

Фотопроцессы на тензорно-поляризованном дейтроне

Д.М.Николенко

ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН

25 декабря 2008 г.

Novosibirsk Electron-Deuteron Collaboration

Л.М. Барков, В.Ф. Дмитриев, М.В. Дюг, И.В. Карнаков, В.А. Лазаренко, С.И. Мишнев,
Д.М. Николенко, И.А. Рачек, Р.Ш. Садыков, Ю.В. Шестаков, Д.К. Топорков Л.И.
Шехтман и С.А. Зеваков

БИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия

А.Ю. Логинов, А.Н. Осипов, А.А. Сидоров и В.Н. Стибунов

ИЯФ при ТПУ, Томск, Россия

R.J.Holt, D.H.Potterveld

ANL, Argonne, IL, USA

R.Gilman

Rutgers University, Piscataway, NJ, USA

H.de Vries

NIKHEF, Amsterdam, The Netherlands

С.Л. Белостотский, В.В. Нелюбин

СПИЯФ РАН, Санкт-Петербург, Россия

H.Arenhövel

IKP, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Germany

ПЛАН ДОКЛАДА

Постановка эксперимента

Фотодезинтеграция дейтрона

Когерентное рождение π^0 мезона

Система мечения квазиреальных фотонов

Параметры накопителя ВЭПП-3.

ВЭПП-3

Энергия электронов	E_0	2 ГэВ
Средний ток	I_0	150 мА
Расброс по энергии	$\Delta E/E$	0.05%
Амплитуда ВЧ	U_{72}	0.8 МВ
Период обращения	T	248.14 нсек
Длина сгустка	σ_L	15 см
Размер по вертикали*	σ_z	0.5 мм
Размер по горизонтали*	σ_x	2.0 мм
Верт. β -функция*	β_z	2 м
Гориз. β -функция*	β_x	6 м
Энергия инжекции	E_{inj}	350 МэВ
Скорость инжекции	i_{inj}	$1.5 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$

* Параметры в центре 2-го промежутка

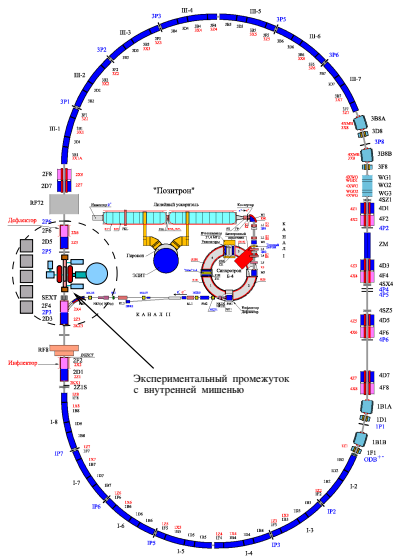
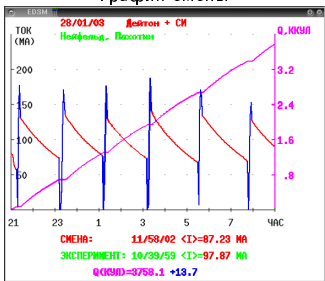
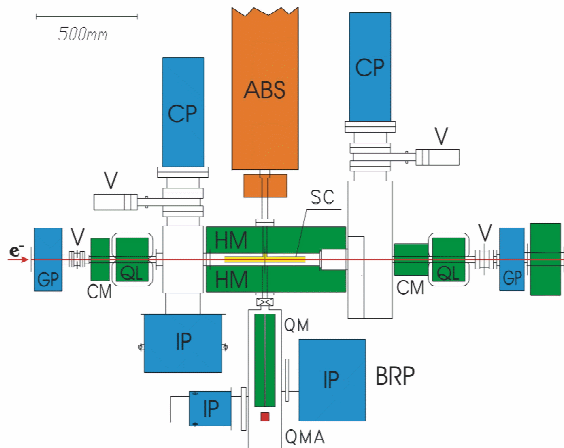


