

$$\Delta_0^{(1)} = \hbar \langle 00 | x_1^2 - 2x_1x_2 + x_2^2 | 00 \rangle$$

$$\Delta_0^{(1)} = \hbar (\langle 0_1 | x_1^2 | 0_1 \rangle + \langle 0_2 | x_2^2 | 0_2 \rangle)$$

pues $\langle 0_1 | x_1 | 0_1 \rangle = \langle 0_2 | x_2 | 0_2 \rangle = 0$

$$x \sim (a + a^\dagger)$$

Usando el teorema del virial $\langle T \rangle = \langle V \rangle = \frac{E}{2}$

$$\frac{m\omega^2}{2} \langle x^2 \rangle = \frac{E_0}{2}$$

$$\Rightarrow \langle x^2 \rangle = \frac{\hbar}{2m\omega}$$

también se puede calcular con op. a rat.

$$\Delta_0^{(1)} = \frac{\hbar}{m\omega}$$

iii) Corrección al primer excitado (degenerado)

Debemos diagonalizar V en el subespacio de degeneración. En este caso dado que V no depende del spin, la matriz de V es diagonal por ortogonalidad de los estados de spin.

$$\begin{aligned} \Delta_{S=0}^{(1)} &= \langle \varphi_+ | V | \varphi_+ \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (\langle 01 | + \langle 10 |) V (| 01 \rangle + | 10 \rangle) \frac{1}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1}{2} (\langle 01 | V | 01 \rangle + \langle 10 | V | 10 \rangle + \langle 01 | V | 10 \rangle + \langle 10 | V | 01 \rangle) \\ &= J + J \end{aligned}$$

(direct) $J = \langle 01 | V | 01 \rangle$
(intercambio) $J = \langle 01 | V | 10 \rangle$

$$\begin{aligned} \Delta_{S=1}^{(1)} &= \langle \varphi_- | V | \varphi_- \rangle \\ &= J - J \end{aligned}$$