Интерференция спиновых и орбитальных токов для дипольных переходов в ядрах 1f2p оболочки.

Долгодворов А.П.

Студент 5 курса.

Фото- и электровозбуждение.

$$\frac{d\sigma(e,e')}{d\Omega}=\frac{4\pi\sigma_M}{\eta_R}\left\{\left(\frac{q_\mu^4}{q^4}\right)F_L^2(q,\omega)+\left(\frac{q_\mu^2}{2q^2}+\mathrm{tg}^2\frac{\theta}{2}\right)F_T^2(q,\omega)\right\}$$

$$F_T^2(q)=(2J_i+1)^{-1}\sum_{J=1}^{J_{max}}\left\{\left|\left\langle J_f\left\|\hat{T}_J^{el}(q)\right\|J_i\right\rangle\right|^2+\left|\left\langle J_f\left\|\hat{T}_J^{mag}(q)\right\|J_i\right\rangle\right|^2\right\}=\sum_{J=1}^{J_{max}}\left(F_{EJ}^2+F_{MJ}^2\right)$$

$$\hat{T}_{JM}^{el}(q)=\frac{q}{2M}\sum_{i=1}^{A}\{\hat{g}_j j_J(qr_j)\left[Y_J(\Omega_j)\times\hat{\sigma}_j\right]^{JM}+$$

$$+\frac{2\hat{e}_i}{q}\left(\sqrt{\frac{J+1}{2J+1}}j_{J-1}(qr_j)[Y_{J-1}(\Omega_j)\times\hat{\nabla}_j]^{JM}-\sqrt{\frac{J}{2J+1}}j_{J+1}(qr_j)\left[Y_{J+1}(\Omega_i)\times\hat{\nabla}_i\right]^{JM}\right)$$

Расчет матричных элементов

$$\underline{\left\langle n'l'j'\left\| j_J(qr)\left[Y_L\times\vec{\sigma}\right]^J\right\| nlj\right\rangle} = (-1)^{l'}\frac{\sqrt{6}}{\sqrt{4\pi}}\times$$

$$\times\sqrt{(2l'+1)(2l+1)(2j'+1)(2j+1)}\sqrt{(2J+1)(2L+1)}\times$$

$$\times\begin{Bmatrix} l' & l & L \\ 1/2 & 1/2 & 1 \\ j' & j & J \end{Bmatrix}\begin{pmatrix} l' & L & l \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}\left\langle n'l'\left| j_J(qr)\right| nl\right\rangle.$$

$$\underline{\left\langle n'l'j'\left\| j_L(qr)\left[Y_L\times\vec{\nabla}\right]^J\right\| nlj\right\rangle} = (-1)^{l'+j-1/2}\frac{1}{\sqrt{4\pi}}\times$$

$$\times\sqrt{(2l'+1)(2l+1)(2j'+1)}\times\sqrt{(2j+1)(2J+1)(2L+1)}\times$$

$$\begin{Bmatrix} l' & j' & 1/2 \\ j & l & J \end{Bmatrix}\times\left(\widehat{D}_L^- + \widehat{D}_L^+\right),$$

3j, 6j и 9j символы были взяты с www-stone.ch.cam.ac.uk/wigner.shtml

Случай использования волновых функций гармонического осциллятора

$$\langle 1l'|j_L(qr)|1l\rangle = \frac{2^{L/2}}{(2L+1)!!} y^{L/2}\exp(-y)\frac{(l'+l+L+1)!!}{\left[(2l'+1)!!(2l+1)!!\right]^{1/2}}\times$$

М.э. имеет аналитическое выражение

$$\times F\left[\frac{1}{2}(L-l'-l); L+3/2; y\right],$$

$$F(a,c,y) = 1+\frac{a}{c}y+\frac{a(a+1)}{c(c+1)}\cdot\frac{y^2}{2!}+\ldots\ldots$$

$$\boxed{y=\left(\frac{qb}{2}\right)^2}$$

$$+$$

Рекуррентрые соотношения:

$$|2l\rangle = (l+3/2)^{1/2}|1l\rangle-(l+5/2)^{1/2}|1l+2\rangle,$$

$$|3l\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left\{\begin{array}{l}\left[(l+5/2)(l+3/2)\right]^{1/2}|1l\rangle-2(l+5/2)|1l+2\rangle+\\ \left[(l+9/2)(l+7/2)\right]^{1/2}|1l+4\rangle\end{array}\right\}$$

