

НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОИСКА WIMP. (NEWSDM)

Сергей Горбунов

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Российской Академии Наук

Коллаборация NEWS

Москва, 2019

Коллаборация NEWSdm

Италия

Bari
GSSI
LNGS
Naples
Rome



Япония

Chiba
Nagoya



Россия

MISIS Moscow
LPI RAS Moscow
JINR Dubna
SINP MSU Moscow
Yandex School of Data Analysis Moscow
INR RAS Moscow



Турция
METU Ankara

NEWS: Nuclear Emulsions for WIMP Search Letter of Intent (NEWS Collaboration)

A. Aleksandrov^{b,h}, A. Anokhinaⁿ, T. Asada^k, I. Bodnarchuk^m, A. Buonauro^{b,h}, M. Chernyavskii^o, A. Chukanov^m, L. Consiglio^e, N. D'Ambrosio^e, G. De Lellis^{b,h}, M. De Serio^{a,g}, A. Di Crescenzo^{b,h}, N. Di Marco^e, S. Dmitrievskii^m, T. Dzhatdoevⁿ, R.A. Fini^{a,g}, S. Furuya^k, G. Galati^{b,h}, V. Gentile^{b,h}, S. Gorbunov^o, Y. Gornushkin^m, M. Guler^p, H. Ichiki^k, T. Katsuragawa^k, M. Kimura^k, N. Konovalova^o, K. Kuge^l, A. Lauria^{b,h}, P. Loverre^{d,j}, S. Machii^k, A. Managadzeⁿ, P. Monacelli^{d,j}, M. C. Montesi^{b,h}, T. Naka^k, M. Nakamura^k, T. Nakano^k, A. Pastore^{a,g}, D. Podgrudkovⁿ, N. Polukhina^o, F. Pupilli^f, T. Roganovaⁿ, G. Rosa^{d,j}, O. Sato^k, T. Shchedrina^o, S. Simone^{a,g}, C. Sirignano^{c,i}, A. Sotnikov^m, N. Starkov^o, P. Strolin^{b,h}, Y. Tawara^k, V. Tioukov^{b,h}, A. Umemoto^k, M. Vladymyrov^o, M. Yoshimoto^k, S. Zemskova^m

^aINFN Sezione di Bari, Bari, Italy

^bINFN Sezione di Napoli, Napoli, Italy

^cINFN Sezione di Padova, Padova, Italy

^dINFN Sezione di Roma, Roma, Italy

^eINFN-Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Assergi (L'Aquila), Italy

^fINFN-Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati (Roma), Italy

^gDipartimento di Fisica dell'Università di Bari, Italy

^hDipartimento di Fisica dell'Università Federico II di Napoli, Napoli, Italy

ⁱDipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova, Padova, Italy

^jDipartimento di Fisica dell'Università di Roma, Rome, Italy

^kNagoya University and KM Institute, Nagoya, Japan

^lChiba University, Chiba, Japan

^mJINR-Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

ⁿSINP MSU-Skobel'syn Institute of Nuclear Physics of Moscow State University, Russia

^oLPI-Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^pMETU-Middle East Technical University, Ankara, Turkey



Южная Корея
Gyeongsang

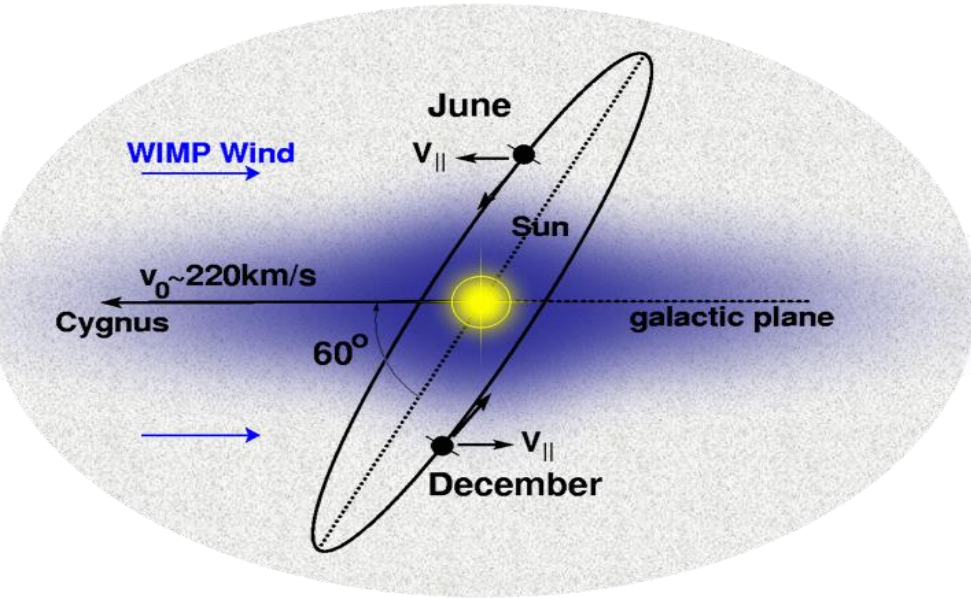
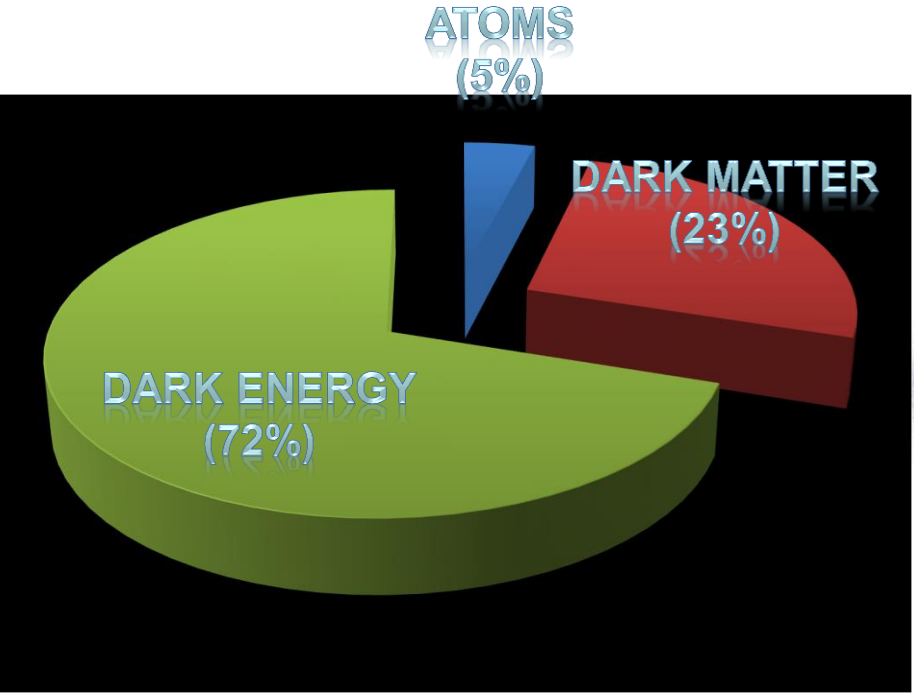
>70 учёных

<http://news-dm.lngs.infn.it>

[HTTPS://ARXIV.ORG/ABS/1604.04199](https://arxiv.org/abs/1604.04199)

THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C
2018, 78:578

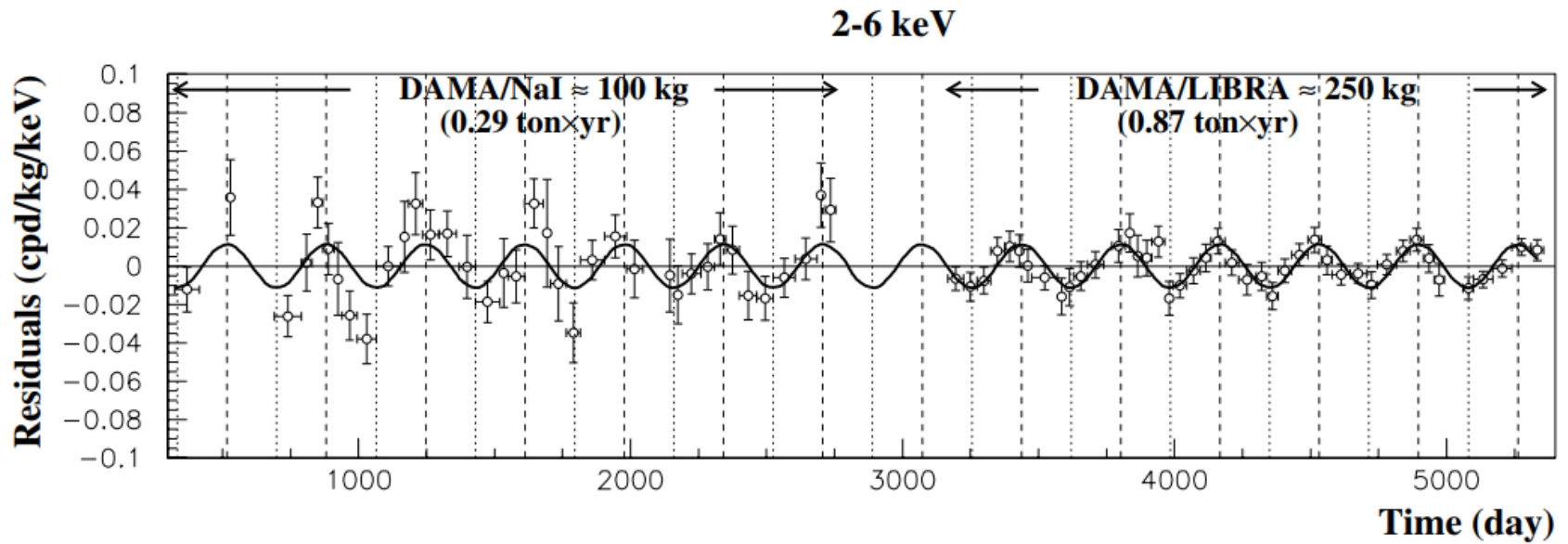
Тёмная материя – Слабовзаимодействующие частицы (WIMP)



Движение солнечной системы в галактике создаёт направленный поток «Вимпов»

Движение Земли вокруг Солнца создаёт годовые флуктуации.

Годовая модуляция в эксперименте DAMA/LIBRA



Experimental model-independent residual rate of the single-hit scintillation events in the (2 – 6) keV energy interval

При поиске редких процессов, таких как регистрация темной материи необходимо учитывать вариации плотности потоков мюонов

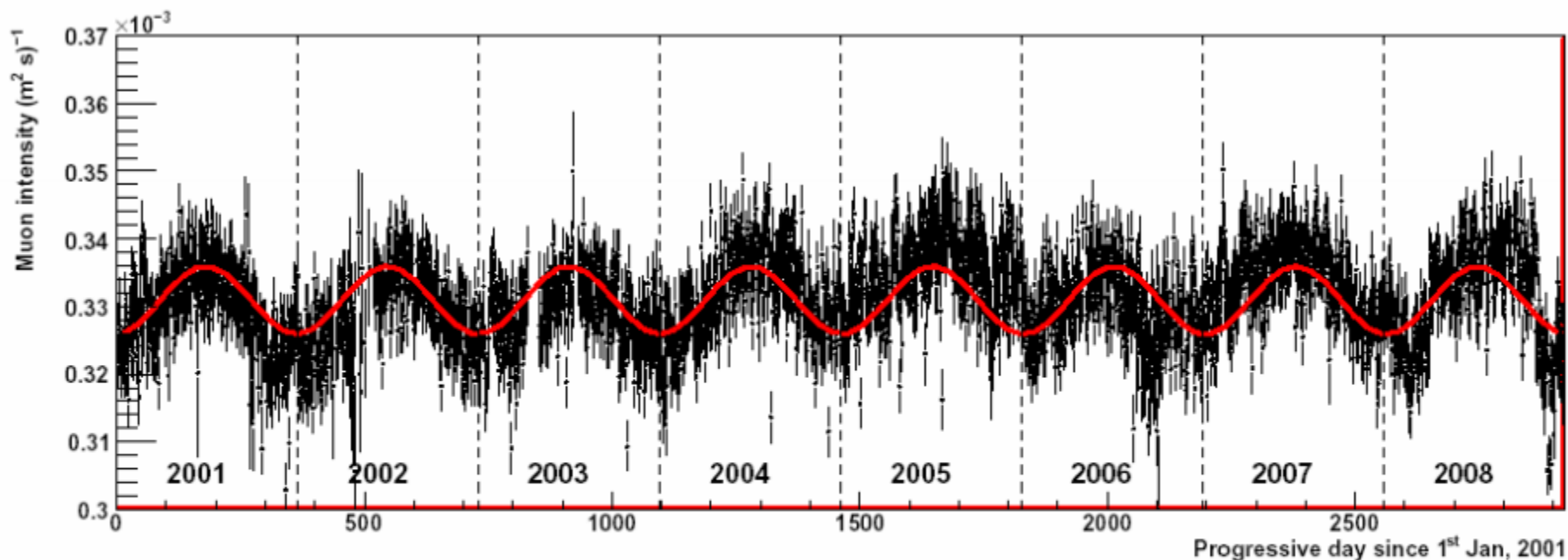
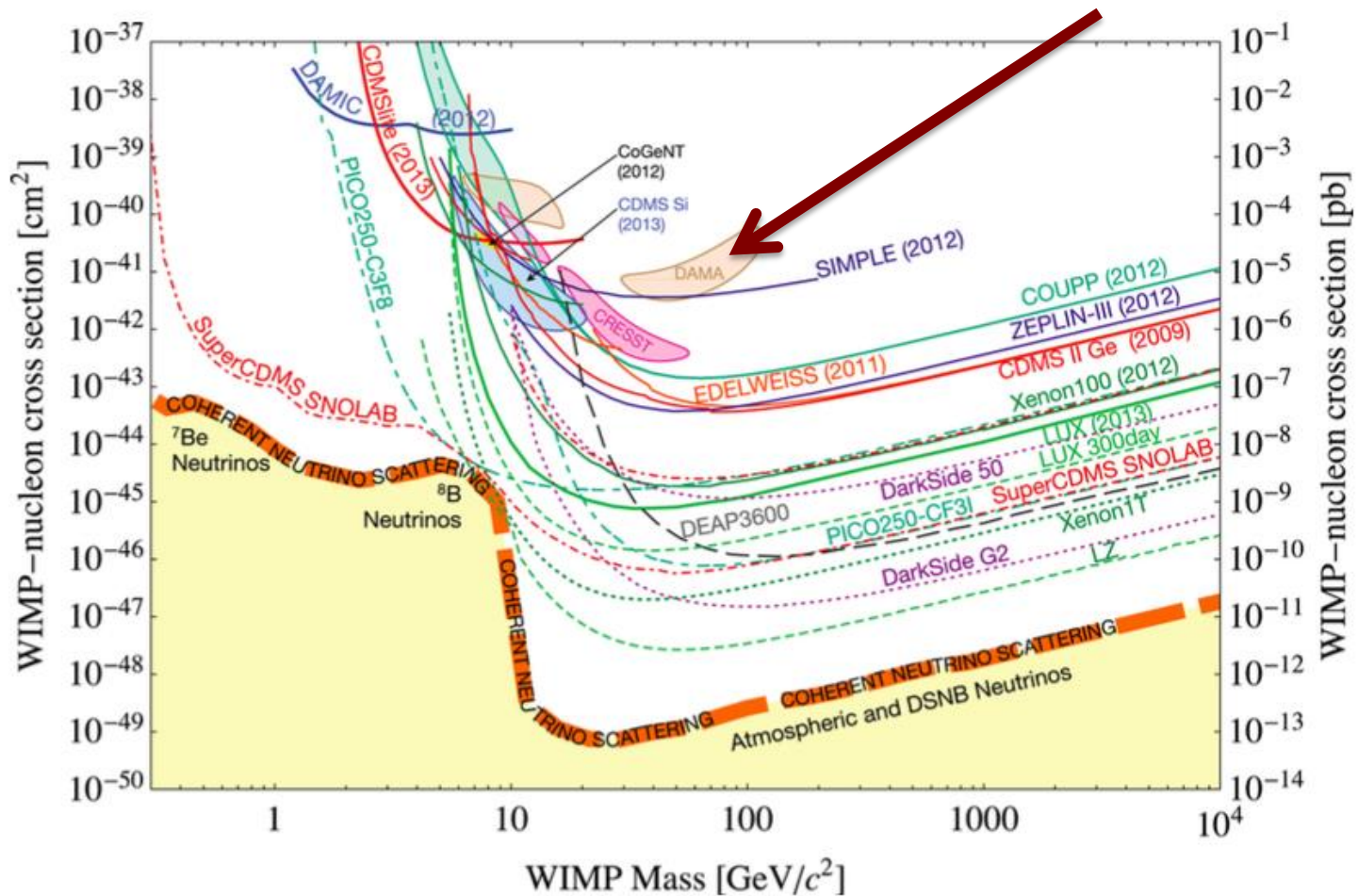


Рис. 2. Интенсивность мюонов за 8 лет работы установки LVD. Каждый бин соответствует одному дню, начиная с 1 января 2001 года по 31 декабря 2008. Приведенные ошибки – статистические. Кривая – фит данных по формуле (3).