график смены

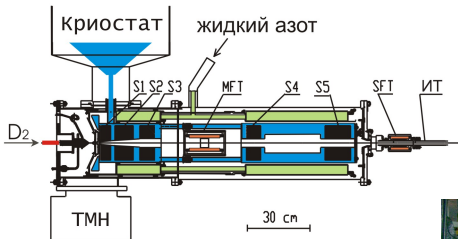


Экспериментальный прямолинейный промежуток, вид сверху

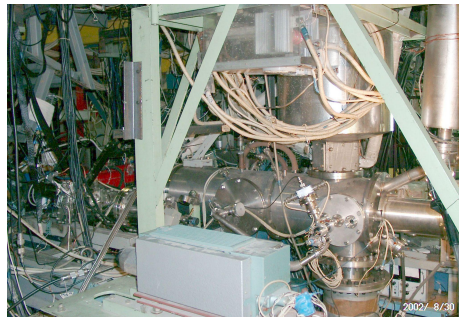


ABS-источник поляризованных атомов; CP-криогенный насос; SC-накопительная ячейка; HM-магнит, задающий направление поляризации; GP-геттерный насос; BRP-Брейт-Раби поляриметр (QM-квадрупольный магнит; IP-магниторазрядный насос; QMA-квадрупольный масс-спектрометр); QL-квадрупольная линза; CM-дипольный магнит; V-автоматический клапан.

Источник поляризованных атомов



S1–S5 – шести-полюсные магниты
MFT, SFT – блоки ВЧ-переходов
ТМН – турбо-молекулярный насос



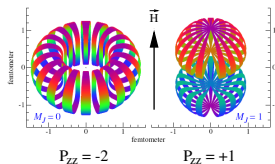
Поток атомов дейтерия $8 \cdot 10^{16}$ ат/сек
тензорная поляризация $> 98\%$
векторная поляризация $< 2\%$

Сечение реакции в случае поляризованной мишени и неполяризованного пучка γ -квантов:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{d\sigma_0}{d\Omega} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{3}{4}} P_z \sin \theta_H \sin \phi_H \cdot T_{11}(E\gamma, \theta_p^{CM}) \right. \\ \left. + \sqrt{\frac{1}{2}} P_{zz} \left[\frac{3 \cos^2 \theta_H - 1}{2} \cdot T_{20}(E\gamma, \theta_p^{CM}) \right. \right. \\ \left. - \sqrt{\frac{3}{8}} \sin 2\theta_H \cos \phi_H \cdot T_{21}(E\gamma, \theta_p^{CM}) \right. \\ \left. \left. + \sqrt{\frac{3}{8}} \sin^2 \theta_H \cos 2\phi_H \cdot T_{22}(E\gamma, \theta_p^{CM}) \right] \right\}$$

- $P_z = n_+ - n_-$ — степень векторной поляризации мишени
 $P_{zz} = 1 - 3 \cdot n_0$ — степень тензорной поляризации мишени
 n_+, n_-, n_0 — заселенность подуровней с проекцией спина на дейтрона +1, -1 и 0, соответственно.

Поверхность постоянной плотности $\rho = 0.24 \text{ фм}^{-3}$ в дейтроне



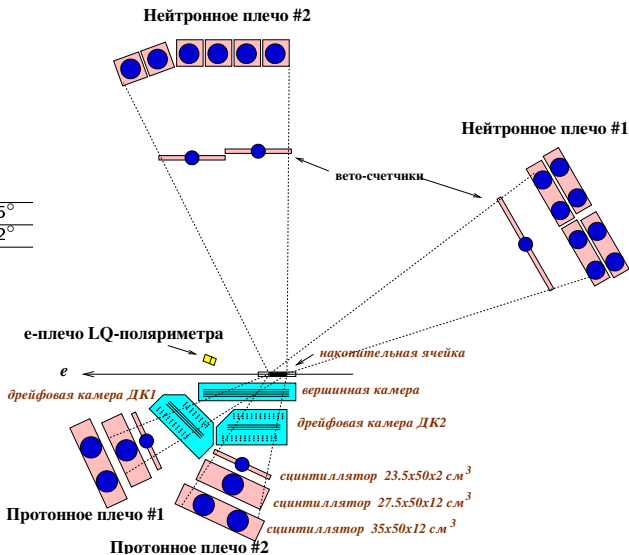
Фотодезинтеграция дейтрона. Схема детектора

- **2 пары плеч** в вертикальной плоскости:

плечо	I	II
θ_p	20°-40°	55°-95°
θ_n	127°-145°	68°-92°
$\Delta\phi$	25°	19°

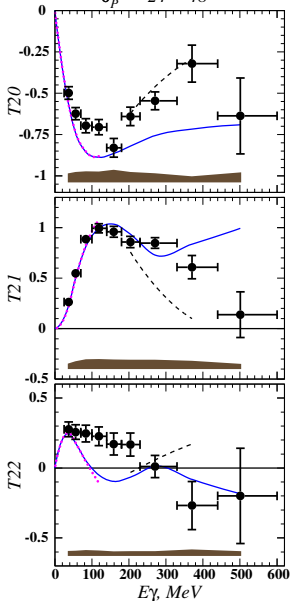
- **протонное плечо:**
дрейфовые камеры + 3 слоя
сцинтилляторов

