

Эксперименты с использованием обратного комптоновского рассеяния в ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН

Мучной Николай Юрьевич

Выездное совещание совета РАН по фундаментальной ядерной физике в
ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск) 20 - 21 марта 2023 г.

1980-е: комптоновские поляриметры

ВЭПП-2М

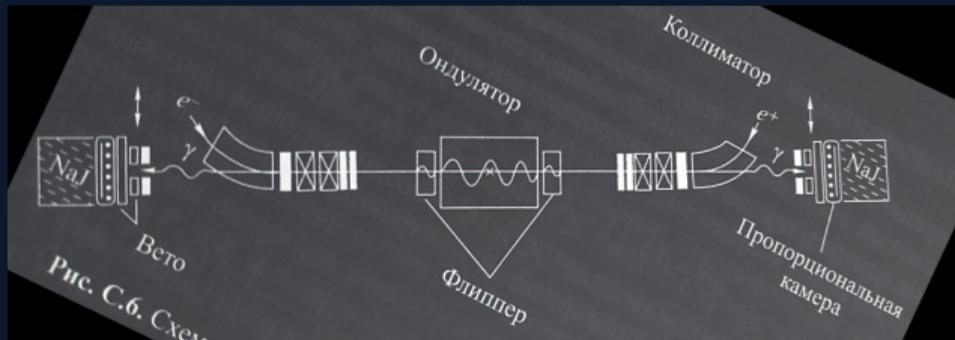
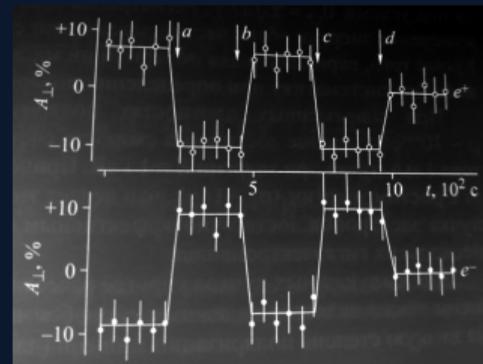
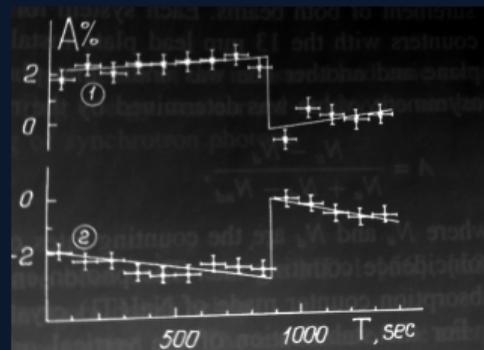
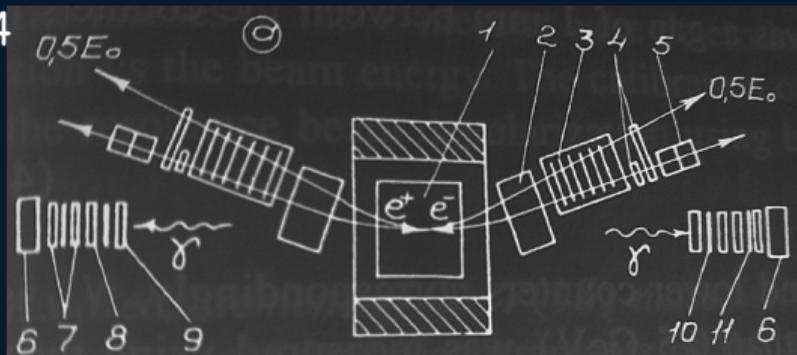


Рис. С.6. Схем.