Результаты расчета

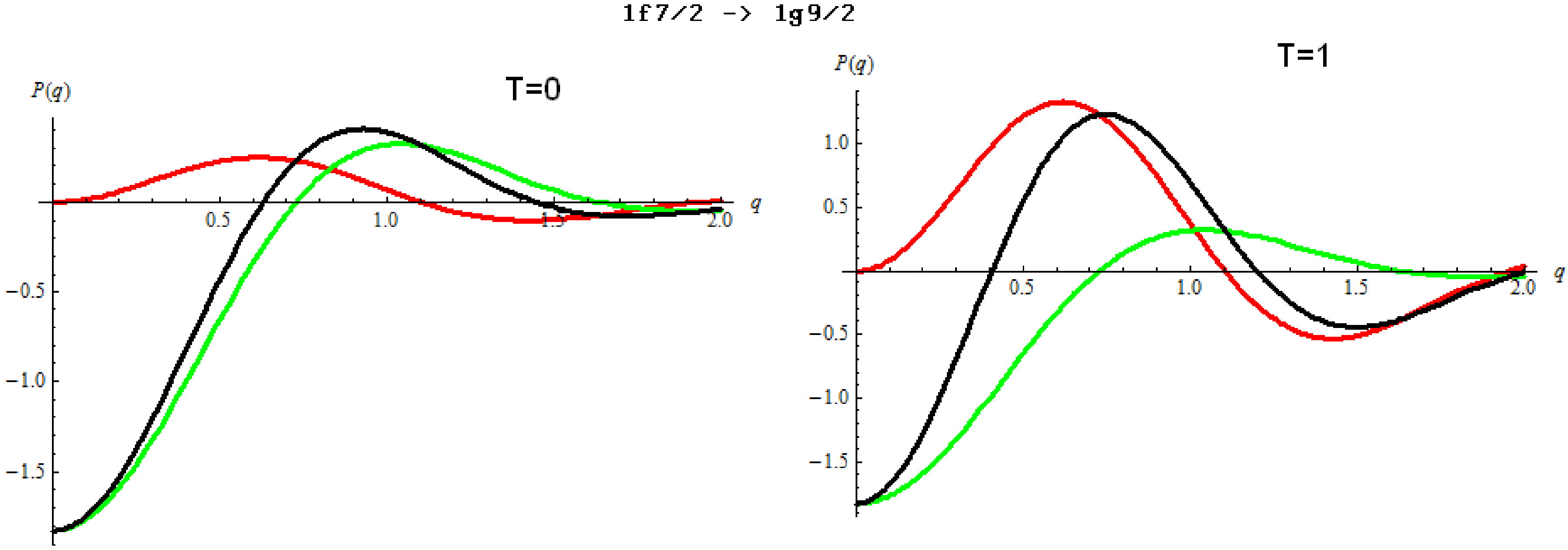
$$\langle n'l'j'\|\hat{T}_1^{el}\|nlj\rangle = \sqrt{\frac{1}{4\pi}}\left(\frac{1}{bM}\right)e^{-y}\left[\hat{\mu}_j A_1(y) + \hat{e}_j\left(B_0(y) - B_2(y)\right)\right]$$

	$1f_{5/2} \to 2d_{5/2}$	$1f_{5/2} \to 2d_{3/2}$	$1f_{5/2} \to 1g_{7/2}$
$A_1(y)$	$\frac{12}{\sqrt{35}}y\cdot\left(1-\frac{13}{5}y+\frac{8}{7}y^2-\frac{4}{35}y^3\right)$	$2\sqrt{\frac{2}{5}}y\cdot\left(1-\frac{13}{5}y+\frac{8}{7}y^2-\frac{4}{35}y^3\right)$	$-6\sqrt{\frac{2}{7}}y\cdot\left(1-\frac{6}{5}y+\frac{12}{35}y^2-\frac{8}{315}y^3\right)$
$B_0(y)$	$\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot\left(-\sqrt{\frac{6}{35}}\right)\cdot\left(1-\frac{1}{3}y+\frac{2}{3}y^2-\frac{4}{7}y^3+\frac{8}{105}y^4\right)$	$\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot\left(-2\sqrt{\frac{3}{5}}\right)\cdot\left(1-\frac{1}{3}y+\frac{2}{3}y^2-\frac{4}{7}y^3+\frac{8}{105}y^4\right)$	$\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot\left(-6\sqrt{\frac{3}{7}}\right)y\cdot\left(1-\frac{8}{3}y+\frac{8}{5}y^2-\frac{32}{105}y^3+\frac{16}{945}y^4\right)$
$B_2(y)$	$\sqrt{\frac{1}{3}}\cdot\frac{64}{5\sqrt{105}}y\cdot\left(1-\frac{149}{112}y+\frac{3}{7}y^2-\frac{1}{28}y^3\right)$	$\sqrt{\frac{1}{3}}\cdot\frac{64}{5}\sqrt{\frac{2}{15}}y\cdot\left(1-\frac{149}{112}y+\frac{3}{7}y^2-\frac{1}{28}y^3\right)$	$\sqrt{\frac{1}{3}}\cdot\frac{8}{5}\sqrt{\frac{6}{7}}y\cdot\left(1-\frac{15}{7}y+\frac{16}{21}y^2-\frac{4}{63}y^3\right)$
$B_0(y)-B_2(y)$	$-\frac{2}{\sqrt{35}}\cdot\left(1+\frac{9}{5}y-\frac{76}{35}y^2+\frac{12}{35}y^3\right)$	$-2\sqrt{\frac{2}{5}}\cdot\left(1+\frac{9}{5}y-\frac{76}{35}y^2+\frac{12}{35}y^3\right)$	$-6\sqrt{\frac{2}{7}}\cdot\left(1-\frac{12}{5}y+\frac{36}{35}y^2-\frac{32}{315}y^3\right)$