- **нейтронное плечо:**
тонкий вето-счетчик +
толстый сцинтиллятор

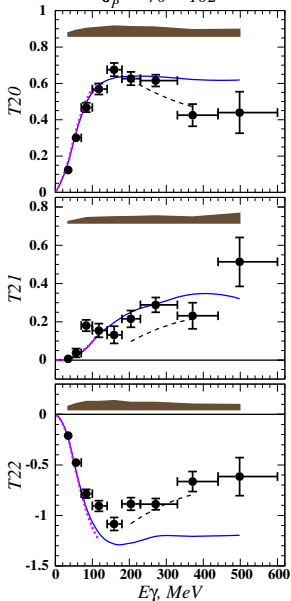


Результаты: в зависимости от E_γ

$$\theta_p^{cm} = 24^\circ - 48^\circ$$



$$\theta_p^{cm} = 70^\circ - 102^\circ$$



I.A. Rachek et al., Phys.Rev.Lett
98 (2007)182303

Теоретические кривые:

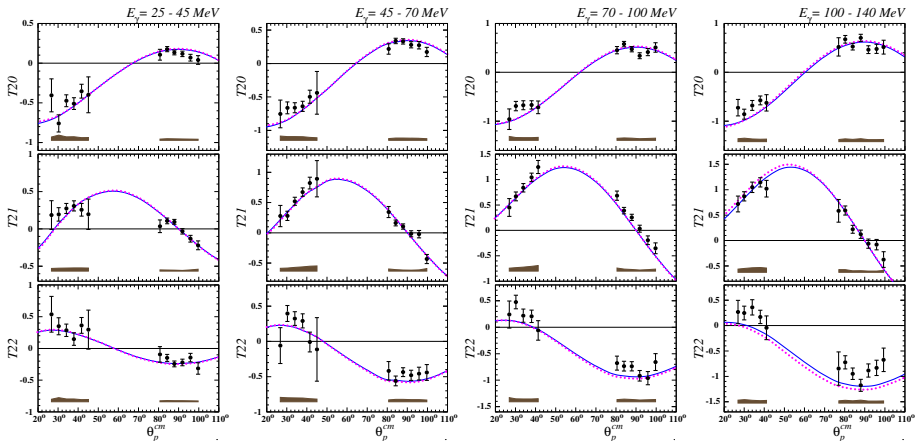
сплошная – полный расчет
К.-М. Schmitt & Н. Arenhövel (1990);

точечная – полный расчет
М. Левчука (1995);

штриховая – расчет М. Schwamb
(2006).

