

- Nel nostro caso abbiamo che i nucleoni producono una densità di carica, una di corrente di convezione ed una di magnetizzazione.

- L'elemento di matrice per la carica è:

$$\begin{aligned}
 \langle \psi_b | \hat{Q} | \psi_a \rangle &= \int d^3r \, q(\vec{r}) \\
 &= \int d^3r \, \psi_b^*(\vec{r}) \, \hat{Q}(\vec{r}) \, \psi_a(\vec{r}) \\
 &= \int d^3r \, \psi_b^*(\vec{r}) \sum_{i=1}^A e_i \delta(\vec{r} - \vec{r}_i) \frac{1}{2} (1 + \tau_i^3) \psi_a(\vec{r})
 \end{aligned}$$

- Quindi l'operatore ad un corpo è:

$$\hat{Q}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^A e_i \delta(\vec{r} - \vec{r}_i) \frac{1}{2} (1 + \tau_i^3)$$

il contributo è dato da tutti i nucleoni di carica e_i (ho scelto soltanto i protoni) che si trovano nel punto $\vec{r}$.

- Per la corrente di convezione è: il flusso delle cariche che si trovano in $\vec{r}$:

$$\begin{aligned}
 \langle \psi_b | \hat{\sigma}_c | \psi_a \rangle &= \int d^3r \, \psi_b^*(\vec{r}) \hat{\sigma}_c(\vec{r}) \psi_a(\vec{r}) \\
 &= \int d^3r \, \frac{-ie\hbar}{2m} \sum_{i=1}^A \left[\psi_b^*(\vec{r}) \vec{\nabla}_i \psi_a(\vec{r}) - \psi_a(\vec{r}) \vec{\nabla}_i \psi_b^*(\vec{r}) \right] \delta(\vec{r} - \vec{r}_i) \frac{1}{2} (1 + \tau_i^3) \\
 &= \int d^3r \, \psi_b^*(\vec{r}) \left[\frac{e\hbar}{2m} \sum_{j=1}^A (\vec{\nabla}_j - \overleftarrow{\nabla}_j) \delta(\vec{r}_j - \vec{r}) \frac{1}{2} (1 + \tau_j^3) \right] \psi_a(\vec{r})
 \end{aligned}$$

$$\hat{\sigma}_c(\vec{r}) = \frac{-ie\hbar}{2m} \sum_{j=1}^A (\vec{\nabla}_j - \overleftarrow{\nabla}_j) \delta(\vec{r}_j - \vec{r}) \frac{1}{2} (1 + \tau_j^3)$$