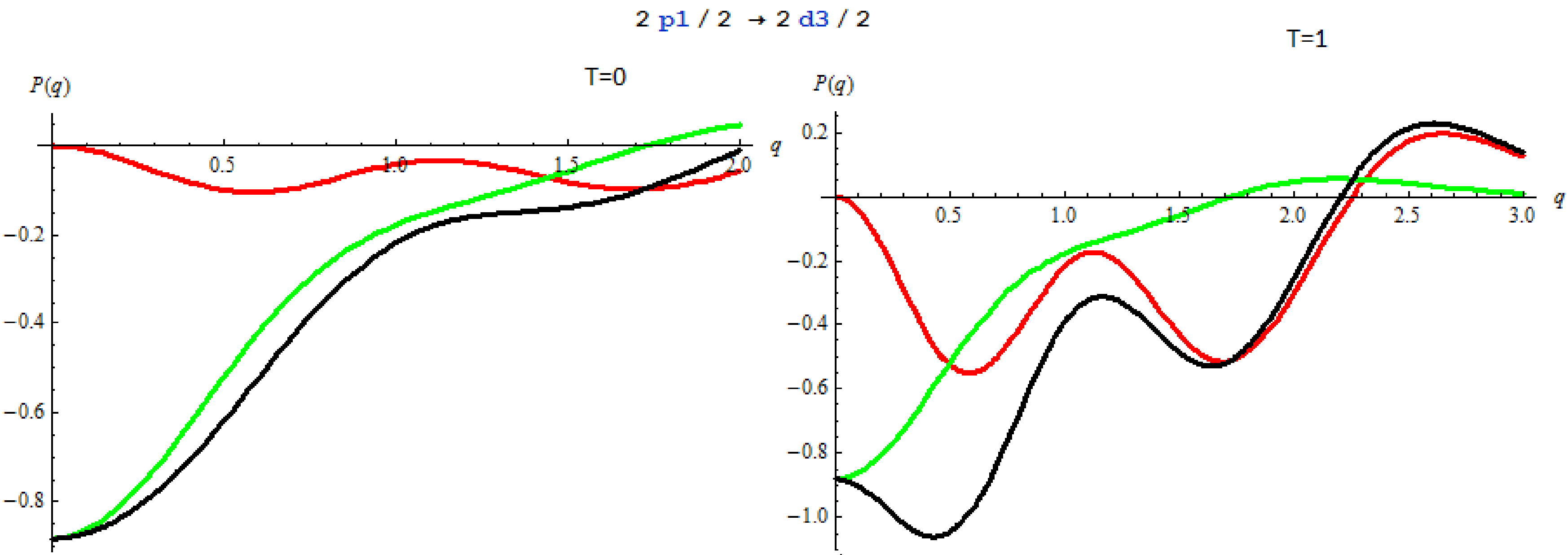
	$2p_{1/2} \to 2d_{3/2}$	$2p_{1/2} \to 3s_{1/2}$
$A_1(y)$	$-\frac{2}{3}\sqrt{7}y\cdot\left(1-\frac{8}{5}y+\frac{6}{7}y^2-\frac{4}{35}y^3\right)$	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y\cdot\left(1-\frac{11}{5}y+\frac{6}{5}y^2-\frac{1}{5}y^3\right)$
$B_0(y)$	$\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot\left(-\sqrt{\frac{14}{3}}\right)\cdot\left(1-2y+2y^2-\frac{16}{21}y^3+\frac{8}{105}y^4\right)$	$\sqrt{\frac{2}{3}}\cdot\left(-\frac{2}{\sqrt{3}}\right)\cdot\left(1-y+\frac{8}{5}y^2-\frac{11}{15}y^3+\frac{2}{15}y^4\right)$
$B_2(y)$	$\sqrt{\frac{1}{3}}\cdot\frac{8}{5}\sqrt{\frac{7}{3}}y\cdot\left(1-\frac{9}{7}y+\frac{2}{3}y^2-\frac{2}{21}y^3\right)$	$\sqrt{\frac{1}{3}}\cdot\frac{16}{5}\sqrt{\frac{2}{3}}y\cdot\left(1-\frac{5}{4}y+\frac{7}{12}y^2-\frac{1}{12}y^3\right)$
$B_0(y)-B_2(y)$	$-\frac{2}{3}\sqrt{7}\cdot\left(1-\frac{6}{5}y+\frac{34}{35}y^2-\frac{8}{35}y^3\right)$	$-\frac{2}{3}\sqrt{2}\cdot\left(1+\frac{3}{5}y-\frac{2}{5}y^2+\frac{1}{5}y^3\right)$

$$\boxed{y = \left(\frac{qb}{2}\right)^2}$$

Интерференция спиновых и орбитальных токов



Интерференция спиновых и орбитальных токов



Итоги

- Были заново проведены расчеты матричных элементов формфакторов E1 переходов и выявлены неточности в предыдущих результатах.
- Построены графики формфакторов.
- Данные расчеты будут применены для расчёта E1 резонанса в изотопах Fe и Ni.