31-я ВККЛ, Москва, МГУ, 2010, «Анализ сезонных вариаций потока космических мюонов в детекторе LVD за период 2001 - 2008 гг.», Н.Ю.Агафонова, В.В.Бояркин, В.Л. Дадыкин, Е.А. Добрынина, Р.И. Еникеев, Г.Т. Зацепин, А.С. Мальгин, О.Г. Ряжская, В.Г. Рясный, И.Р. Шакирьянова, В.Ф. Якушев

DAMA report is controversial because many experiments excluded the region allowed by DAMA.

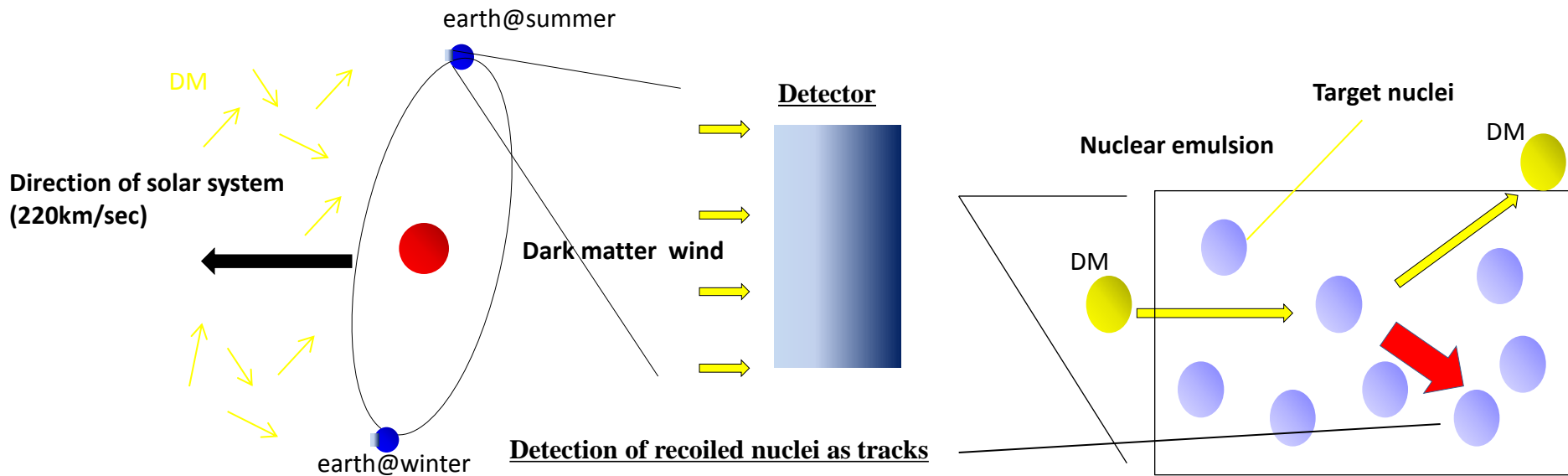
DAMA/LIBRA experiment



NEWSdm

(Nuclear Emulsion for WIMP Search with directional measurement)

- Детектирование следов ядер отдачи → треки в фотоэмульсии
- Треки наноразмерной длины → принципиальные улучшения методики

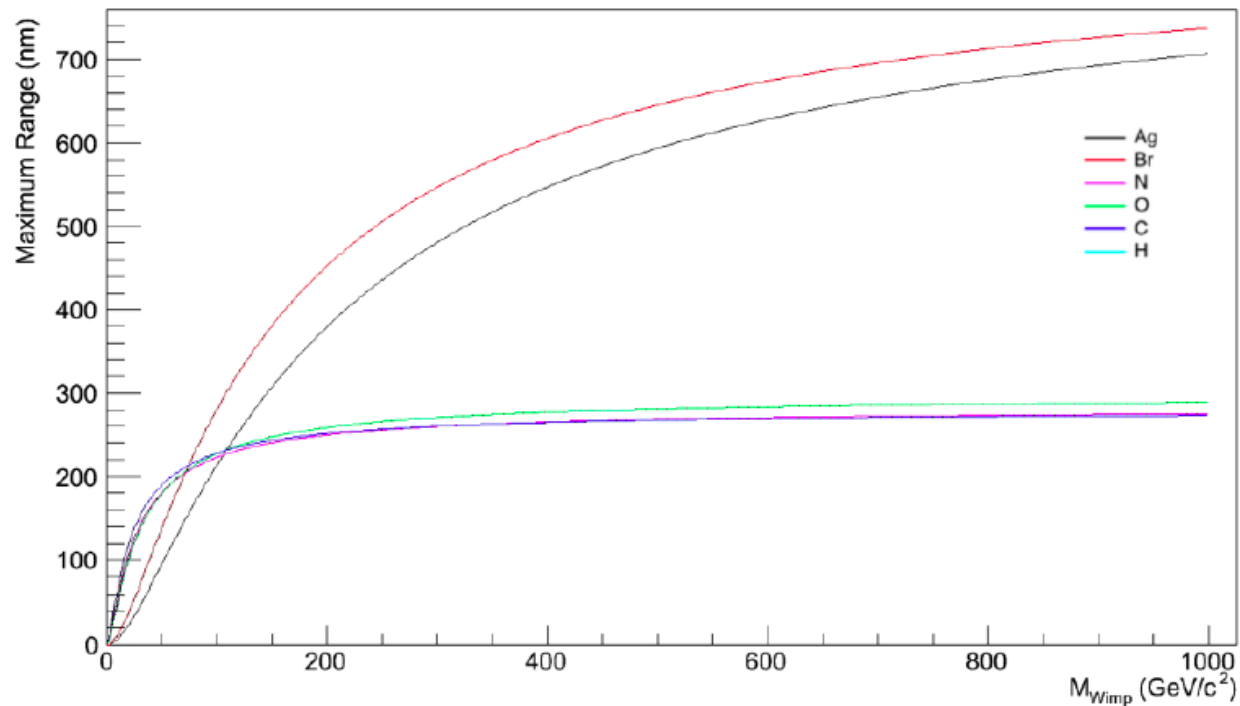


- Экваториальный телескоп - детектор направлен на созвездие Лебедя
- Радиационная защита от внешнего фона

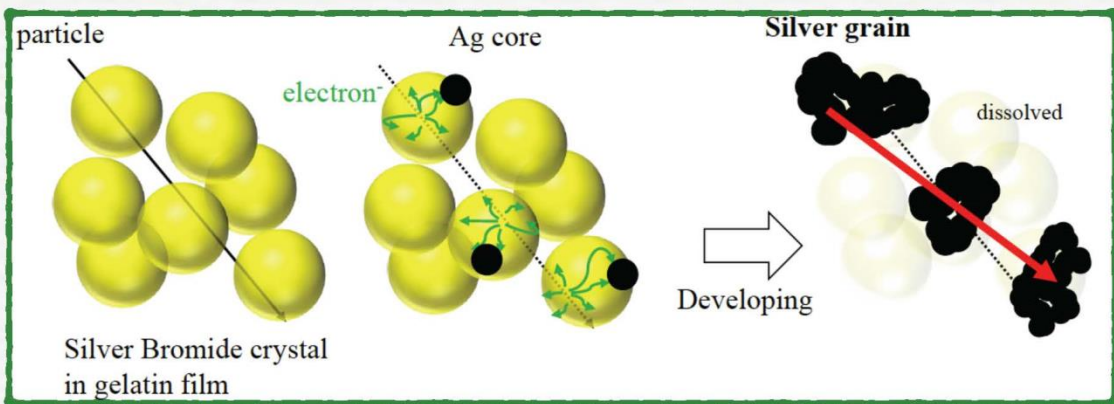
Ядерная фотоэмульсия – рабочее тело и детектор

