

Прямой ядерный фотоэффект на около-поверхностных состояниях тяжелых деформированных ядер

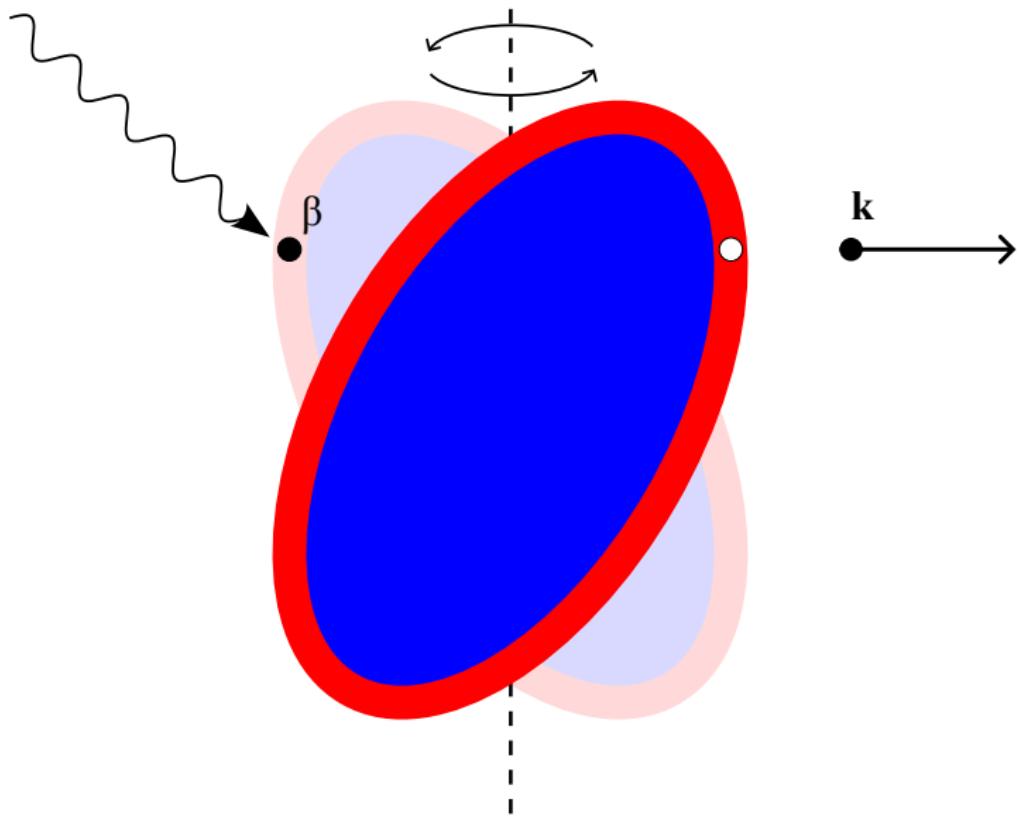
В. Н. Орлин, К. А. Стопани

Семинар памяти профессора Б. С. Ишханова
Фотоядерные исследования. Состояние и перспективы
23 октября 2025 г.

Постановка задачи

- ▶ Direct Nucleon Knock-Out (DKO)
- ▶ Противоречие релятивистских и нерелятивистских расчетов на ^{12}C , ^{16}O , ^{40}Ca при $E_\gamma \geq 60$ МэВ
- ▶ $E_\gamma \leq 40$ МэВ
- ▶ Рассматриваются тяжелые деформированные ядра (аксиальные). В этом случае ввиду отсутствия сферической симметрии присутствует связь между состояниями вращательной полосы остова и орбитальным движением выбиваемого нуклона.
- ▶ Адиабатическое условие: частота вращательного движения \ll частоты колебаний поверхности. В этом случае в. ф. ядра сепарируется в произведение внутреннего состояния и вращательной части.

