

- In modo analogo si ha per il termine di magnetizzazione si ha:

$$\begin{aligned}\hat{\vec{\sigma}}_m(\vec{r}) &= c \vec{\nabla} \times \hat{M}(\vec{r}) \\ &= \frac{e\hbar}{2mc} \sum_{j=1}^A \left(\mu_p \frac{1}{2} (1 + \hat{\sigma}_j^z) + \mu_n \frac{1}{2} (1 - \hat{\sigma}_j^z) \right) \vec{\nabla} \times \vec{\sigma}(j) \delta(\vec{r} - \vec{r}_j)\end{aligned}$$

dove $\mu_p = 2.793$ $\mu_n = -1.813$ $\vec{\sigma}(j)$ la matrice di Pauli che descrive lo spin della j -esima particella.

- Correnti a due corpi

L'equazione di continuità classica

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{\sigma}(\vec{r}, t) = - \frac{\partial \rho(\vec{r}, t)}{\partial t}$$

si esprime quantisticamente come eguaglianza di elementi di matrice

$$\langle \psi_n | \vec{\nabla} \cdot \vec{\sigma} | \psi_0 \rangle = - \langle \psi_n | \frac{\partial}{\partial t} \rho | \psi_0 \rangle$$

la dipendenza dal tempo è resa esplicita in rappresentazione di Heisenberg quindi:

$$\begin{aligned}\langle \psi_n | e^{\frac{iHt}{\hbar}} \vec{\nabla} \cdot \vec{\sigma} e^{-\frac{iHt}{\hbar}} | \psi_0 \rangle &= - \langle \psi_n | \frac{\partial}{\partial t} \left[e^{\frac{iHt}{\hbar}} \rho e^{-\frac{iHt}{\hbar}} \right] | \psi_0 \rangle \\ &= e^{\frac{i(E_n - E_0)t}{\hbar}} \langle \psi_n | \vec{\nabla} \cdot \vec{\sigma} | \psi_0 \rangle = \\ &\quad - \langle \psi_n | iH \left[e^{\frac{iHt}{\hbar}} \rho e^{-\frac{iHt}{\hbar}} \right] - i \left[e^{\frac{iHt}{\hbar}} \rho e^{-\frac{iHt}{\hbar}} \right] H | \psi_0 \rangle \\ &= -i \frac{1}{\hbar} (E_n - E_0) e^{\frac{i(E_n - E_0)t}{\hbar}} \langle \psi_n | \rho | \psi_0 \rangle\end{aligned}$$