Element	Mass Fraction	Atomic Fraction
Ag	0.44	0.12
Br	0.32	0.12
I	0.019	0.003
C	0.101	0.172
O	0.074	0.129
N	0.027	0.057
H	0.016	0.396
S	0.003	0.003

Elemental composition

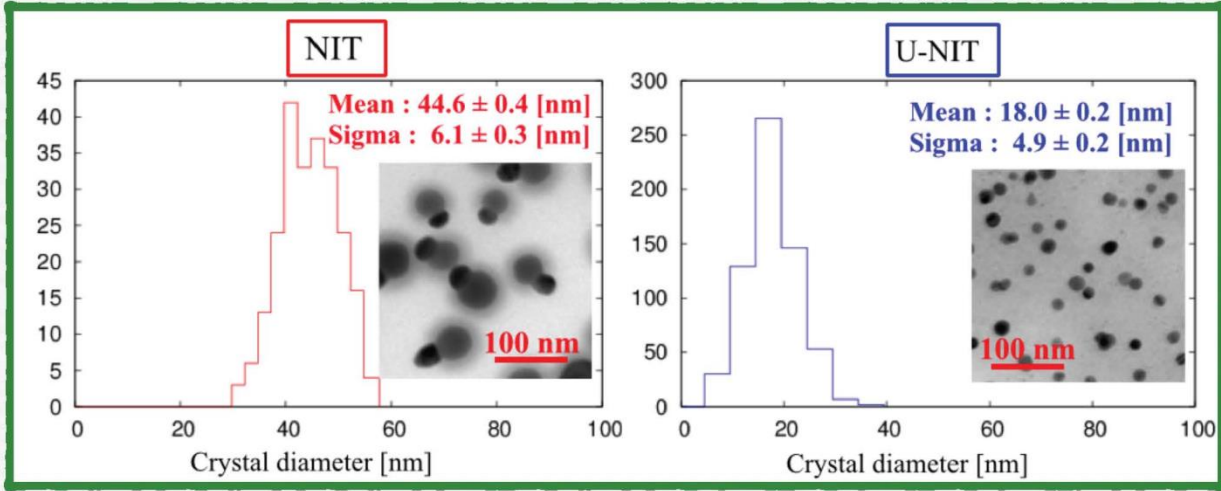
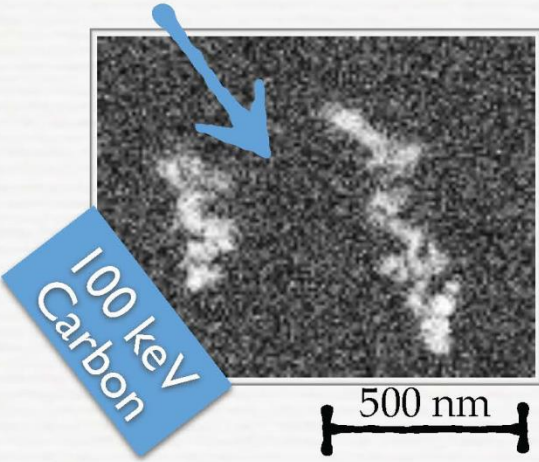


NIT: NANO EMULSION IMAGING TRACKERS



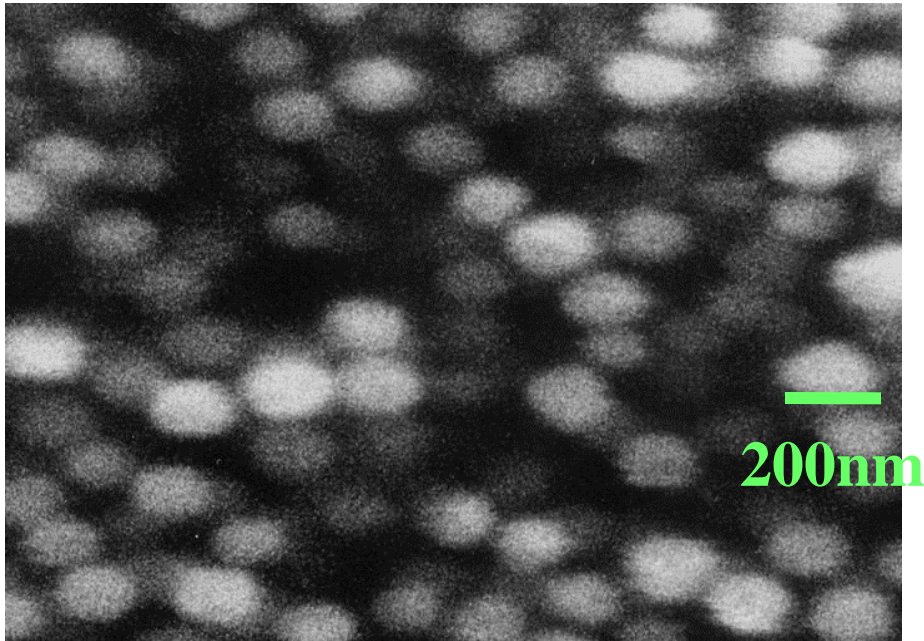
A long history, from the discovery of the **Pion (1947)** to the discovery of $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ oscillation in appearance mode (**OPERA, 2015**)

- Nuclear emulsions: AgBr crystals in organic gelatine
- Passage of charged particle produce *latent image*
- Chemical treatment make Ag grains visible
- New kind of emulsion for DM search
- Smaller crystal size



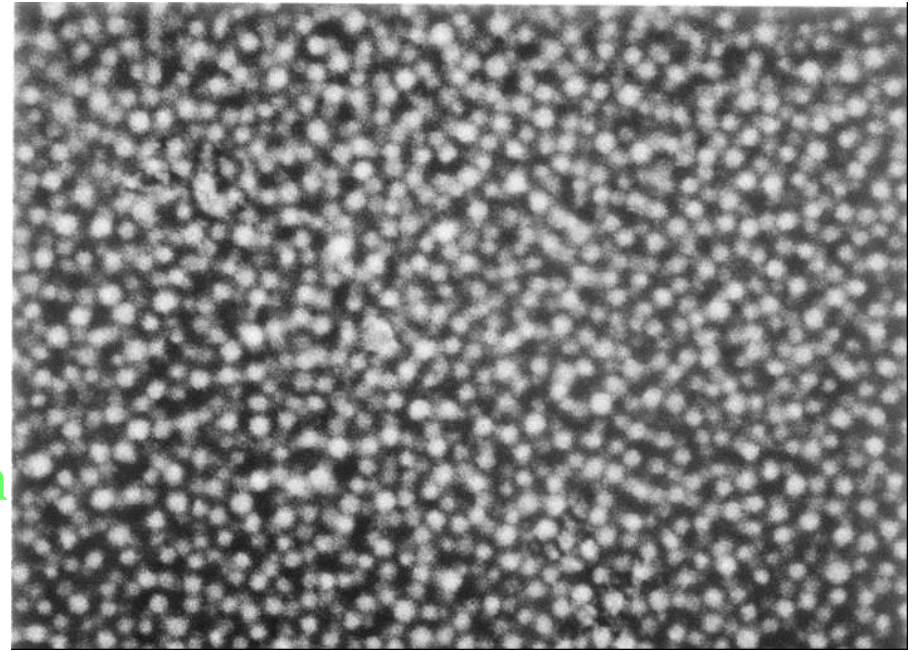
Nano Imaging Tracker (NIT)

