas de un condensador. Constante dieléctrica y polarizabilidad. Medida de constantes dieléctricas. Polarizabilidades electrónicas. Teoría clásica de la polarizabilidad electrónica. Polarizabilidades **iónicas** | **Polariza-** bilidades de orientación. Superpolarizabilidad. Orientación **dipolar** en los sólidos. Relajación **dipolar** | y pérdidas dieléctricas. Tiempo de relajación de Debye. Relajación en los sólidos. Constantes dieléctricas complejas y ángulos de pérdida.

8. CRISTALES **FERROELÉCTRICOS** 179

Electretos. Clasificación de los cristales ferroeléctricos. Teoría del titanato de bario. La **superpolarización** en los cristales ferroeléctricos. Campo local en la estructura de la perovskita. Constantes dieléctricas próximas al punto de Curie. Dominios ferroeléctricos. Cristales antiferroeléctricos.

9. **DIAMAGNETISMO** Y **PARAMAGNETISMO** 204

Diamagnetismo. Deducción de la **cuación** de Langevin del diamagnetismo. Deducción del teorema de **Larmor** para un caso especial. Diamagnetismo de las moléculas. Método de medida de las susceptibilidades. Paramagnetismo. Teoría de Langevin del paramagnetismo. Teoría cuántica del paramagnetismo. Iones de las tierras raras. Iones del grupo del hierro. Bloqueamiento del momento angular orbital. Paramagnetismo nuclear. Enfriamiento por **desima-** nación adiabática de una sal paramagnética. Temperatura mínima alcanzada. Absorción de resonancia del spin electrónico y nuclear. Ecuaciones macroscópicas.. Anchura de la raya. Descomposición de una raya electrónica con **campo nulo** | Notas complementarias.. Nota relativa a las unidades.

10]	TEORÍA DE LOS ELECTRONES LIBRES EN LOS METALES	231
	Conductibilidad eléctrica y ley de Ohm. Ley de Wiedemann-Franz. Capacidad calorífica de los electrones de conducción. Susceptibilidad paramagnética de los electrones de conducción. Teoría cuántica de las partículas libres en un recinto cerrado. Ley de distribución de Fermi-Dirac. Cero absoluto. Bajas temperaturas ($kT \ll E_F$). Teoría cuántica de la capacidad calorífica del gas electrónico. Teoría cuántica del paramagnetismo de spin. Efecto de la distribución de Fermi-Dirac sobre la conductividad eléctrica. Transparencia de los metales alcalinos al ultravioleta. Ecuación de la emisión termoiónica.	
11.	TEORÍA DE LAS BANDAS EN LOS SÓLIDOS; ZONAS DE BRILLOUIN	267
	Funciones de onda en una red periódica. Modelo de Kronig-Penney. Otra deducción del resultado de Kronig-Penney. Funciones de onda para un vector de onda nulo. Método de Wigner-Seitz. Masa eficaz de los electrones en los cristales. Sentido físico de las masas eficaces. Consecuencias de la masa eficaz. Efecto Hall. Movimiento de los agujeros. Cálculo de la conductividad de los metales. Resistencia residual. Zonas de Brillouin. Espectros de emisión de rayos X blandos.	
12.	APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS ZONAS DE BRILLOUIN A LOS METALES Y ALEACIONES	308
	Red cúbica centrada en el sólido. Red cúbica centrada en las caras. Estructura hexagonal compacta. Estructura de bandas de los metales. Metales alcalinos. Metales nobles. Metales divalentes. Metales trivalentes. Aleaciones binarias. Reglas de Hume-Rothery para las fases en las aleaciones. Variación de la constante de Hall. Variación de la susceptibilidad magnética. Elementos de transición. Transformación orden-desorden. Teoría elemental del orden. Ordenes a corto y largo alcance.	
13.	CRISTALES SEMICONDUCTORES	342
	Conductividad intrínseca. Movilidad en la región intrínseca. Conductividad extrínseca o de impurezas. Estados de impurezas. Ionización térmica de impurezas. Movilidad en presencia de átomos de impurezas. Análisis de los resultados experimentales. Duración de vida y recombinación. Transporte de portadores minoritarios e inyección de agujeros. Experiencia de resonancia ciclotrónica. Deterioración de los semiconductores por las radiaciones.	
14.	TRANSISTORES Y RECTIFICADORES CON SEMICONDUCTORES	378
	Preparación de los cristales de germanio. Rectificación por barrera. Rectificación por unión $p-n$. Transistores de contacto puntual. Transistores de unión.	