Описание модели



Описание модели

- ▶ Основное состояние начального ядра

$$|i\rangle = |J_0 M_0\rangle = \sqrt{\frac{2J_0+1}{8\pi^2}} D_{M_0, \Omega+K}^{J_0}(\omega) \phi'_{\beta\Omega} \chi'_{\beta K}.$$

- ▶ Конечное состояние

$$|f\rangle = \Omega_- \left[\sqrt{\frac{2I_n+1}{8\pi^2}} D_{M_n, K}^{I_n}(\omega) \chi'_{\beta K} |ks\rangle \right] = \Omega_- |n\rangle |ks\rangle \equiv |n, ks^{(-)}\rangle.$$

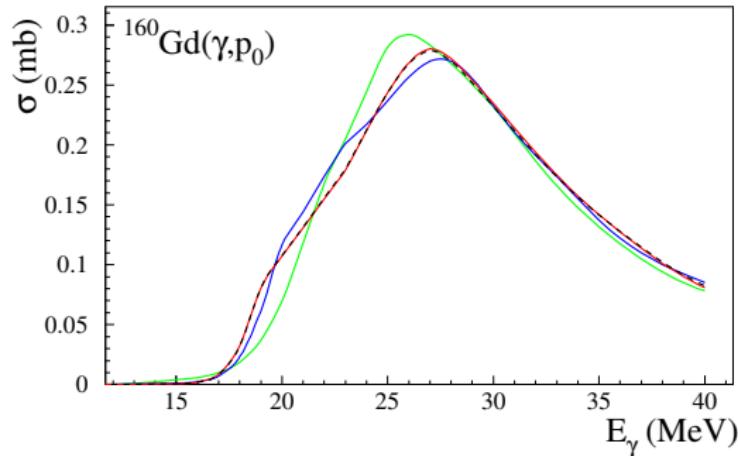
- ▶ В выходном канале реакции $H = T + H_{\text{конечн}} + V$, где потенциал движения нуклона в поле конечного ядра

$V = V_{\text{с-о}}(\text{сферич.}) + V_{\text{ядерн}}(\text{деформ.}) + V_{\text{кул}}(\text{деформ.})$ взят из модели глобального оптического потенциала Koning and Delaroche 2003. $|n\rangle$ — состояние вращательной полосы.

- ▶ $\chi'_{\beta K}$ — состояние конечного ядра в деформированной ОМО в потенциале V . $|n\rangle$ — состояние вращательной полосы на $\chi'_{\beta K}$.
- ▶ Учитываются $E1$ и $E2$ переходы под действием налетающего фотона.

Параметры модели

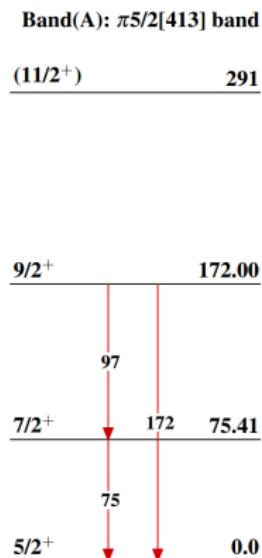
- ▶ \mathcal{T} — момент инерции конечного ядра.
- ▶ $n_{\max} = 4 \div 6$ — число уровней вращательной полосы.
- ▶ $\beta_{\max} = 5 \div 6$ — число задействованных уровней вблизи границы Ферми.
- ▶ N_{\max} и ε_{\max} — размерность осцилляторного базиса.