ВЭПП-4



Установки РОКК (лазеры)

"Рассеянные Обратно Комптоновские Кванты"

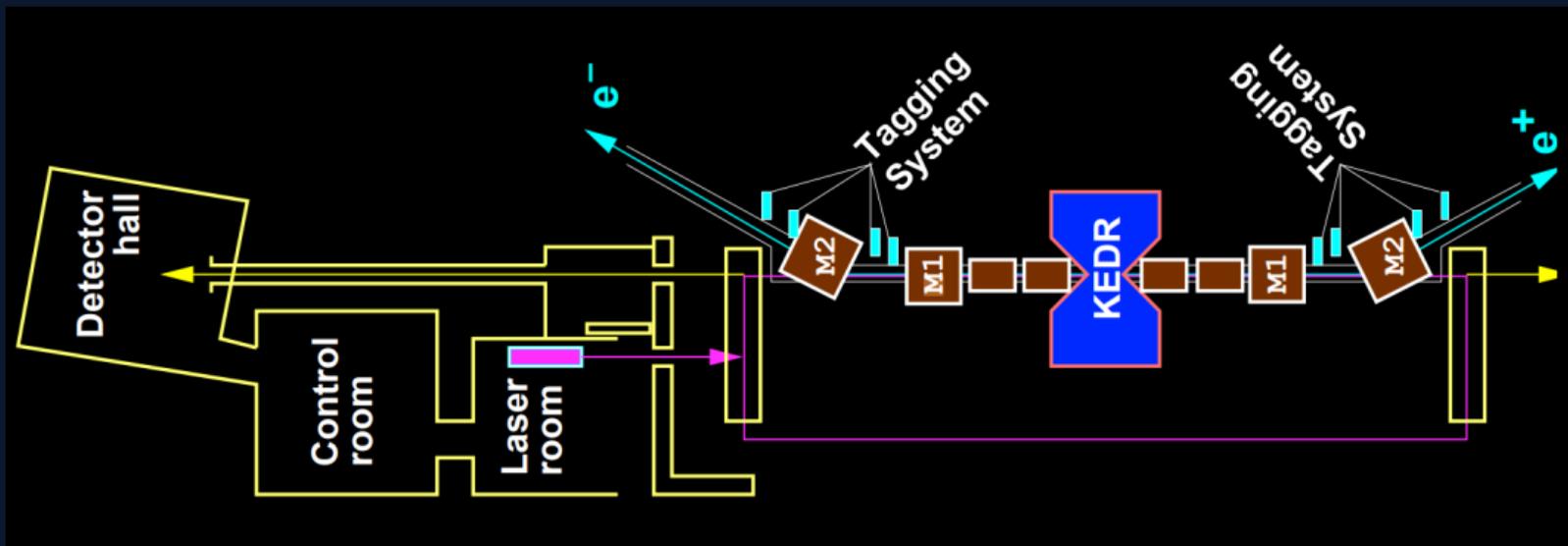
CERN Courier Volume 39 No.6 "The Graal of Particle Physics" (1999)

Physics with photon beams								
Project name	Ladon *	Taladon [†]	ROKK-1 [‡]	ROKK-2	ROKK-1M	LEGS [§]	Graal	LEPS [¶]
Location	Frascati		Novosibirsk			Brookhaven	Grenoble	Harima
Storage ring	Adone	Adone	VEPP-4	VEPP-3	VEPP-4M	NSLS	ESRF	SPring-8
Energy defining method	collimation	internal tagging	tagging	tagging	tagging	external tagging	internal tagging	internal tagging
Electron energy (GeV)	1.5	1.5	1.8–5.5	0.35–2.0	1.4–5.3	2.5	6.04	8
Photon energy (eV)	2.45	2.45	2.34–2.41	2.41–2.53	1.17–3.51	3.53	3.53	3.5
Gamma-ray energy (MeV)	5–80	35–80	100–960	140–220	100–1200	180–320	550–1470	500–2400
Energy resolution (%)	1.4–10	5	–	1.5	–	2	1.1	1.25
FWHM (MeV)	0.07–8	4–2	1.5–2	4	–	6	16	30
Electron current (A)	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
Gamma intensity (s ⁻¹)	10 ⁵	5 × 10 ⁵	2 × 10 ⁵	2 × 10 ⁶	2 × 10 ⁶	4 × 10 ⁶	2 × 10 ⁶	107
Date of operation	1978	1989	1982	1987	1993	1987	1996	1999

Установки созданы под руководством Г. Я. Кезерашвили.