OPERA



OPERA:AgBr crystal size ~200nm
2.3 AgBr/ μm

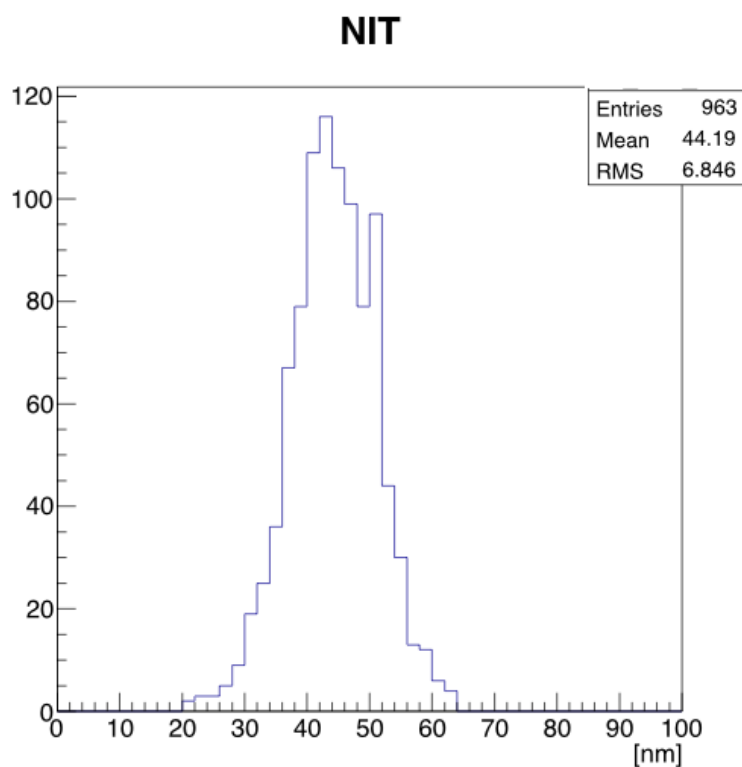
NIT



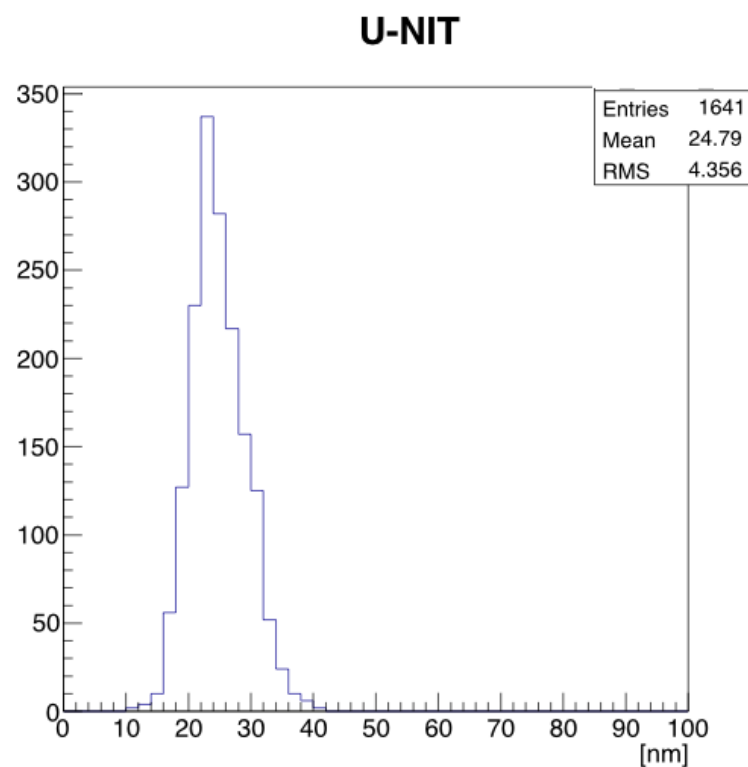
NIT:AgBr crystal size ~40nm
11 AgBr/ μm

5 times resolution for OPERA!

Распределения диаметров AgBr кристаллов в соответствии с двумя разработанными технологиями



Уже можем производить массово



Технология развивается

Selection of candidate

~ parameterization of shape ~

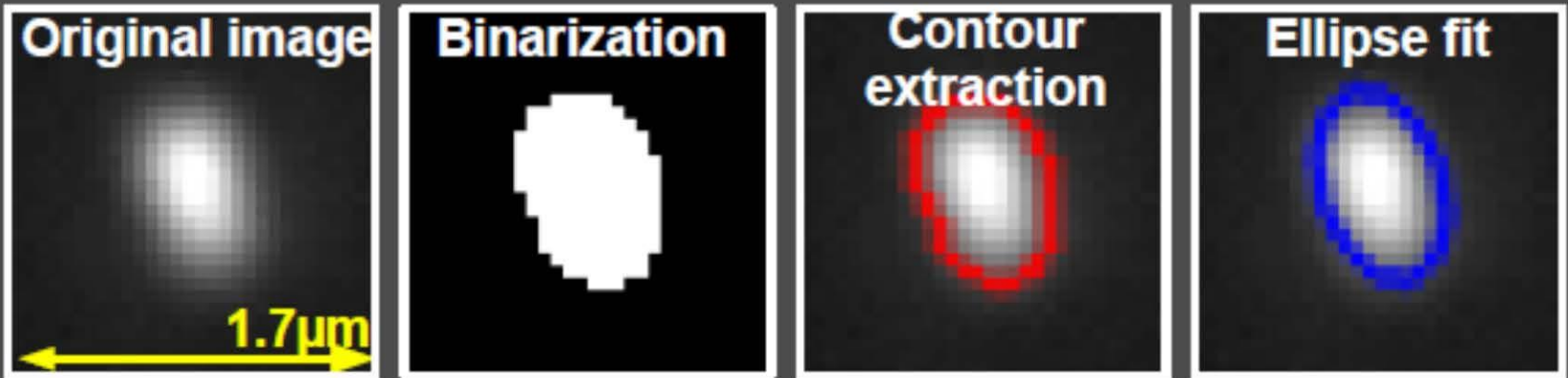
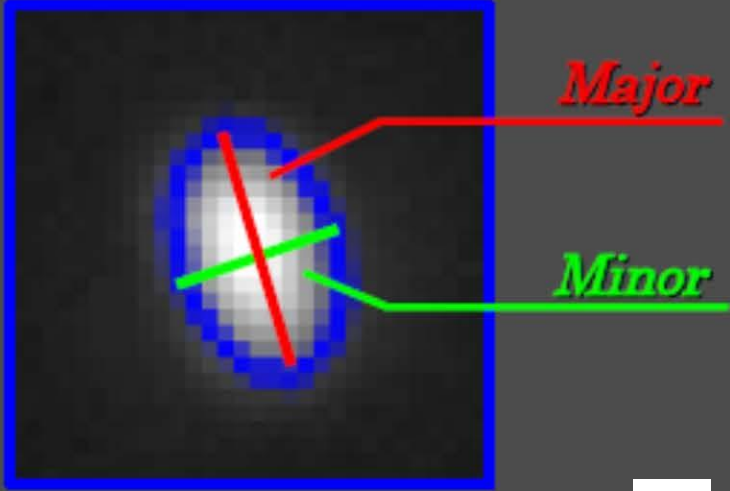