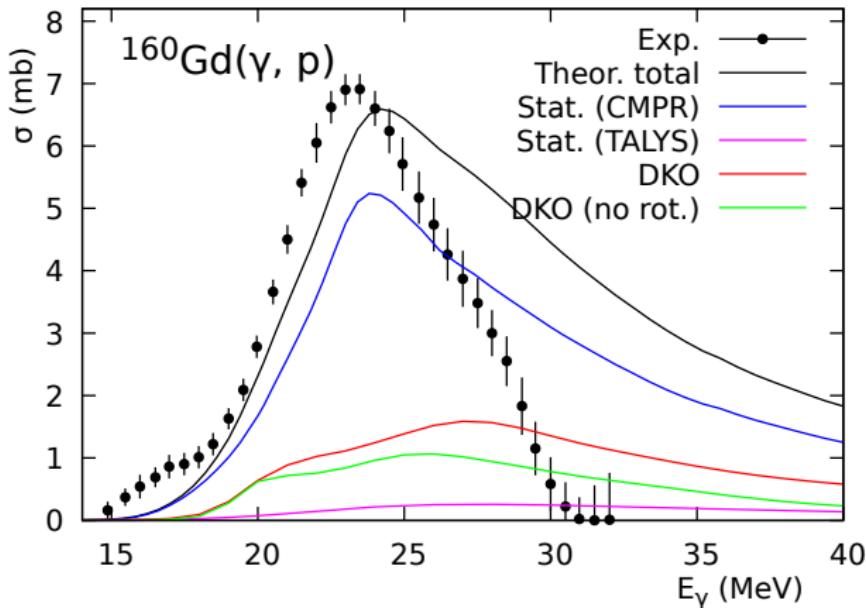
$$\varepsilon_{\max} = 100, 150 \text{ MeV}, N_{\max} = 20, 25, 30.$$

