

1 Structure Orderings and Symmetry Breaking

- 短程序 (Short-range order, SRO): 关联函数随位置指数衰减
- 长程序 (Long-range order, LRO): 关联函数随位置渐变至非零值
- 准长程序 (Quasi long-range order, QLRO): 关联函数随位置按幂律衰减

KT 相变: 超导相变、Heisenberg 铁磁相变不是 KT 相变。

- $T > T_c$, single vortices;
- $T < T_c$, bound vortex pairs.

对于海森堡铁磁模型, 在高于 T_c 时, 自旋关联函数在三维情况下随位置指数衰减 (SRO), 在二维情况下 (XY model) 按幂律衰减 (QLRO)。

1.1 Incommensurate structures 非公度结构

$x_n = na$, a denotes lattice spacing, $n = \text{integer}$. New position: $X_n = x_n + g \sin(q_0 \frac{2\pi}{a} x_n)$.

- If q_0 is a nonzero rational number, X_n gives a commensurate structure;
- If q_0 is a irrational number, X_n gives an incommensurate structure with quasi periodicity (period = ∞);

1.2 Quasicrystal—Penrose tiling

- Periodic crystal: one tile;
- Disordered solids: infinite tiles;
- Quasicrystals: finite tiles

1.3 对称性破缺

引入序参量 Ψ , 无序态 $\Psi = 0$, 有序态 $\Psi \neq 0$ 。

- 一级相变
- 二级相变

1.4 绝热近似

2 Elementary Excitations

2.1 前言

元激发分为集体激发和个体激发。

- 集体激发：玻色子，如声子、等离激元、磁振子、极化子、激子
- 个体激发：费米子，如准电子、准空穴

费米液体：费米子量子力学液体的简称；条件是温度足够低；准粒子和原来的粒子有着同样的自旋、电荷和动量

边缘费米液体

Luttinger liquid

2.2 声子

弹性常数及密度周期分布的材料或结构被称为声子晶体。声子晶体是由弹性固体周期排列在另一种固体或流体介质中形成的一种新型功能材料。弹性波在声子晶体中传播时，受其内部结构的作用，在一定频率范围（带隙）内被阻止传播，而在其他频率范围（通带）可以无损耗地传播。

2.3 等离激元和准电子

2.4 激子

激子是由受激电子和空穴由于库仑作用形成的束缚对，存在于绝缘体、本征半导体和一些液体中。

- Wannier-Mott exciton: 激子半径远大于晶格常数，激子中的电子和空穴弱束缚
- Frenkel exciton: 激子半径小于等于晶格常数，激子中的电子和空穴强束缚

2.5 极化子

极化子是费米子。

2.6 极化激元

极化激元（电磁激元）是指光子与其他粒子或准粒子（例如等离激元、声子、激子等）发生强耦合后形成的玻色子。

3 Magnetism of Matter

3.1 原子的磁性

3.1.1 多电子原子（离子）的电子状态

多电子原子所处的电子状态决定了原子的磁性。原子中内部的满壳层角动量和磁矩都等于零，因而原子的电子状态主要取决于比较靠外面的不满壳层。把原子核和内部满壳层一起看成离子实，讨论不满壳层的电子在离子实的势场中的运动。哈密顿量为

$$H = \sum_i H_i^{(0)} + \sum_{i < j} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}} + \sum_i H_i^{SO}$$

第一项表示单电子哈密顿量

$$H_i^{(0)} = \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m} + V(r_i)$$

包括电子动能和离子实的势能 $V(r_i)$ ，第二项表示电子之间的库仑相互作用，第三项为自旋-轨道耦合项。

- L-S 耦合：电子间库仑相互作用大于自旋-轨道相互作用
- J-J 耦合：电子间库仑相互作用小于自旋-轨道相互作用

对于不太重的元素，都属于 L-S 耦合。

3.1.2 Hund's rules