Hamiltonià de Luttinger-Kohn: Axial approximation

Josep Planelles

September 6, 2014

Escrivim l'hamiltonià de Luttinger-Kohn H_{LK} en termes d'invariants:[1]

$$\begin{aligned} H_{LK} &= \tfrac{1}{m_0}[(\gamma_1 + \tfrac{5}{2}\gamma_2)\tfrac{k^2}{2}\, I_0 - \gamma_2(k_x^2 J_x^2 + k_y^2 J_y^2 + k_z^2 J_z^2) \\ &\quad -2\gamma_3(\{k_x, k_y\}\{J_x, J_y\} + \{k_y, k_z\}\{J_y, J_z\} + \{k_z, k_x\}\{J_z, J_x\})] \end{aligned} \tag{1}$$

on m_0 és la massa de l'electró lliure, γ_i són els paràmetres the Luttinger , $k_j = -i\,\hbar\,\partial_j$ és la component j del moment lineal, I_0 és la matriu identitat, $\{A, B\} = \frac{1}{2}(AB + BA)$ i J_i és la component i del moment angular amb nombre quàntic $J = 3/2$.

Si expandim les matrius de moment angular en la base $\{|3/2, 3/2\rangle, |3/2, 1/2\rangle, |3/2, -1/2\rangle, |3/2, -3/2\rangle\}$ obtenim la representació matricial de l'Hamiltonià de Luttinger-Kohn H_{LK} de massa constant per a la valència:[2]

$$H_{LK} = -\begin{pmatrix} P+Q & -S & R & 0 \\ -S^\dagger & P-Q & 0 & R \\ R^\dagger & 0 & P-Q & S \\ 0 & R^\dagger & S^\dagger & P+Q \end{pmatrix} \tag{2}$$

amb

$$\begin{aligned} P &= [\gamma_1(kx^2 + ky^2 + kz^2)]/2 \\ Q &= [\gamma_2(kx^2 + ky^2 - 2kz^2)]/2 \\ R &= [-\sqrt{3}\gamma_2(kx^2 - ky^2) + i\,2\sqrt{3}\gamma_3 kxky]/2 \\ S &= \gamma_3\sqrt{3}(kx - i\,ky)kz \\ S^\dagger &= \gamma_3\sqrt{3}kz(kx + i\,ky) \\ R^\dagger &= [-\sqrt{3}\gamma_2(kx^2 - ky^2) - i\,2\sqrt{3}\gamma_3 kxky]/2 \\ Q^\dagger &= Q \end{aligned} \tag{3}$$

on $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ són els anomenats paràmetres de Luttinger.

El terme R trenca la simetria axial d'aquest Hamiltonià. Nosaltres[3] hem utilitzat una aproximació en la que la γ_3 que apareix en aquest terme R la canviem per γ_2. Més adient hagués segut utilitzar estrictament l'aproximació axial[4] que suposa canviar les constants γ_2 i γ_3 d'aquest terme per $\tilde{\gamma} = (\gamma_2 + \gamma_3)/2$, com per exemple fa Pacheco[5] que converteix R en:

$$R = -\frac{\sqrt{3}}{2}\tilde{\gamma}(k_x - i\,k_y)^2 = -\frac{\sqrt{3}}{2}\tilde{\gamma}k_-^2 \tag{4}$$

Amb el que resulta un Hamiltonià idèntic al que vam usar en el paper amb Doty[3] excepte que allí en lloc de $\tilde{\gamma}$ usarem γ_2. Val a dir que, en el paper amb Carlos[6] per a massa variable, usarem $\tilde{\gamma}$.

References

[1] J.M. Luttinger, *Phys. Rev.* 1030 **102**, 1956.

[2] Shun Lien Chuang, Physics of photonic devices, Wiley (2009), pag 127-129.

[3] J.Planelles, J.I. Climente, F. Rajadell, M. F. Doty, A S. Bracker, and D. Gammon *Phys. Rev.* 82, 155307 **82**, 2010.

[4] Lok C. Lew Yan Voon and M. Willatzen, The k·p method, Springer (2009), p. 114

[5] M. Pacheco and Z. Barticevic, *J. Phys: Condens. Matter.* 1079 **11** 1999.

[6] C. Segarra, J.I. Climente and J. Planelles, *J. Phys: Condens. Matter.* 11580 **24** 2012.