Результаты

$$\delta = 0.335$$

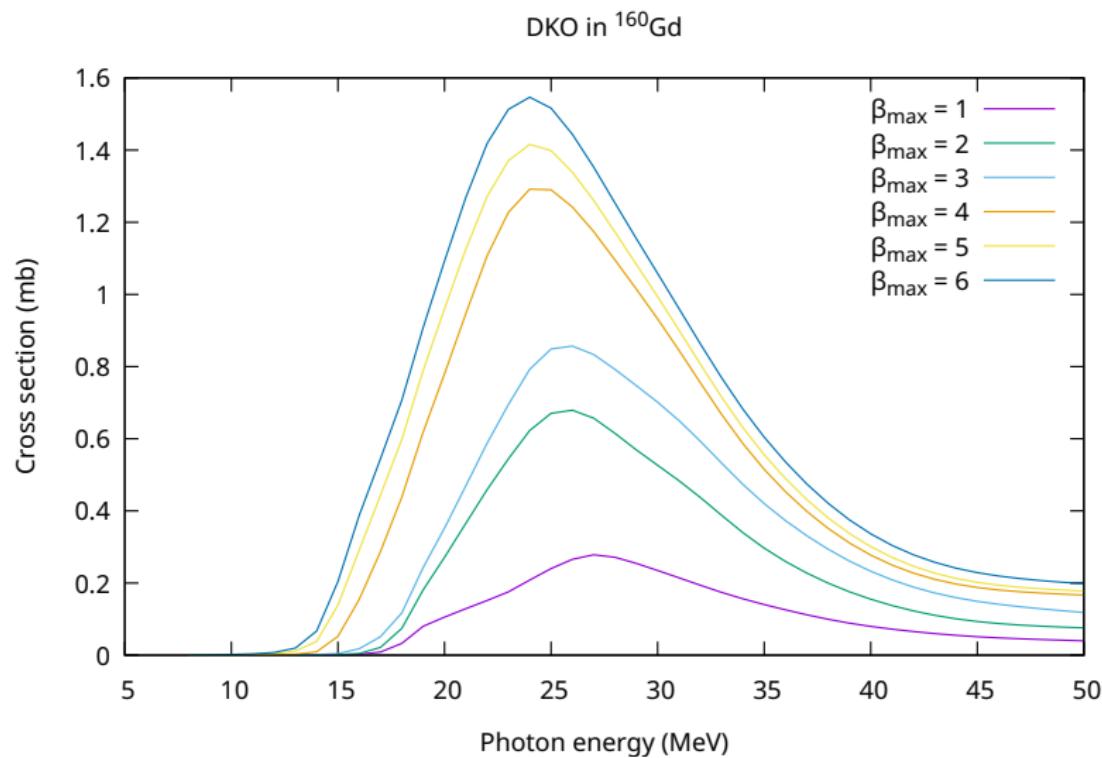


$$\mathcal{T} = 50 \text{ } \hbar^2/\text{MeV}.$$

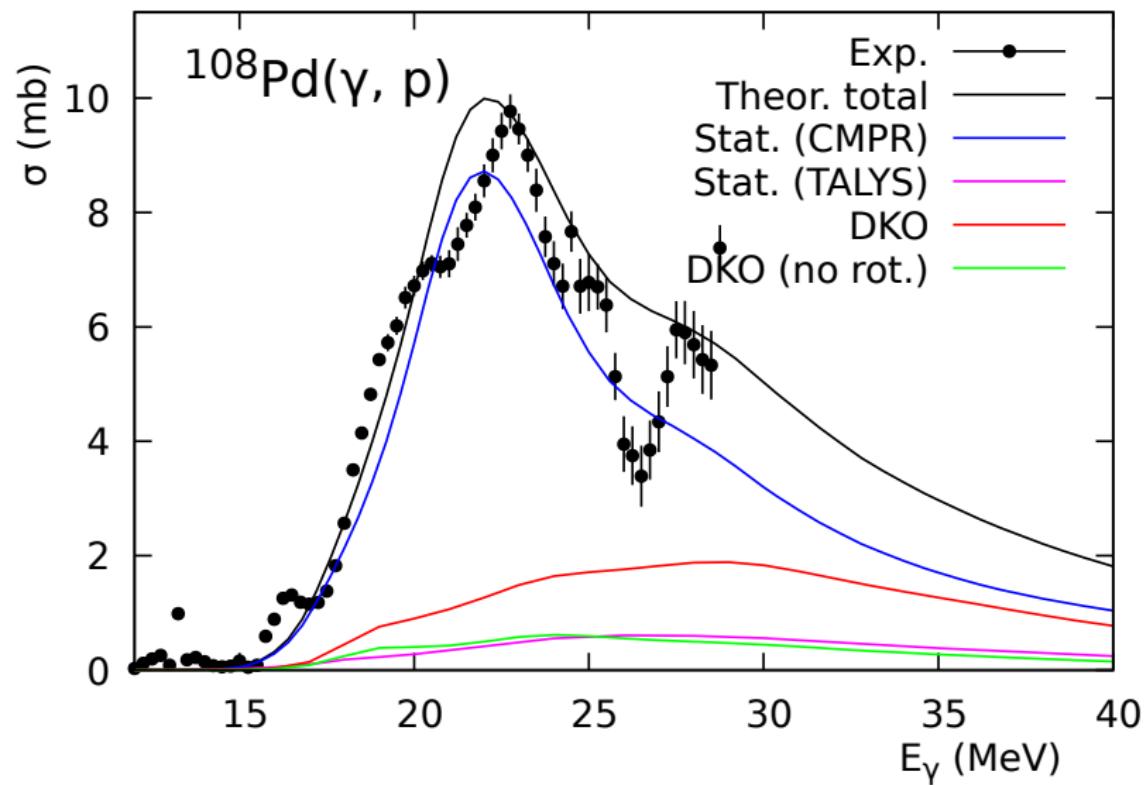


Результаты

Влияние числа задействованных поверхностных уровней