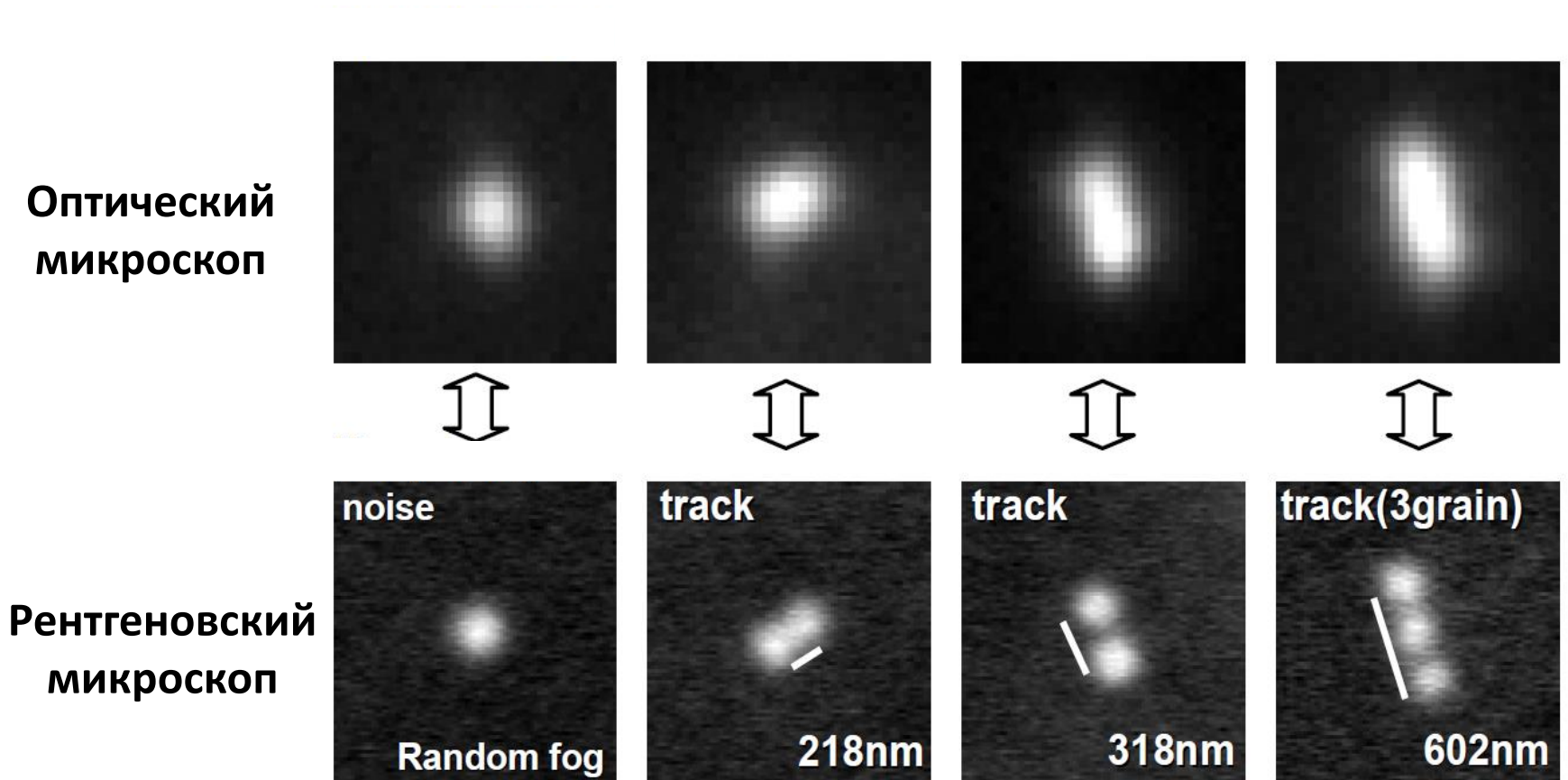
Image analysis →

Main parameters of readout
Ellipticity
 $= \text{Major/Minor}$

put out the parameters of all events that are in the image automatically

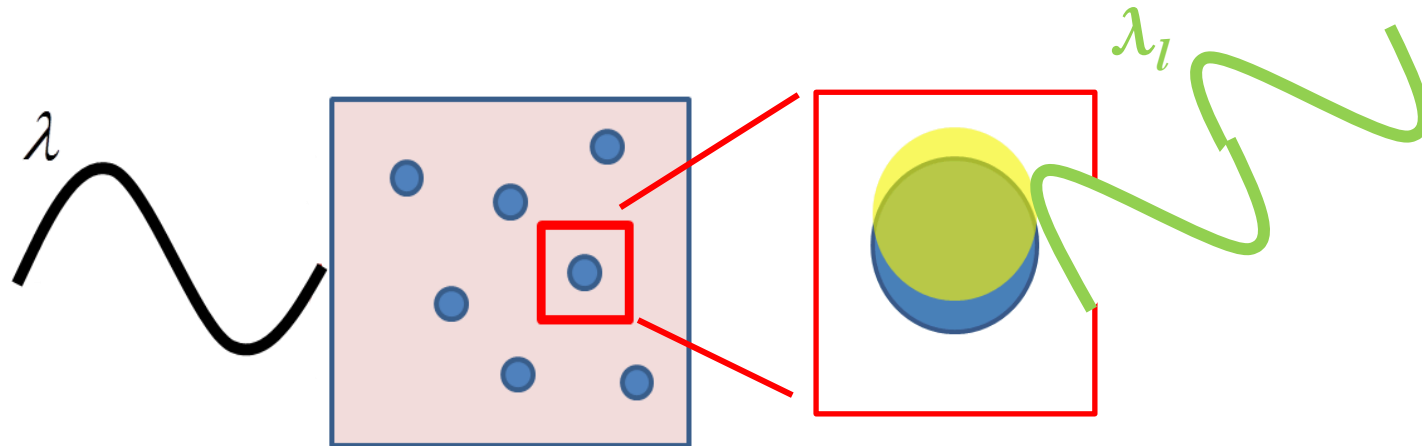


Сравнение изображений кластера на оптическом и рентгеновском микроскопах



Оптический предел - 200nm!

Для измерений ниже оптического предела: резонансное рассеяния света на нанокластерах серебра



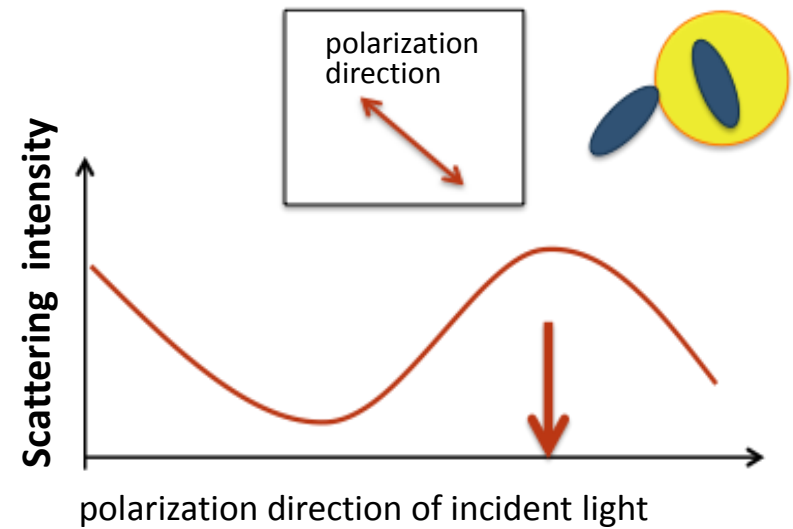
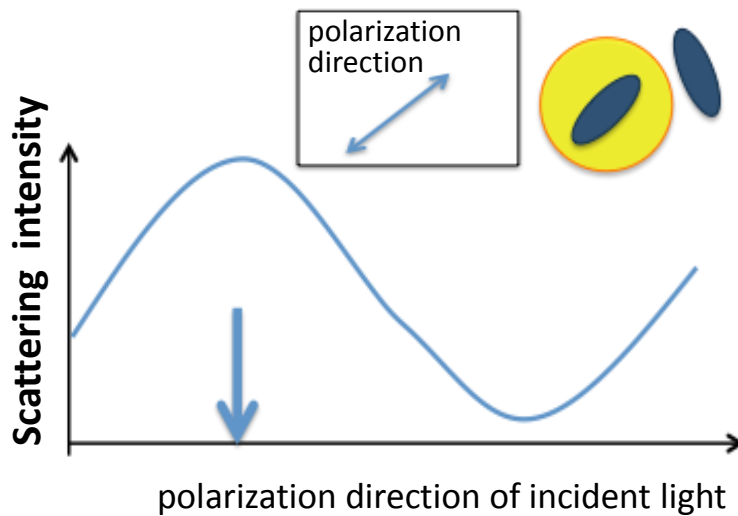
Наночастицы серебра в
диэлектрической среде