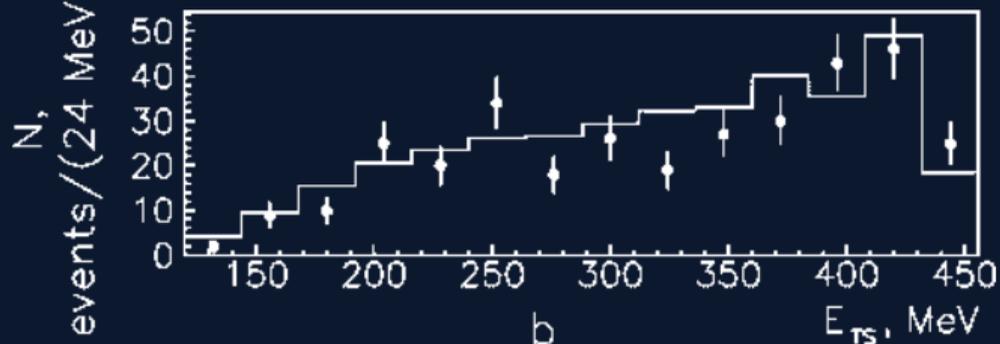
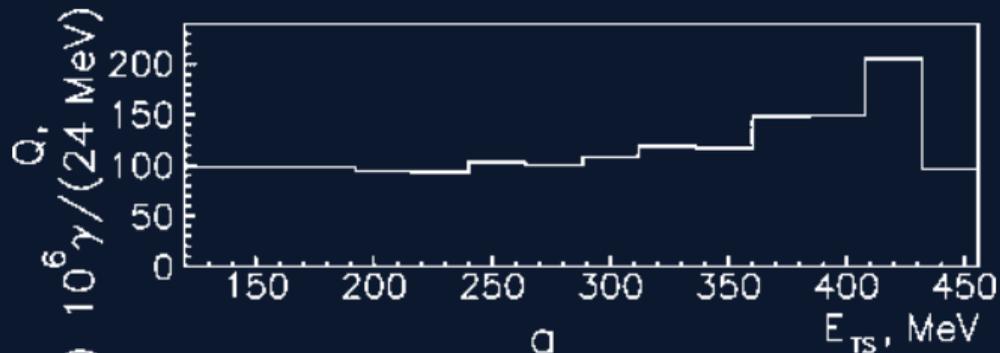
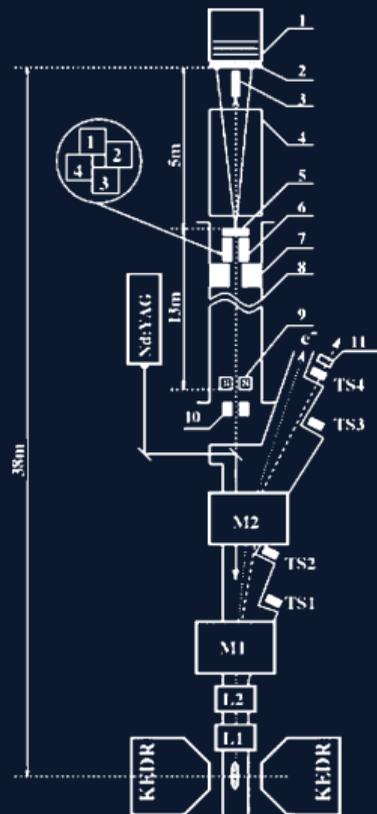
Эксперименты по фотоядерной физике совместно с ЛФЯР ИЯИ РАН.

1990-е: РОКК-1М на ВЭПП-4М



- ▶ 10-летняя задержка запуска детектора КЕДР.
- ▶ Пучковые тесты прототипов калориметров КЕДР и BELLE (Япония)
- ▶ Эксперименты по фотodelению ядер совместно с INFN (Италия)

1990-е: расщепление фотона



Всего зарегистрировано 418 ± 20 событий.