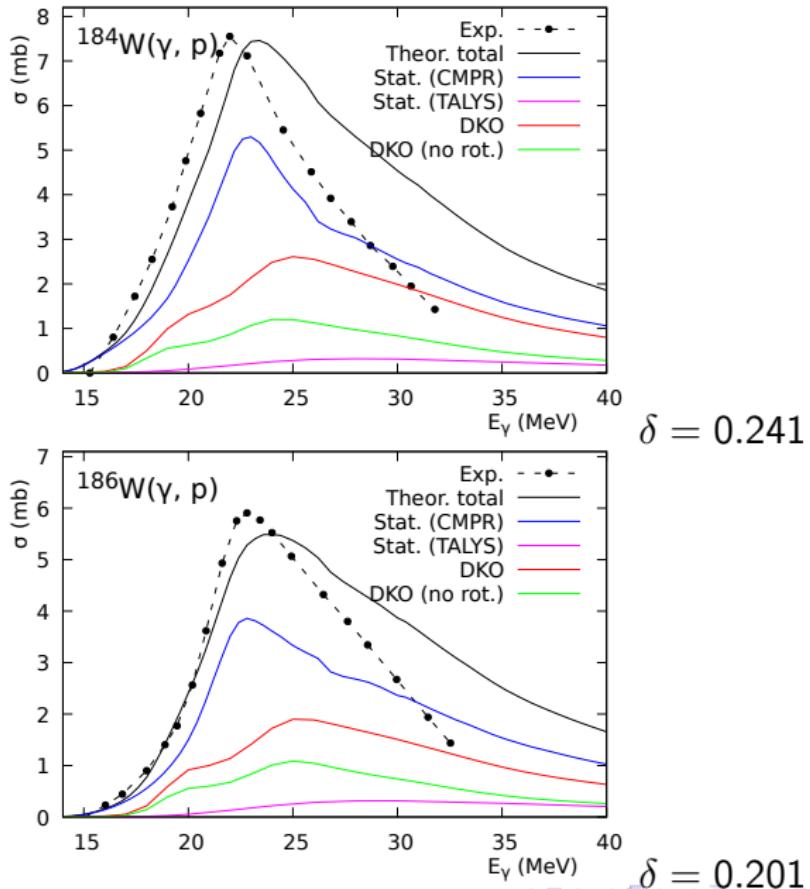


Результаты

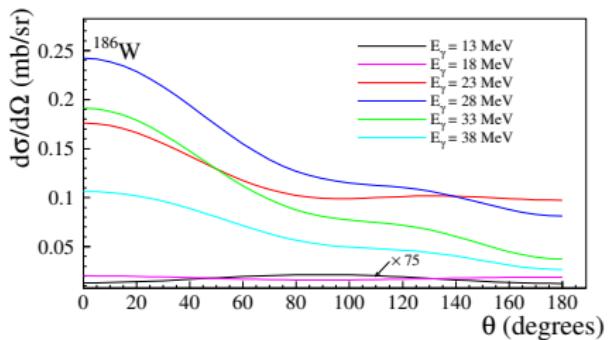
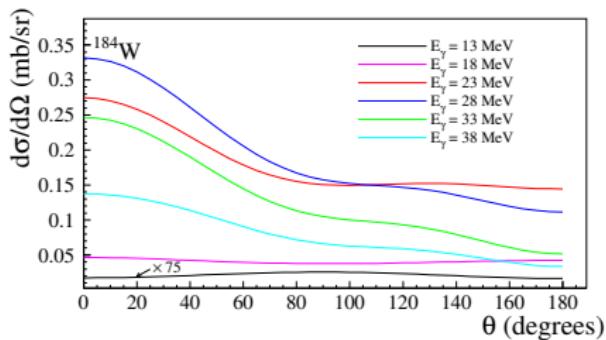
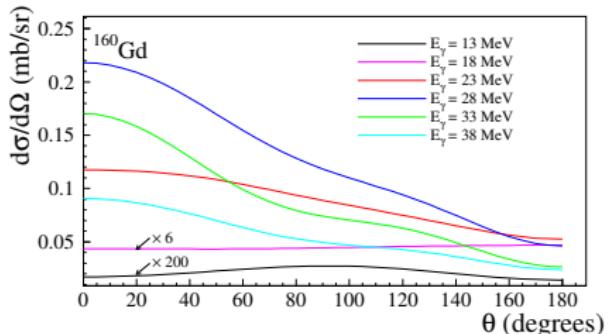
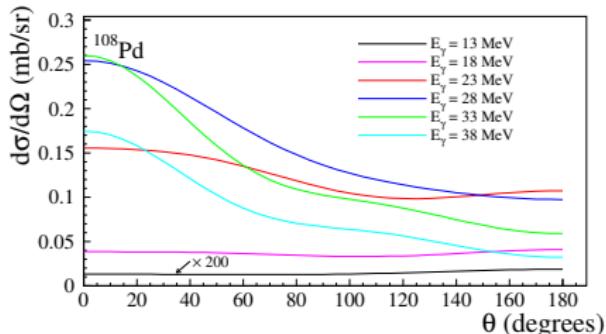