Плазмонные осцилляции

Спектр рассеянного излучения зависит от
поляризации света и формы кластера

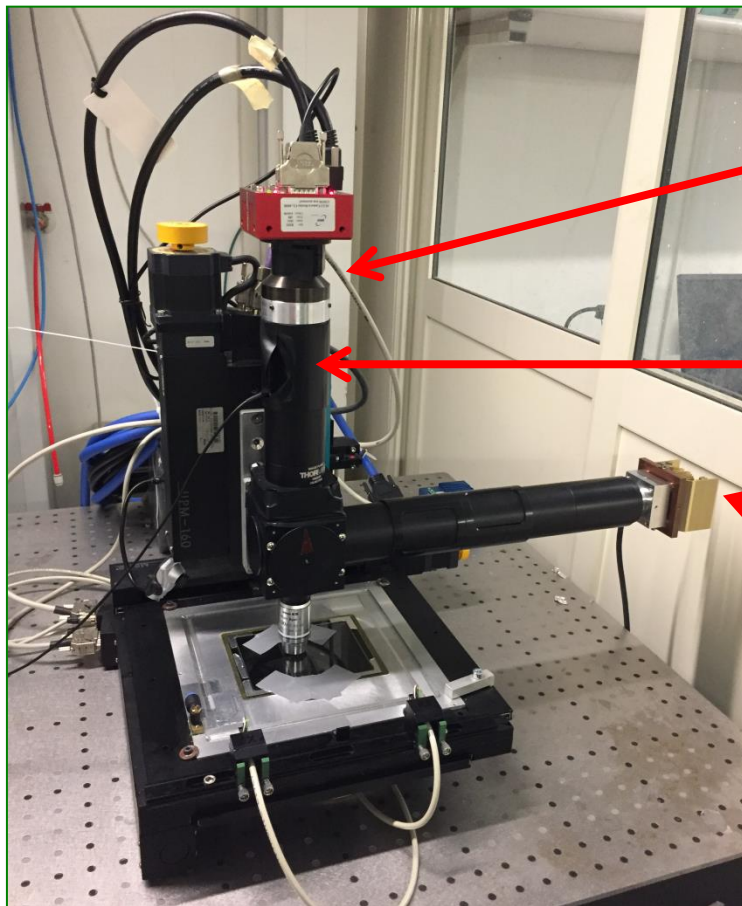
Резонансное рассеяния света

- Происходит при рассеянии на наноразмерных частицах металла в диэлектрической среде (*Applied Phys Letters 80 (2002) 1826*)
- Чувствительность зависит от формы кластера: на **несферическом кластере**, резонансный отклик зависит от поляризации падающего света.



Поляризационный микроскоп

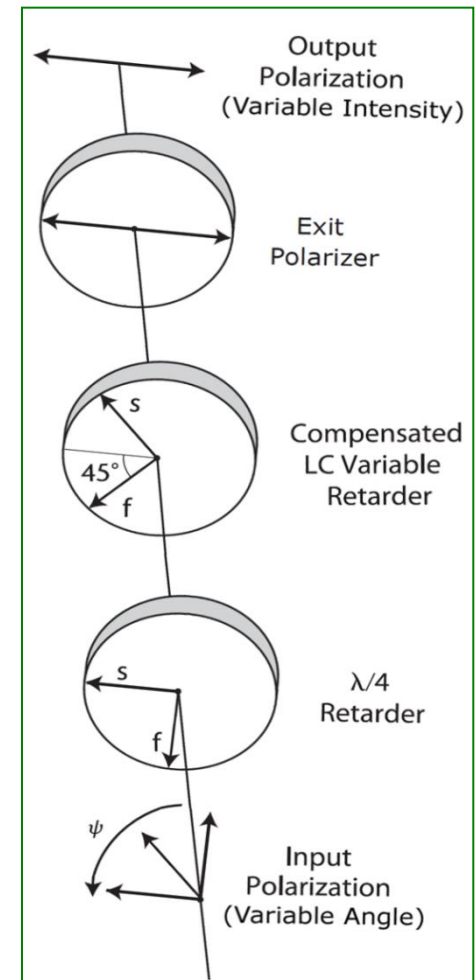
- Прототип собран в университете Неаполя
- Используется жидкокристаллический поляризатор



Exit polarizer plate

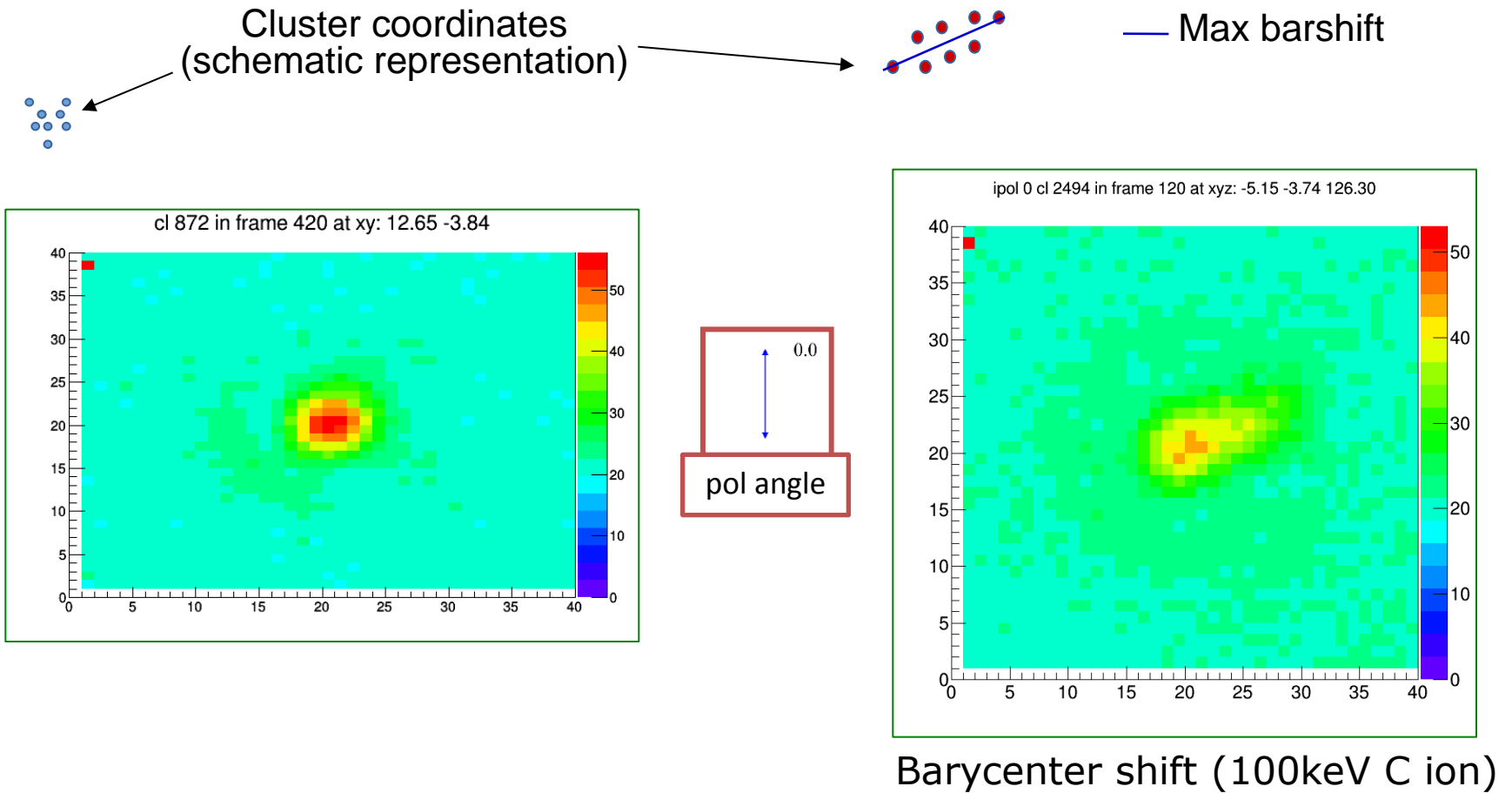
LC Polarization Rotator

Violet LED ($\lambda = 405 \text{ nm}$)



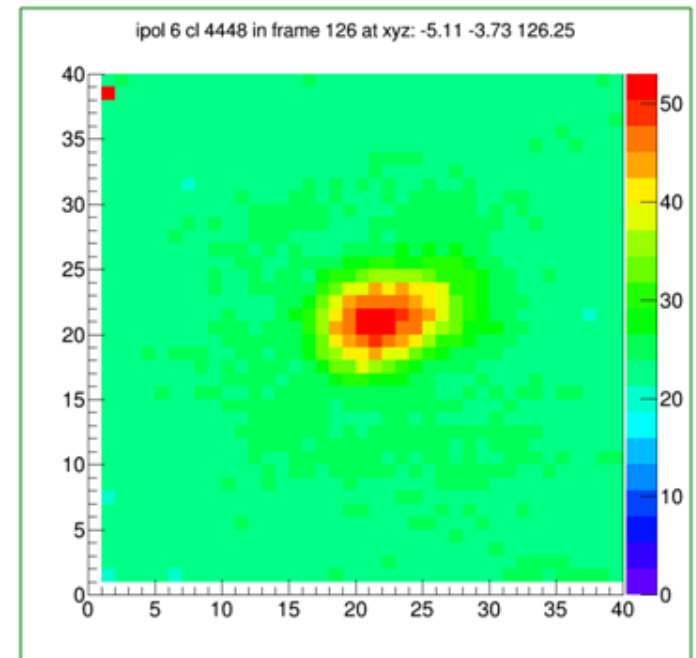
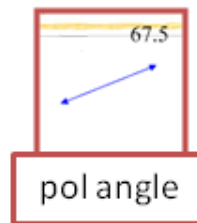
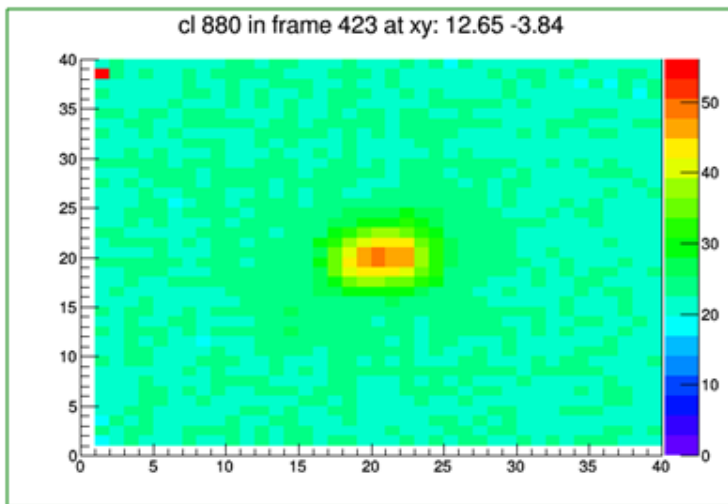
Смещение барицентра