Результаты: в зависимости от θ_p^{cm} ,

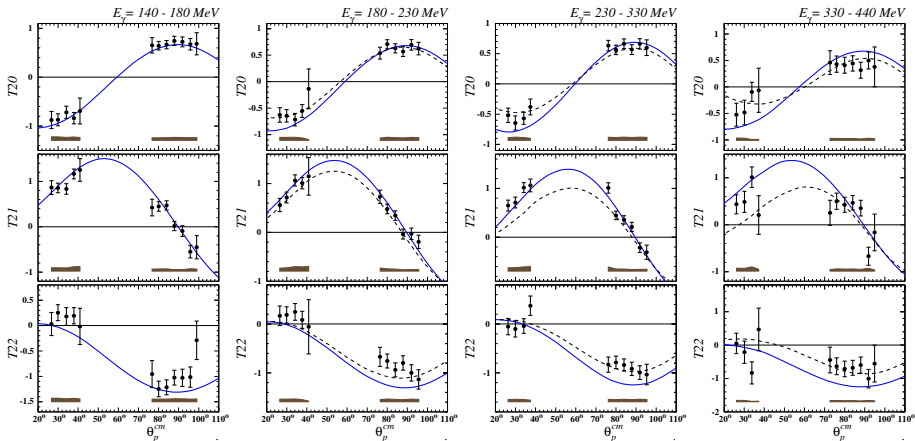
$E_\gamma = 25 - 140$ МэВ



I.A. Rachek *et al.*, Phys.Rev.Lett **98** (2007)182303

Результаты: в зависимости от θ_p^{cm} ,

$E_\gamma = 140 - 440$ МэВ



I.A. Rachek *et al.*, Phys.Rev.Lett **98** (2007)182303

ВЫВОДЫ

- точность данных достаточна для дискриминации моделей до энергии $E_\gamma \lesssim 400$ МэВ;
- до $E_\gamma \approx 100$ МэВ – хорошее согласие между теориями и экспериментом;
- для $E_\gamma > 100$ МэВ – расхождение теорий между собой и с данными;
- для $E_\gamma > 150$ МэВ более современная модель “с запаздыванием пиона” М.Швамба заметно лучше согласуется с данными, что подтверждает справедливость и важность такого подхода;
- форма угловых зависимостей хорошо описывается, и здесь также лучшее согласие наблюдается для новейшей модели М.Швамба;

Когерентное рождение π^0 мезона

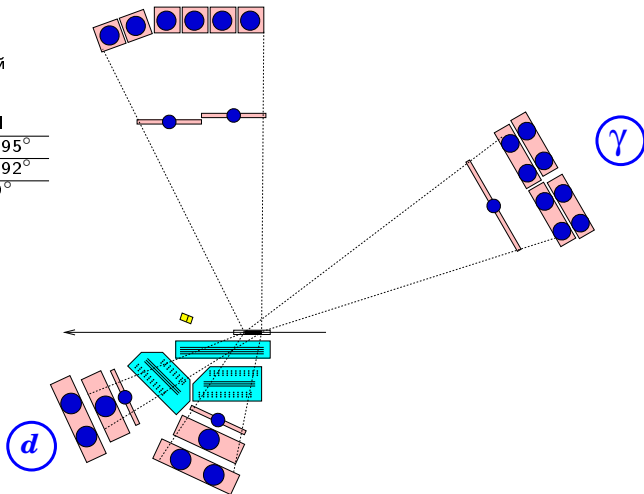
$d\gamma$ - совпадения

- 2 пары плеч в вертикальной плоскости:

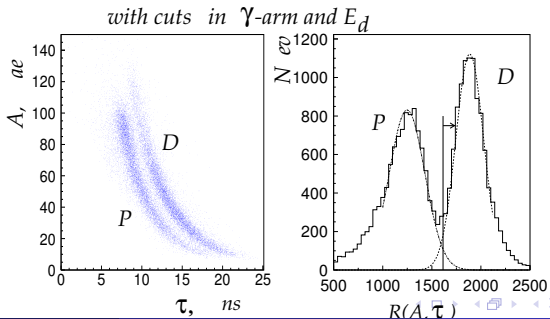
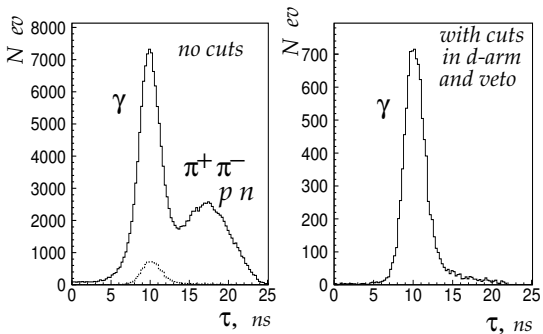
плечо	I	II
θ_p	$20^\circ - 40^\circ$	$55^\circ - 95^\circ$
θ_n	$127^\circ - 145^\circ$	$68^\circ - 92^\circ$
Δ_ϕ	25°	19°

- протонное плечо:
дрейфовые камеры + 3 слоя сцинтилляторов

- нейтронное плечо:
тонкий вето-счетчик + толстый сцинтиллятор



Выделение событий ($\gamma d'$)-совпадений

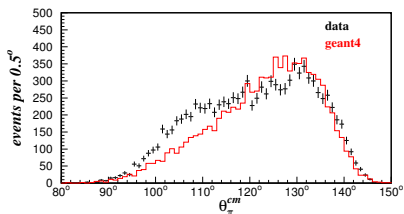
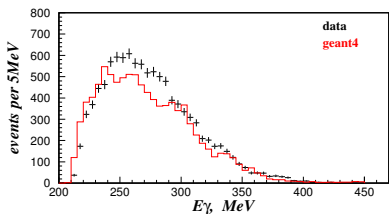


Вопрос о вкладе других процессов, продукты которых могут дать в детекторе ($d\gamma$) - совпадения. $\gamma d \rightarrow d'\pi^0\pi^0$, $\gamma d \rightarrow d'\eta$, $\gamma d \rightarrow d'\pi^0\pi^+\pi^-$

Есть данные для фоторождения η мезона. Теоретические предсказания A. Fix and H. Arenhövel, Eur.Phys.J. **A25** (2005) 115, Eur.Phys.J. **A19** (2004) 275.