Эксперимент ATLAS: 13 событий

ARTICLES

PUBLISHED ONLINE: 14 AUGUST 2017 | DOI: 10.1038/NPHYS4208

nature
physics

OPEN

Evidence for light-by-light scattering in heavy-ion collisions with the ATLAS detector at the LHC

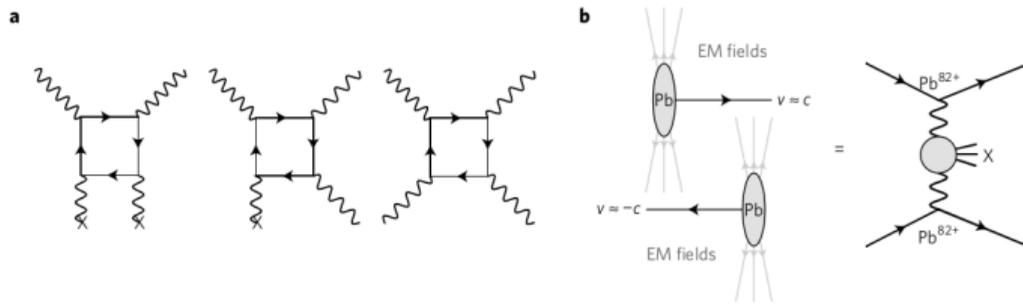
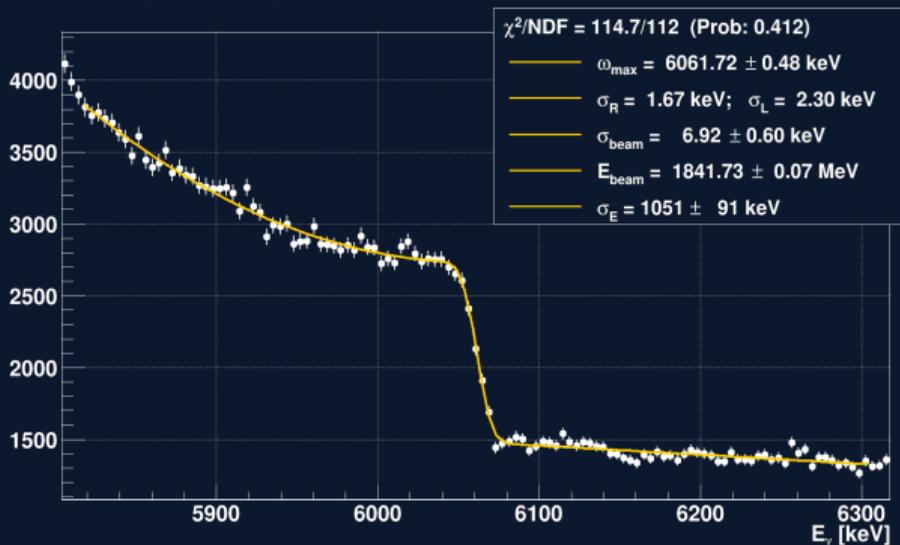


Figure 1 | Diagrams illustrating the QED LbyL interaction processes and the equivalent photon approximation. a, Diagrams for Delbrück scattering (left), photon splitting (middle) and elastic LbyL scattering (right). Each cross denotes external field legs, for example, an atomic Coulomb field or a strong background magnetic field. **b**, Illustration of an ultra-peripheral collision of two lead ions. Electromagnetic interaction between the ions can be described as an exchange of photons that can couple to form a given final state X. The flux of photons is determined from the Fourier transform of the electromagnetic field of the ion, taking into account the nuclear electromagnetic form factors.

