

К проблеме изучения фотореакций на нейтроне из реакций на дейтроне

А.И. Львов (ФИАН)

[совместно с М.И. Левчук (ИФ, Минск)]

Проект ИНОК – возможность проведения прецизионных исследований процессов, остающихся недостаточно изученными и понятыми до сих пор.

Среди таких процессов – фотореакции на нейтроне.

Ниже – краткое введение в проблему (только постановка задачи – не ее решение).

Казалось бы – хорошо изученная область фоторождения пионов на нуклоне при энергиях в области Δ -резонанса, где сейчас изучаются преимущественно тонкие эффекты, касающиеся киральной динамики...

Основные черты фоторождения пионов на нуклонах описываются борновскими диаграммами с PV -вершиной πNN -взаимодействия, вклада Δ -резонанса, небольшого вклада векторных мезонов и вклада перерассеяния...

Стандартная модель фоторождения – MAID (унитарная изобарная модель) и SAID (феноменологические фиты, включающие унитаризация с помощью K -матричного формализма). Параметры моделей настраиваются по данным на протоне и частично на нейтроне ($\gamma n \rightarrow \pi^- p$). Однако в канале $\gamma n \rightarrow \pi^0 n$ имеются сюрпризы.

Ситуация с полным сечением

Со времен Глаубера –

при очень высоких энергиях, когда рождающиеся и рассеиваемые частицы движутся вперед, имеет место экранирование:

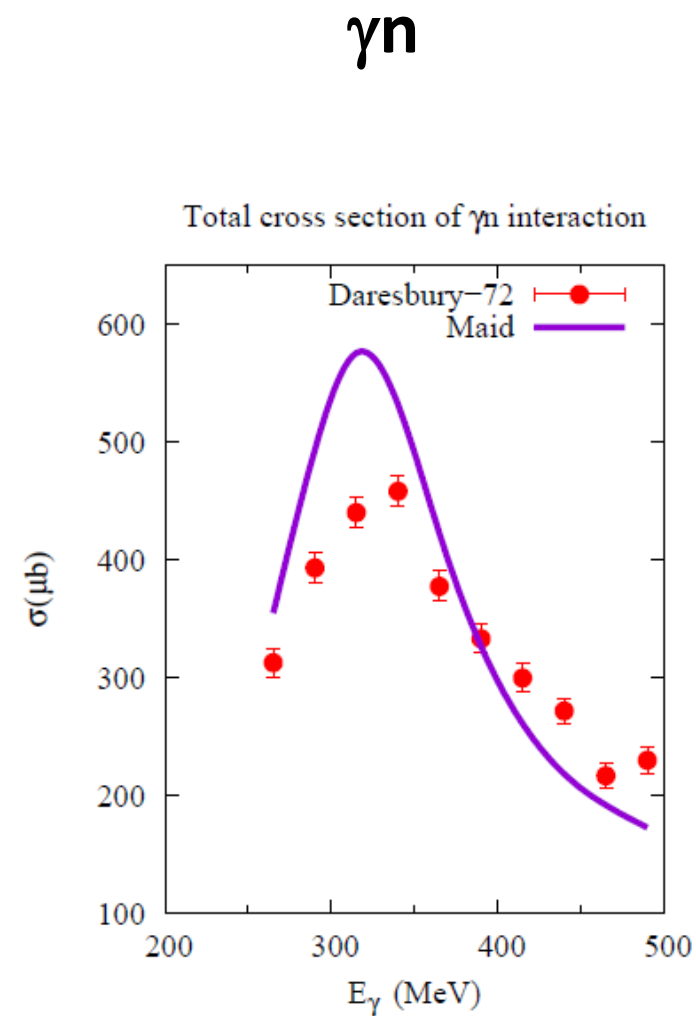
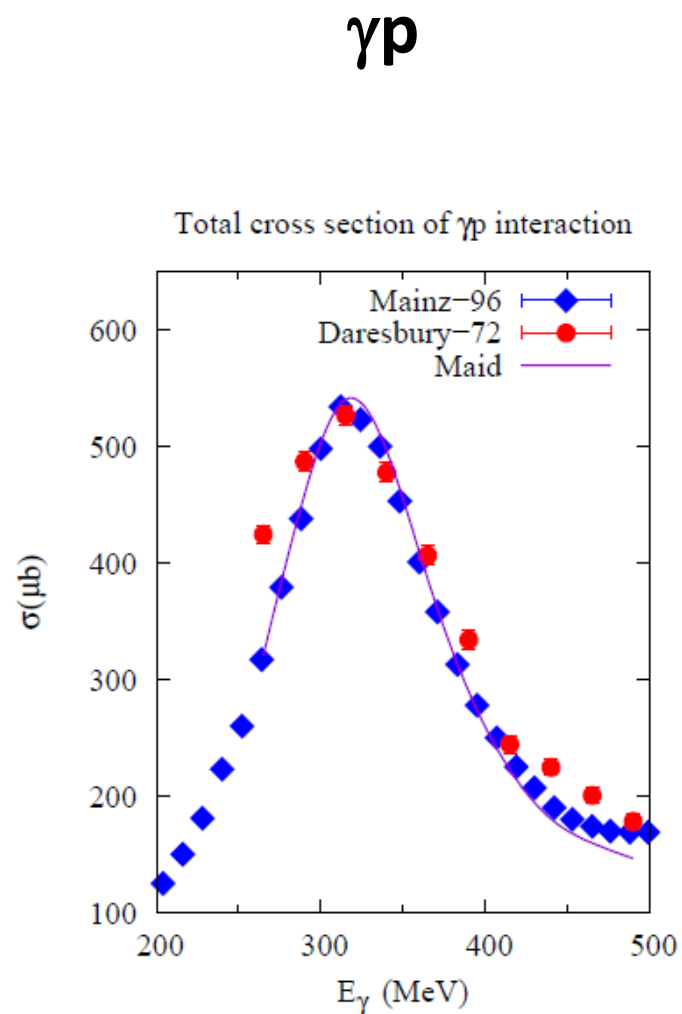
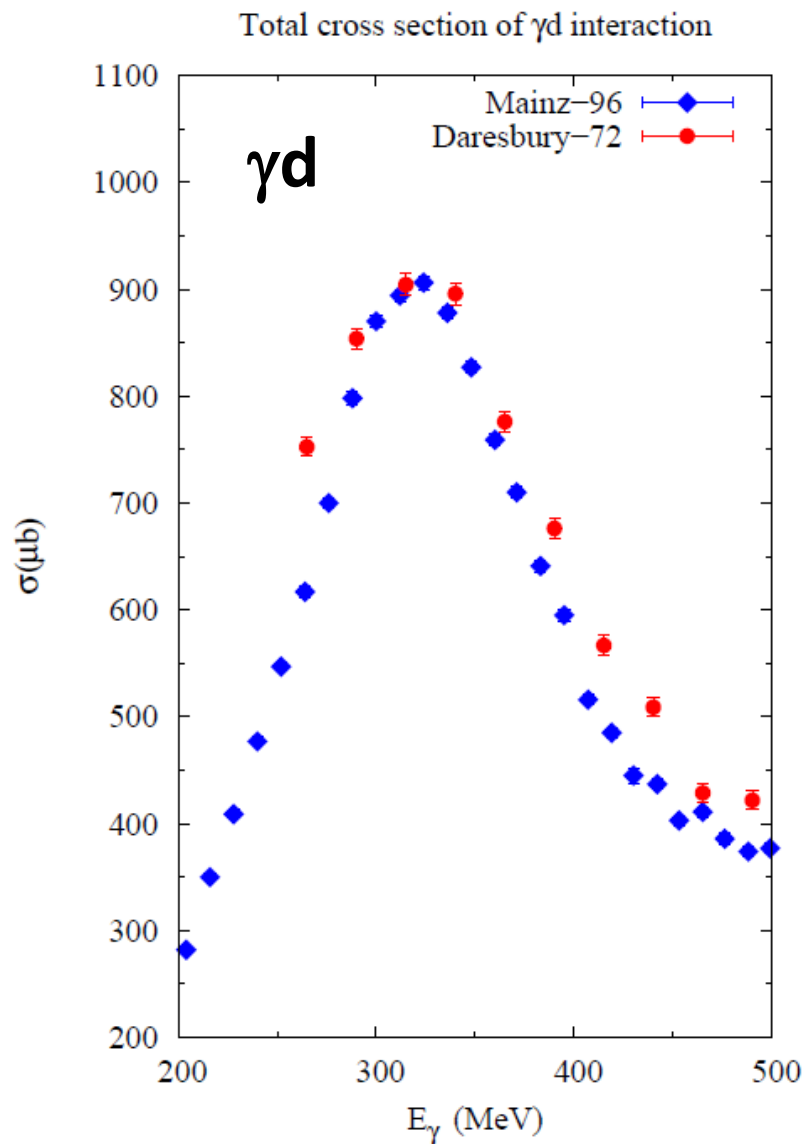
$$\sigma_{\pi d} \simeq \sigma_{\pi p} + \sigma_{\pi n} - (4\pi)^{-1} \langle R^{-2} \rangle \sigma_{\pi p} \sigma_{\pi n}$$

В рамках векторной доминантности аналогичные поправки должны работать и в случае фоторождения – в области энергий выше порога рождения ρ -мезона.