Вклад указанных двух процессов должен быть невелик – не более $\sim 1\%$. Нет оснований полагать, что процесс $\gamma d \rightarrow d'\pi^0\pi^+\pi^-$ может дать существенно больший вклад.

Гистограммы распределений событий по энергии фотона и по углу вылета π^0 мезона.

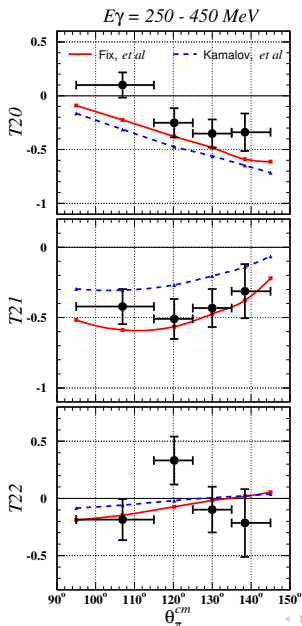
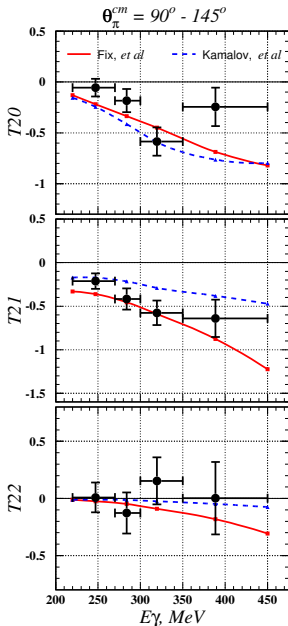


Крестики - данные настоящего эксперимента, линии - результат моделирования GEANT4, где использованы данные Mainz по дифференциальным сечениям реакции $\gamma d \rightarrow d'\pi^0$.

Дополнительно свидетельство о правильности предположения о доминировании в полученных данных реакции $\gamma d \rightarrow d'\pi^0$.

Предварительные результаты настоящего эксперимента.

Первое измерение тензорных наблюдаемых реакции $\gamma d \rightarrow d\pi^0$



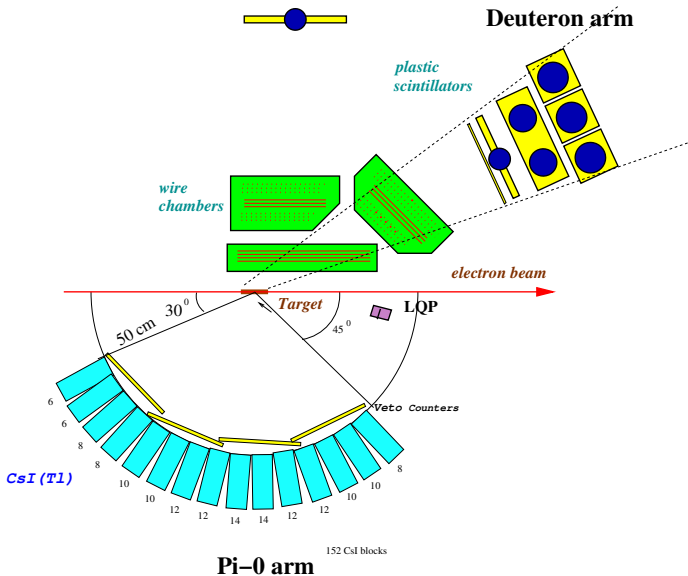
Слева зависимость от энергии фотона, справа - в зависимости от угла вылета π^0 мезона. Для каждой точки показана статистическая ошибка и интервал усреднения (по E_{γ} или по θ_{π}^{cm}).