2000-е: коллайдер ВЭПП-4М

Применение и развитие метода прямого измерения энергии электронов по краю спектра рассеянного лазерного излучения (2004 - 2011).

positron: 2018.04.27 [19:20:24 - 12:31:37] 2018.04.28. Live-time: 4 hours 21 min 5 s (16 files).



$$E_{\text{beam}} = \frac{\omega_{\text{max}}}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{m^2}{\omega_0 \omega_{\text{max}}}} \right) \quad (\omega_0 = 0.11706523 \text{ eV})$$

2010-е: дальнейшее развитие метода

- ▶ В 2010 запущена установка на коллайдере BEPC-II (Пекин).
- ▶ В 2012 запущена установка на коллайдере ВЭПП-2000.
- ▶ В 2012 метод использовался в эксперименте с внутренней мишенью на накопителе ВЭПП-3:

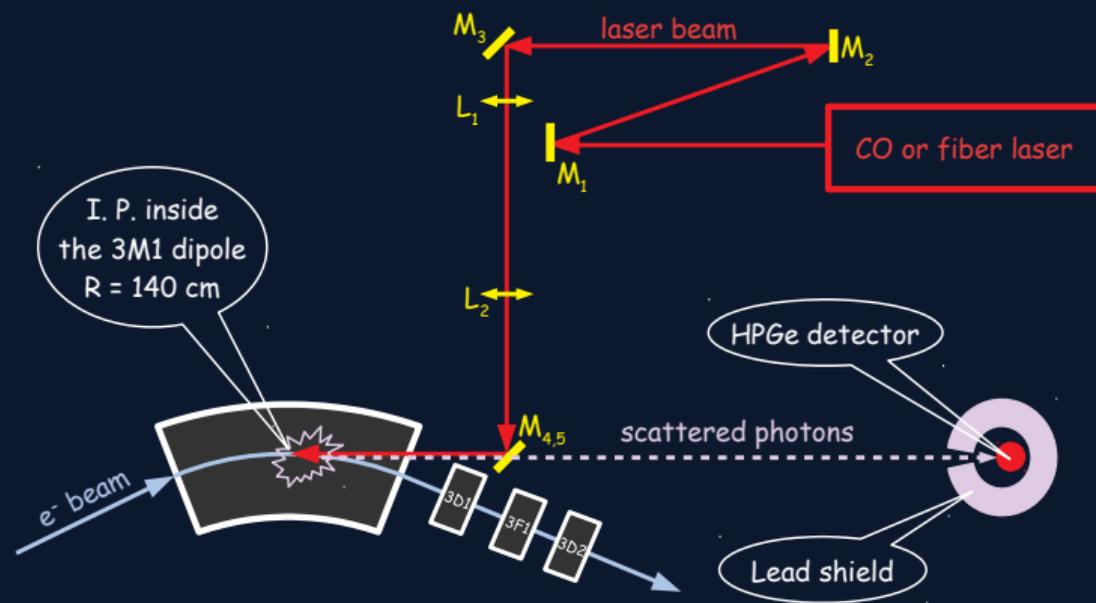
PRL 114, 062005 (2015)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
13 FEBRUARY 2015

