

Índice general

Prefacio	vii
I INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Introducción	3
1.1. ¿Para quienes es apropiado este libro?	6
2. ¿Cómo se describe un sistema en Mecánica Cuántica?	7
2.1. Las ideas fundamentales de este capítulo	7
2.2. Elementos fundamentales	7
2.2.1. ¿De dónde salen los vectores y los valores de la energía?	9
3. Qué es un superconductor?	11
3.1. Aplicaciones de la termodinámica	11
3.1.1. Elementos para una nueva teoría	11
II SUPERCONDUCTIVIDAD CONVENCIONAL	15
4. Termodinámica de un superconductor	17
4.1. Calor específico	17
4.2. Entropía y calor específico en un superconductor	18
5. Electrodinámica de un superconductor	25
5.1. Modelo de London	25
5.1.1. Número de superelectrones	29
5.1.2. Ejercicio 1: Esfera Superconductora en un campo magnético	30
5.1.3. Ejercicio 2: Plato superconductor en un campo magnético	33
6. Teoría de Ginzburg-Landau	37
6.1. Introducción	37
6.2. Teoría de Landau para las transiciones de fase de segundo orden	38
6.3. Derivación de las ecuaciones de Ginzburg y Landau	41

6.3.1.	Sin campo magnético aplicado	42
6.3.2.	Con campo magnético aplicado	43
7.	Interacción electrón-fonón	47
7.1.	La idea fundamental de este capítulo	47
7.2.	Interacción atractiva entre electrones	48
8.	Los Pares de Cooper	51
8.1.	El Principio de Pauli, fermiones y bosones	51
8.1.1.	La función de onda de varias partículas	52
8.1.2.	Energía de Fermi y Esfera de Fermi	53
8.2.	El problema de Cooper	54
8.3.	Algunas características de los pares de Cooper	54
8.3.1.	La función de onda de dos electrones	54
8.3.2.	Los momentos en un par de Cooper	55
8.3.3.	Los espines en un par de Cooper	56
8.3.4.	Un conjunto de pares de Cooper: ¿Qué estadística siguen?	57
8.3.5.	Corriente eléctrica de pares de Cooper	58
8.3.6.	La función de onda de un par de Cooper	58
8.3.7.	El Hamiltoniano	59
8.3.8.	Valores de la energía para un par de Cooper	59
9.	Teoría BCS de la superconductividad	65
9.1.	La idea fundamental de este capítulo	65
9.2.	Un estado cuántico macroscópico	66
9.2.1.	El ingrediente básico: Los pares de Cooper	66
9.2.2.	La naturaleza de la interacción atractiva	67
9.3.	¿Qué electrones participan en la superconductividad?	69
9.3.1.	¿Qué electrones forman los Pares de Cooper?	69
9.3.2.	Construcción y características de la solución	70
9.3.3.	Un estado cuántico macroscópico: ¿Cómo tratarlo?	71
9.3.4.	¿De dónde venimos y hacia dónde vamos?	71
9.4.	BCS: Un sistema de Pares de Cooper	72
9.4.1.	El hamiltoniano BCS	72
9.4.2.	Observación muy importante: Caracter de la transición	72
9.4.3.	¿Cómo plantear la solución?	73
9.5.	Transformación de Bogoliubov-Valatin	73
9.5.1.	Bogoliubov-Valatin: ¿Cual es el plan?	74
9.5.2.	Los operadores de Bogoliubov	74
9.5.3.	Relaciones de conmutación	74
9.5.4.	Obtenemos los viejos operadores c_k, c_k^+, c_{-k} y c_{-k}^+ en términos de los nuevos	75
9.6.	El hamiltoniano BCS en término de estos operadores	75

9.6.1.	El término de la energía cinética	75
9.6.2.	El término de la energía potencial	76
9.7.	Analicemos el resultado obtenido	77
9.8.	Forma diagonal del Hamiltoniano BCS	78
9.8.1.	Una nota para meditar un poco.	79
9.9.	La primera cantidad importante: la brecha	79
9.9.1.	La brecha BCS	
9.9.2.	Una observación interesante	83
9.9.3.	¿De dónde venimos y hacia dónde vamos?	83
9.10.	Energía de condensación (ϵ_c)	83
9.10.1.	Energía del estado superconductor	84
9.10.2.	Cálculo de la energía de condensación	84
9.10.3.	El campo crítico y la brecha	87
9.11.	¿Qué hemos hecho? ¿Qué falta?	87
9.12.	Función de onda BCS	87
9.12.1.	El estado base BCS	87
9.12.2.	Los estados excitados	89
9.12.3.	Densidad de estados	90
9.12.4.	El carácter de las excitaciones	91
9.13.	Tunelamiento	93
9.13.1.	¿Qué información se obtiene de ese experimento?	93
9.13.2.	Caso general	93
9.13.3.	Tres situaciones de interés.	95
9.13.4.	Los Efectos Josephson	97
9.14.	Temperatura finita	98
9.14.1.	La brecha a temperatura finita	99
9.14.2.	Determinación de T_c	101
9.14.3.	Una Relación Universal	102
9.14.4.	El papel crucial de las vibraciones: el Efecto Isótopo	102
9.14.5.	Valores límite para la brecha	103
9.15.	Experimentos a temperatura finita	104
9.15.1.	Calor específico electrónico	104
9.16.	Relaciones Universales BCS: ¿Qué valen? ¿Qué dicen?	107
9.17.	¿Explica esta teoría el fenómeno de la superconductividad?	109