При меньших энергиях экранирование не ожидалось. Ожидалось, что

$$\sigma_{\gamma d} = F(\sigma_{\gamma p} + \sigma_{\gamma n})$$

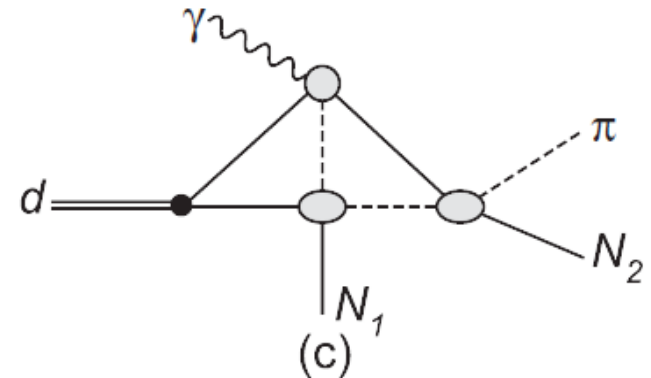
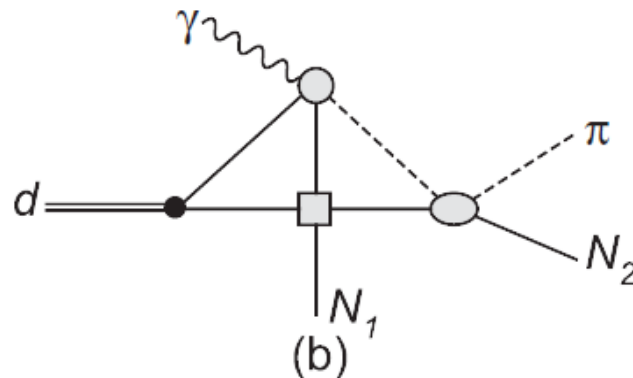
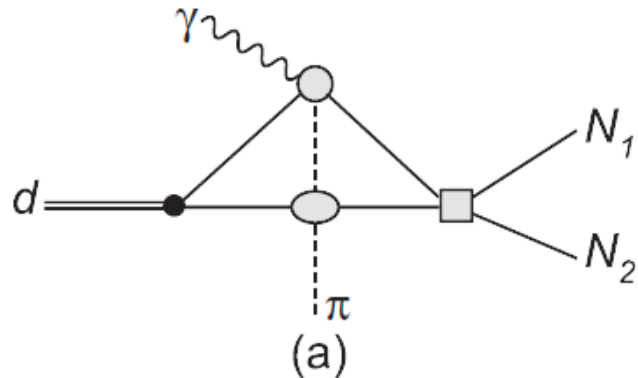
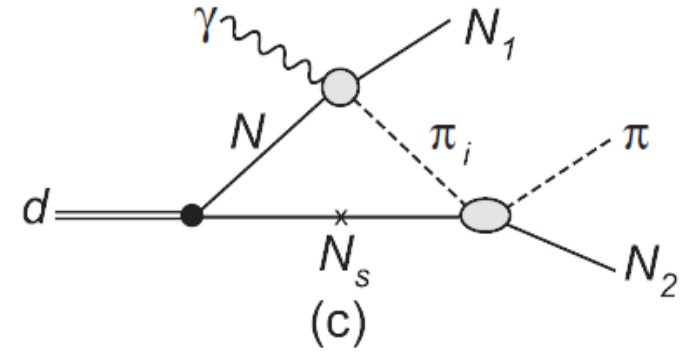
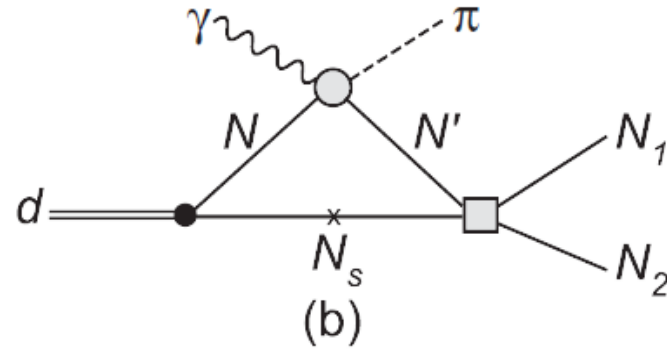
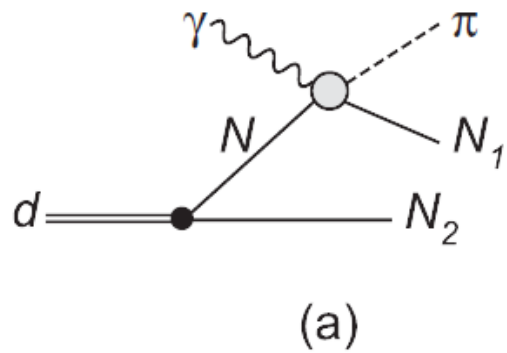
где F – оператор Ферми-размазки (общий фактор). Отсюда определялось нейтронное сечение (Armstrong et al, 1972, Daresbury).