$$\delta = 0.15$$

Результаты



Угловые распределения

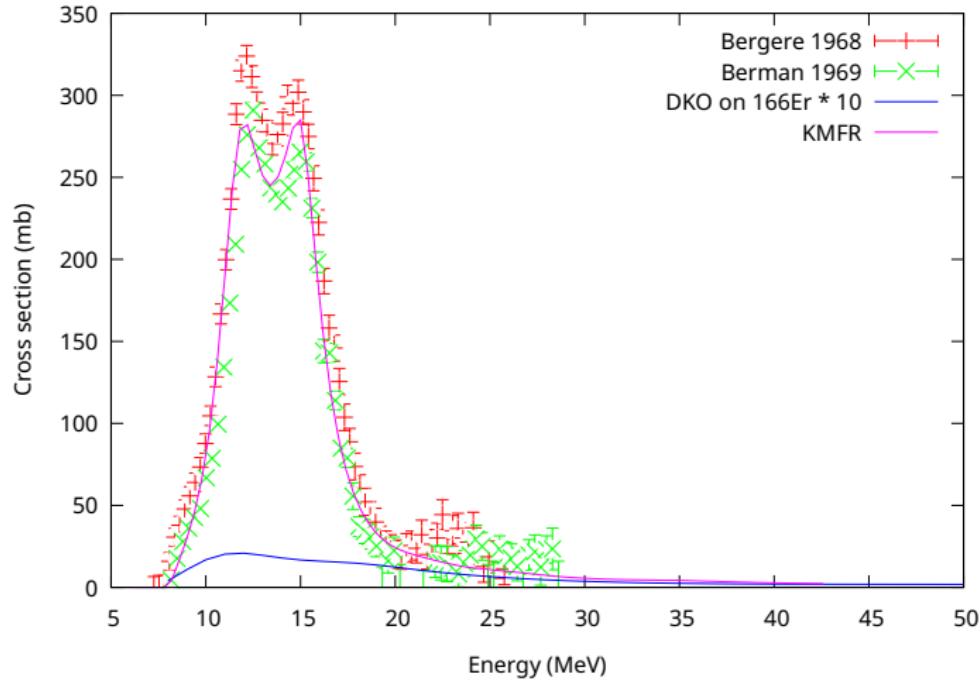
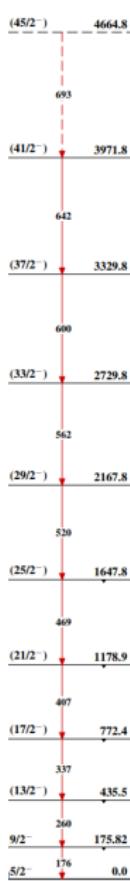


При малых E_γ направление вылета вперед экранировано.

Реакции с вылетом нейтронов: $^{165}\text{Ho}(\gamma, nX)$

Band(C): v5/2[523],

$\alpha=+1/2$



Положение пика воспроизведено, но величина \ll эксп. Здесь $n_{\max} = 6$. Задействовав всю полосу и большее β_{\max} , можно претендовать на коррекцию результата КМФР.

Заключение

- ▶ Прямой ядерный фотоэффект с около-поверхностных состояний тяжелых деформированных ядер представляет существенную поправку к сечениям фотопротонных реакций при $E_\gamma \leq 40$ МэВ.
- ▶ Возможны и другие каналы прямых фотоядерных реакций при более высоких энергиях.
- ▶ Вместо близости к уровню Ферми задействованные уровни можно выбирать по принципу максимума поверхностной концентрации. Эффект образования пар.
- ▶ Величина DKO составляет несколько мб и слабо меняется на соседних изотопах.
- ▶ Приведены все, доступные в базах данные по фотопротонным сечениям на тяжелых ядрах.

Спасибо за внимание!