10. Teoría de Eliashberg 111

10.1.	Introducción	111
10.1.1.	De nuevo sobre el acoplamiento	112
10.1.2.	Extender BCS	112
10.2.	La función de Eliashberg	113
10.3.	Las Ecuaciones de Eliashberg	114
10.3.1.	En el eje real de las frecuencias	115
10.3.2.	En el eje imaginario de las frecuencias	115

10.3.3. La solución numérica	116
10.3.4. Recuperando el resultado BCS	117
10.4. Cálculo de la termodinámica	118
10.4.1. La función termodinámica fundamental: la energía libre . .	118
10.4.2. El calor específico	119
10.4.3. El campo magnético crítico	119
10.5. Derivadas Funcionales.	119
10.5.1. ¿Podemos cambiar $\alpha^2 F(\omega)$?	119
10.5.2. La derivada funcional de T_c	120
10.5.3. La derivada funcional de $D(T)$	122
10.6. Aproximación para el efecto isotópico	123

III LA NUEVA SUPERCONDUCTIVIDAD 127

11. Superconductores de alta T_c	131
11.1. Las ideas de este capítulo	131
11.2. Introducción	131
11.3. Las estructura cristalinas	132
11.3.1. Algunas propiedades de estos superconductores	132
12. Modelos del Mecanismo	137
12.1. Las ideas de este capítulo	137
12.2. El Mecanismo electrón-fonón	137
12.2.1. Objeciones contra el mecanismo electrón-fonón	139
12.3. El diagrama de fases y la simetría del acoplamiento	139
12.4. El Hamiltoniano de Hubbard y el mecanismo de las fluctuaciones de espín	141
12.5. Una caricatura útil	142
12.6. De nuevo el Hamiltoniano de Hubbard	144
12.7. El modelo t-J	146
13. Experimentos recientes importantes y su interpretación	149
13.1. Las ideas de este capítulo	149
13.2. La resonancia en la susceptibilidad magnética por espín	150
13.3. La resonancia en la conductividad óptica	150
13.4. La función de Eliashberg para las fluctuaciones de espín	151
13.5. ¿Es la resonancia la función de Eliashberg?	151
13.6. Los experimentos de ARPES	152
14. Cálculos	155
14.1. La conductividad óptica	155
14.2. La fórmula de teoría de campos no-relativista	155

14.2.1. ¿Qué dijimos y para qué lo dijimos?	156
14.3. La fórmula de Kubo-Greenwood	157
14.4. La susceptibilidad magnética	158
15. Un modelo	161
15.1. Las ideas de este capítulo	161
15.2. Caracterización de la situación	162
15.2.1. Las propiedades de las resonancias	162
15.2.2. EFORA (ARPES)	162
15.2.3. Los experimentos de tunelamiento	163
15.3. Las soluciones	163
15.3.1. Las resonancias	163
15.3.2. EFORA y tunelamiento	164
15.3.3. Conclusión	164
15.4. Un modelo nuestro	164
15.4.1. El planteamiento y las hipótesis.	165
15.4.2. Cálculos que realizamos	165
15.4.3. Análisis del modelo	168
15.4.4. Resultados	170
15.4.5. Evaluación global del modelo y predicciones nuevas	171
15.5. Conclusiones	173
A. Formalismo de Segunda Cuantización	175
B. Demostración de las ecuaciones 7.10 y 7.11	181
C. Demostración de la ecuación 7.13	185
D. Apareamiento con espín triplete	187
D.1. Caso general	189
E. Valores límite para la brecha	191
E.1. La brecha en el límite cuando $T \rightarrow 0$	191
E.2. La brecha en el límite cuando $T \rightarrow T_c$	193
F. Algunos aspectos de modelo de Hubbard	197
F.1. Apareamiento Electrónico en el Espacio K	199
Glosario	207