Нейтронное сечение, определенное таким способом, заметно меньше результатов косвенных «измерений» – парциально-волновых анализов.

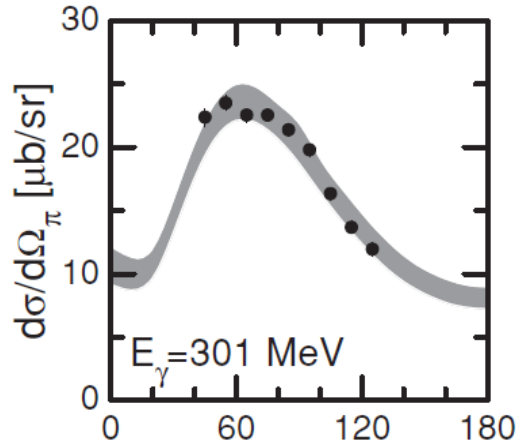
Соответственно теоретические попытки описать полное сечение γd взаимодействия на основе аддитивных вкладов протона и нейтрона сильно перекрываются экспериментальные данные.

Наиболее продвинутые расчеты процессов $\gamma d \rightarrow \pi NN$ в двух петлях (Левчук 2006, 2010; – IA + NN-FSI + πN -FSI + ...):

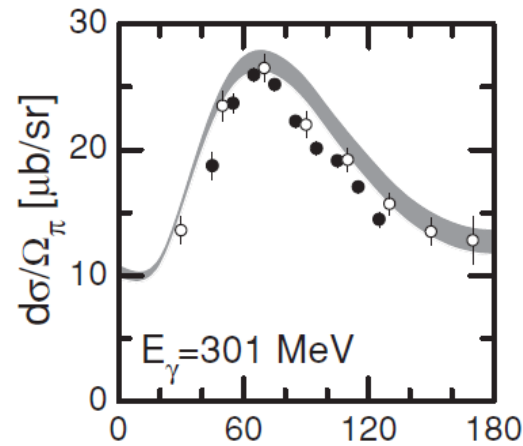


Ситуация с сечением в разных каналах

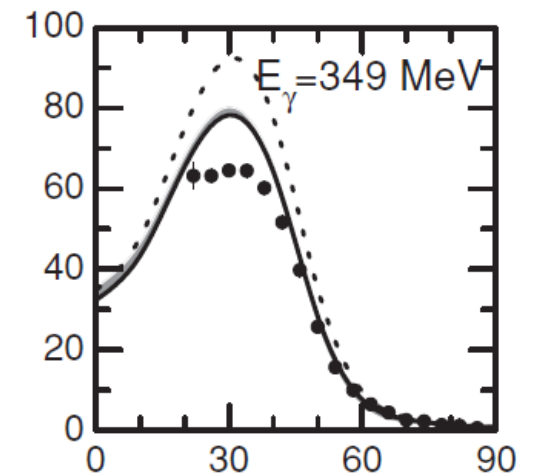
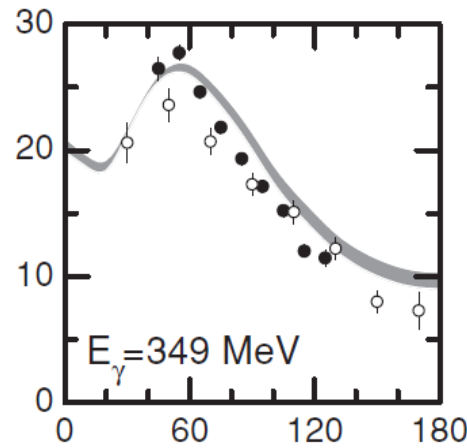
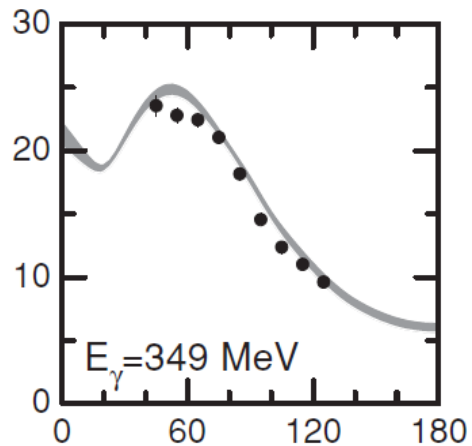
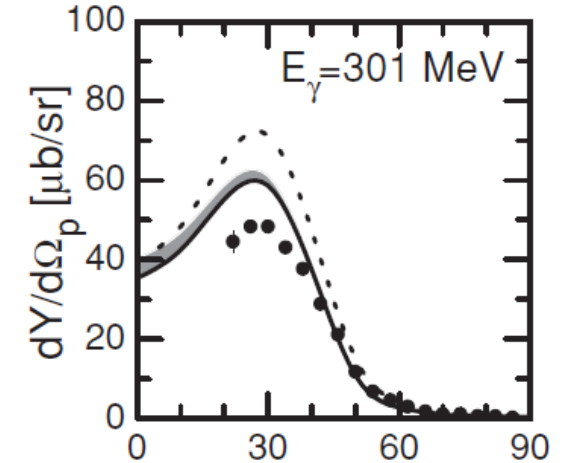
фоторождение на р
 $\gamma d \rightarrow \pi^+ nn$