15. **'FERROMAGNETISMO Y ANTIFERROMAGNETISMO** 397
- El punto de Curie y la integral de intercambio. Influencia de la temperatura sobre la imanación espontánea. Imanación espontánea en el cero absoluto. Experiencias de giromagnetismo y resonancia de spin. Experiencias **giramagnéticas**. Absorción en resonancia ferromagnética. Dominios ferromagnéticos. Origen de los dominios. Campo coercitivo e histéresis. Permeabilidad reversible. Materiales magnéticos. Energía de anisotropía. Magnetostricción. La pared de **Bloch**. Dimensiones de los dominios. Antiferromagnetismo. Modelo con dos subredes. Susceptibilidad por debajo del punto de Curie. Resonancia antiferromagnética. Determinación de las redes de spins por difracción neutrónica. Propiedades magnéticas de las ferritas.
16. **SUPERCONDUCTIVIDAD** 444
- Situación experimental. Resistencia nula. Corrientes persistentes. Influencia de los campos magnéticos. Supresión del flujo. Estado intermedio. Crecimiento de la entropía al volver al estado normal. Influencia de la frecuencia. Relación giromagnética. Efecto **isotópico**. Elementos **superconductores**. Superconductores no ideales. Superconductividad de pequeñas partículas. Efectos termoeléctricos. Conductividad térmica. Estudio teórico. Termodinámica de la transición de superconductividad. Teorema de Bloch. Ecuaciones de London. Superconductividad a altas frecuencias. Susceptibilidad de una esfera e influencia del tamaño de las partículas. Estado intermedio y estructura de dominios. Teorías cuánticas de la superconductividad.
17. **LAGUNAS, DIFUSIÓN Y CENTROS COLOREADOS EN LAS REDES** 469
- Lagunas de las redes. Difusión. Metales. Efecto Kirkendall. Centros coloreados. Centros *F*. Otros centros electrónicos. Centros *V*. El proceso fotográfico.
18. **EXCITONES, FOTOCONDUCTIVIDAD Y LUMINISCENCIA** 495
- Excitones. Fotoconductividad en cristales aislados. Trampas. **Fotoconductividad** del germanio. Efectos de polarización o de carga espacial. Contadores de cristal. Luminiscencia. Fósforos sulfurados. Cloruro de potasio activado con talio. Electroluminiscencia.
19. **DISLOCACIONES** 526
- Resistencia a la cizalla de los monocristales. Dislocaciones. Campo de los esfuerzos en una dislocación. Límite entre granos de ángulo pequeño. Densidades de dislocaciones. Multiplicación y deslizamiento de las dislocaciones. Resistencia de las aleaciones. Dislocaciones y crecimiento de cristales.

APÉNDICES 560

A. Método de Ewald para calcular el potencial resultante en las redes. B. Expresión mecano-cuántica de la polarizabilidad. C. Teoría de Onsager de la constante dieléctrica de las sustancias polares. D. Teoría cuántica del diamagnetismo en sistemas mononucleares. E. Paramagnetismo de Van Vleck independiente de la temperatura. F. Energías magnética y electrostática. G. Bloqueo del momento cinético orbital por campos cristalinos eléctricos. H. Factor de descomposición espectral g en las sales paramagnéticas. I. Perturbación de electrones casi libres por un potencial periódico. J. Aproximación de un enlace estrecho para los electrones metálicos. K. Conductividad eléctrica a bajas temperaturas. L. Movilidad en los semiconductores intrínsecos. M. Deducción de la fórmula de Conwell-Weisskoff. N. Nivel de Fermi y potencial químico. O. Discusión semiclásica de las ondas de spin ferromagnético. P. Teorema de Bloch. Q. Factores importantes de conversión. R. Resumen de los resultados de Termodinámica y Mecánica Estadística. S. Valores de las principales constantes físicas.

INDICE ALFABÉTICO DE AUTORES 589

INDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS 599