Систематическая ошибка $\approx 12\%$

Теоретические

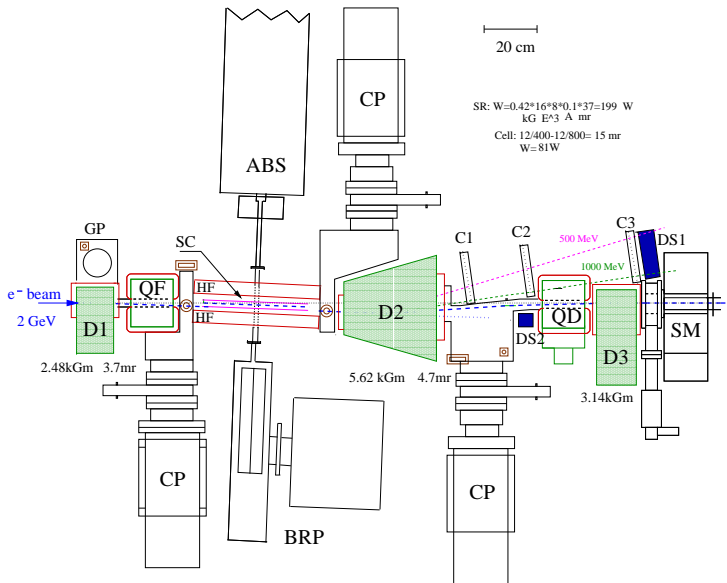
кривые: **сплошная** – расчет Фикса, частное сообщение, **пунктирная** – S.S. Kamalov, L. Tiator and C. Bennhold, Phys. Rev. C **55**(1997)98

Планируемый эксперимент, измерение T20 в реакции $\gamma d \rightarrow d\pi^0$ с более высокой точностью.



Дальнейшее развитие экспериментов.

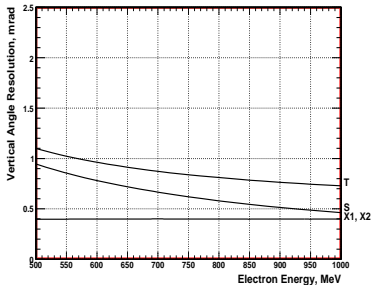
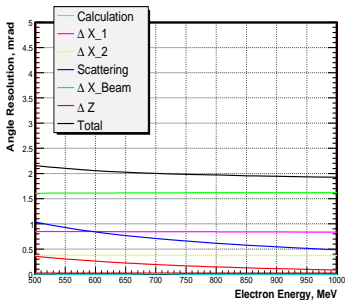
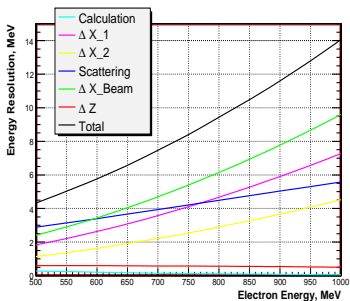
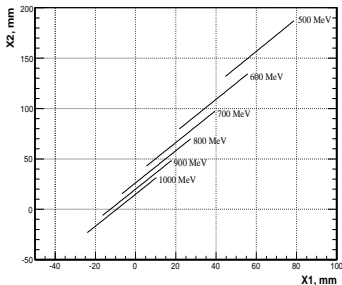
Система мечения квазиреальных фотонов на ВЭПП-3



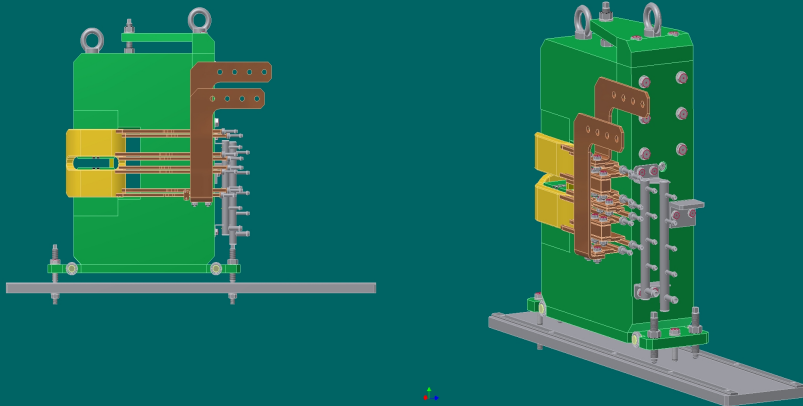
энергия меченых фотонов – до 1500 МэВ,
разрешение 5 -15 МэВ
захват по вертикальному углу электронов – ± 10 мрад, разрешение 1 мрад
захват по горизонтальному углу электронов – ± 30 мрад, разрешение 2 мрад

Разрешения системы мечения

Результаты моделирования



Дипольный магнит N 3



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!