фоторождение на n
 $\gamma d \rightarrow \pi^- pp$



$\gamma d \rightarrow \pi^0 pn$



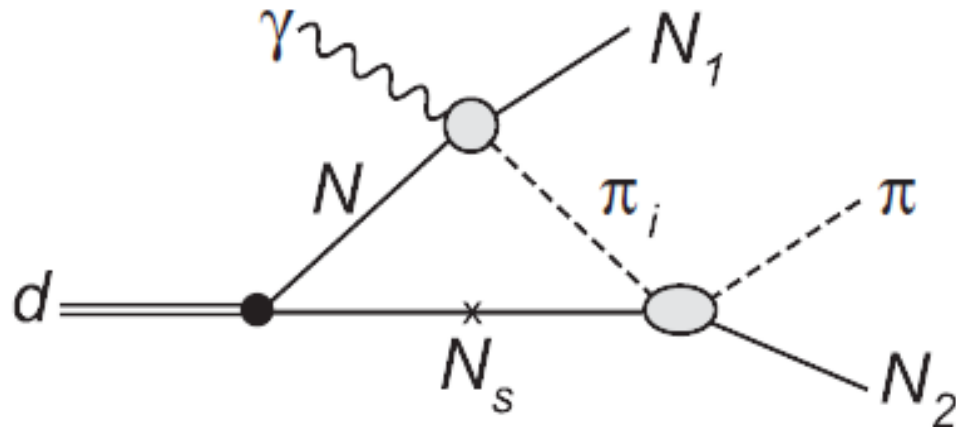
Сильное расхождение в канале с π^0

Наличие таких расхождений подрывает доверие к прецизионному определению свойств нейтрона, извлекаемых из данных по реакциям на дейтроне в рамках практикуемых формализмов, включая использование Quasi-Free Kinematics.

(похожая проблема с $\sim 10\%$ переклестом теоретического сечения есть и в реакции $\gamma d \rightarrow \gamma n p$, в которой исследуются поляризуемости нейтрона.)

Высказывалась догадка (M. Schwamb), что расхождение может быть связано с экранированием – но не Глауберовского типа (дифракционное, на черной сфере), а с поглощением π^0 на паре нуклонов. Во всяком случае, сечение реакции $\gamma d \rightarrow p n$ в области Δ -резонанса достаточно велико.

Конкретный механизм возникновения абсорбции и его влияние на характеристики вылетающих частиц еще предстоит выяснить. Имеется догадка, что он технически может быть связан с наличием обычно неучитываемого дополнительного полюса по энергии в петлевой диаграмме перерассения промежуточного пиона на промежуточном нуклоне... Работа в этом направлении ведется.



Заключительное замечание.

На II этапе ИНОК -

Для изучений фотореакций в области высоких энергий помимо пучков и мишеней требуются прецизионные детекторы заряженных частиц и фотонов (Crystal Balls?), а также детекторы нейтронов. Эта часть проекта еще должна быть проработана.

В этой связи замечу, что совместная группа ФИАН-ОИЯИ (В.А. Басков, С.В. Афанасьев и др.) имеет опыт создания прецизионного нейтронного детектора, который мог бы использоваться и в исследованиях на ИНОК.