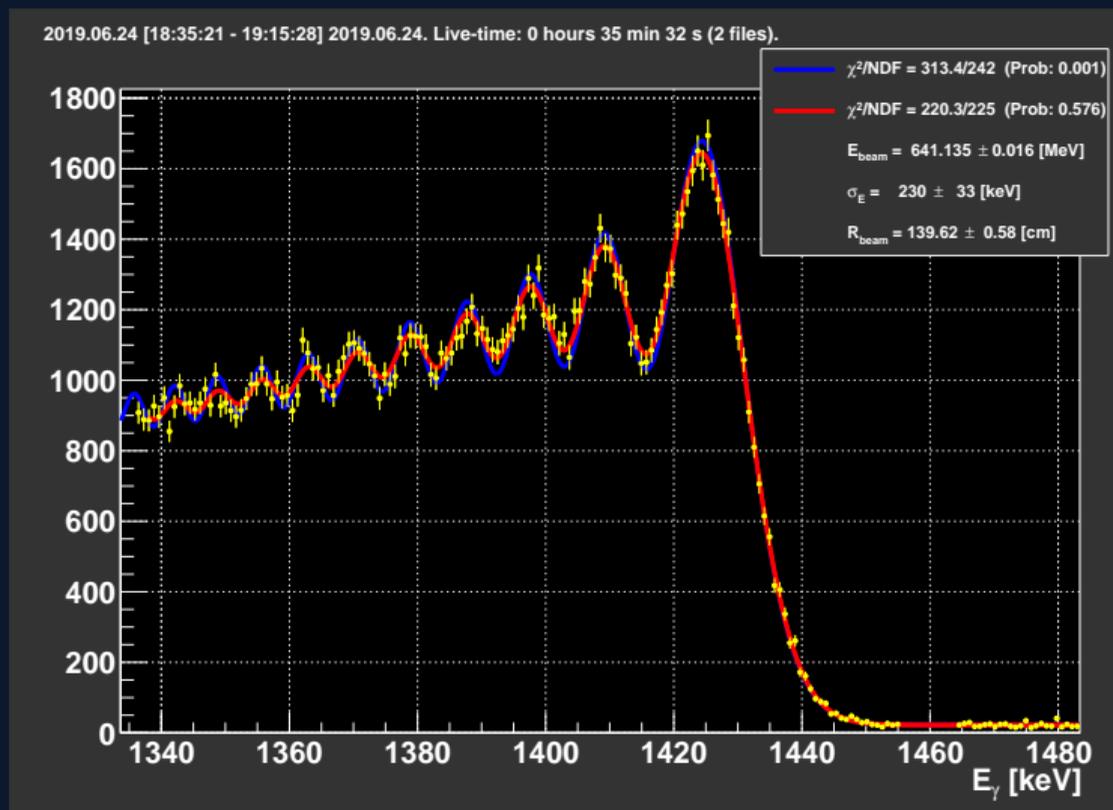
Measurement of the Two-Photon Exchange Contribution to the Elastic $e^\pm p$ Scattering Cross Sections at the VEPP-3 Storage Ring

Комптоновская система на ВЭПП-2000



Радиус орбиты в магните: $R = 140$ см

Измерение энергии ВЭПП-2000



Существующие в ИЯФ возможности

ВЭПП-4М ($I_e \lesssim 50 \text{ mA}$)

БЭП ($I_e \lesssim 500 \text{ mA}$)

Энергия частиц	МэВ	МэВ	МэВ	МэВ
Электроны от и до	1500	6000	250	1000
Диапазон мечения	30 - 915	120 - 3660	нет	нет
Максимальная энергия фотонов:			Макс. энергия фотонов:	
$\lambda_0 = 0.532 \text{ мкм}$	76 (5.1%)	1058 (18%)	2.21 (0.88%)	34.5 (3.44%)
$\lambda_1 = 1.064 \text{ мкм}$	39 (2.6%)	580 (9.6%)	1.11 (0.44%)	17.5 (1.75%)
$\lambda_2 = 10.61 \text{ мкм}$	4 (0.3%)	63 (1.0%)	0.11 (0.04%)	1.79 (0.18%)

- ▶ На ВЭПП-4М сейчас работают: ОКР поляриметр, ОКР калибровка СРРЭ, "выведенный пучок" электронов и гамма квантов.
- ▶ На накопителе БЭП инфраструктуры в настоящее время нет. Однако, освободившееся от старой системы инъекции помещение может быть использовано для проведения экспериментов с пучком γ -квантов. Преимущества БЭП: современная установка, большой ток электронов и возможность организовать непрерывное прецизионное измерение энергии электронного пучка во всем его диапазоне.

Заключение

- ▶ Метод ОКР в течение сорока лет успешно применяется в ИЯФ для решения разнообразных задач ФВЭ.
- ▶ Есть полузабытая практика сотрудничества со сторонними лабораториями в области фотоядерных экспериментов.
- ▶ В настоящее время в ИЯФ нет условий для разработки собственных специализированных лазерных систем для повышения интенсивности рассеянного излучения.
- ▶ Для решения таких задач необходимо сотрудничество с лазерными лабораториями.
- ▶ Существует возможность создания нового источника в любом диапазоне энергий до 30 МэВ на накопителе БЭП за один год или около того.