Dynamic sequence of best focus clusters for each polarization angles



Смещение барицентра

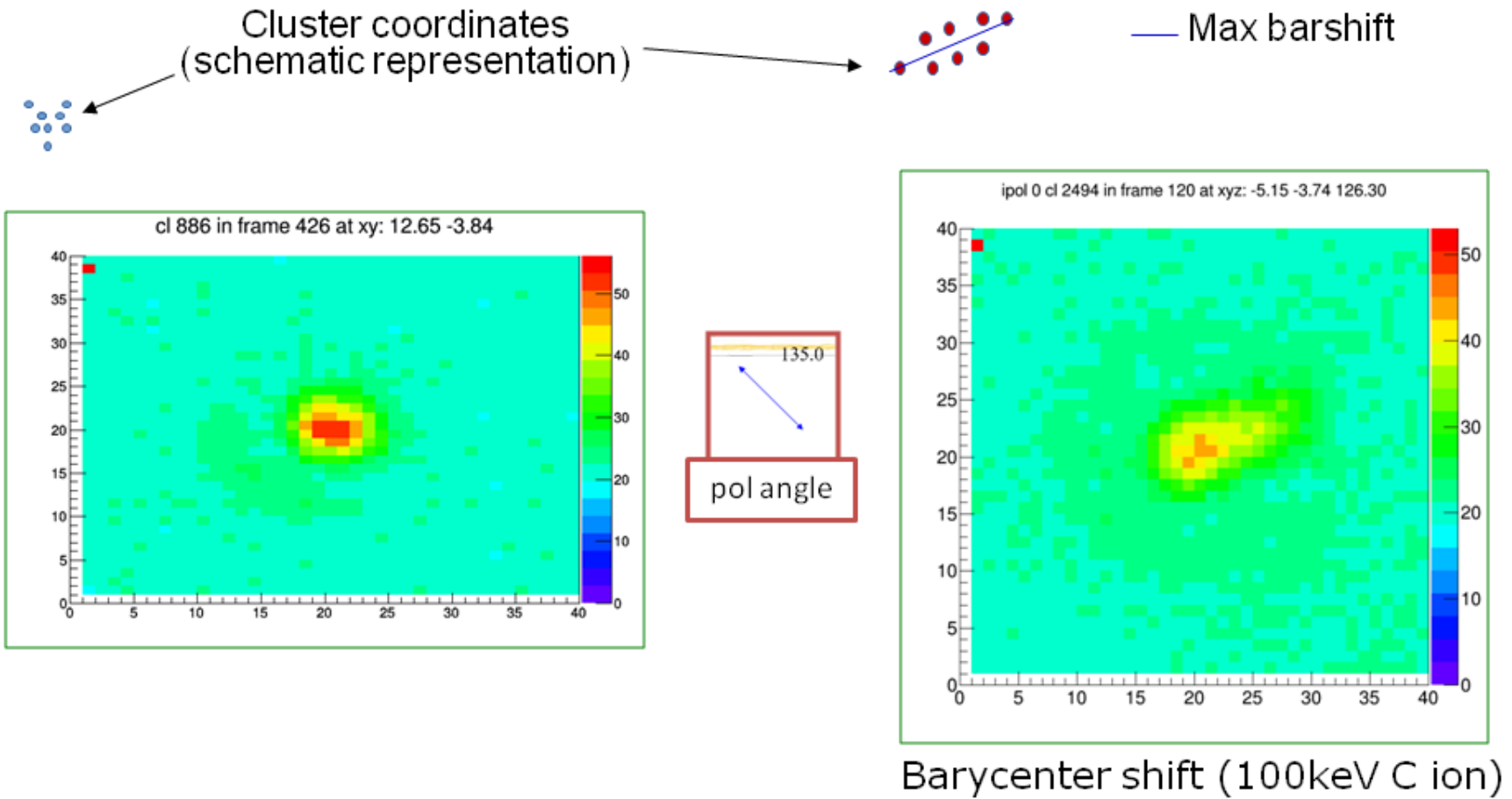
Dynamic sequence of best focus clusters for each polarization angles



Barycenter shift (100keV C ion)

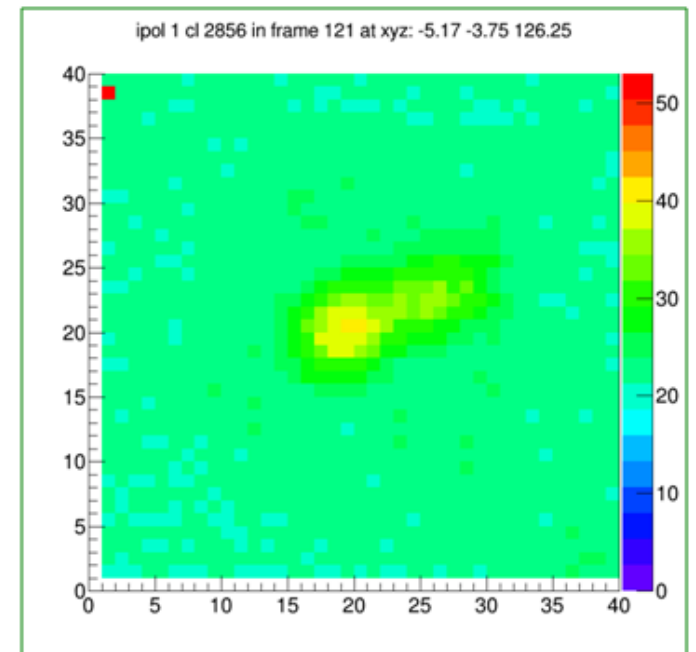
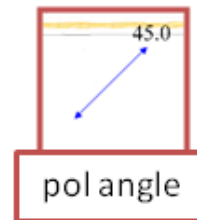
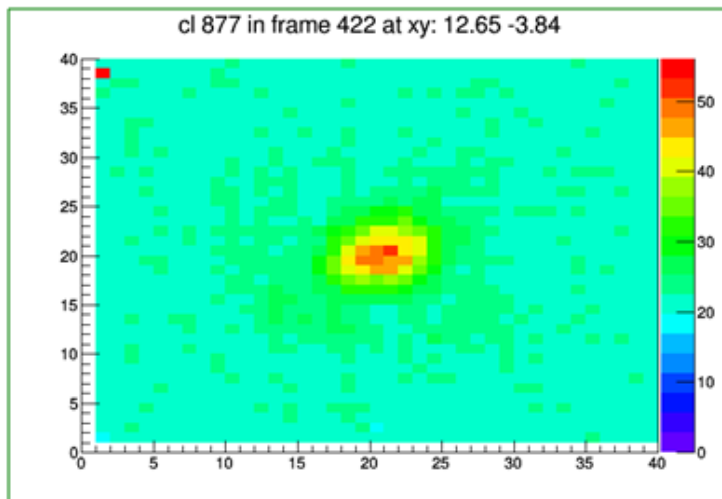
Смещение барицентра

Dynamic sequence of best focus clusters for each polarization angles



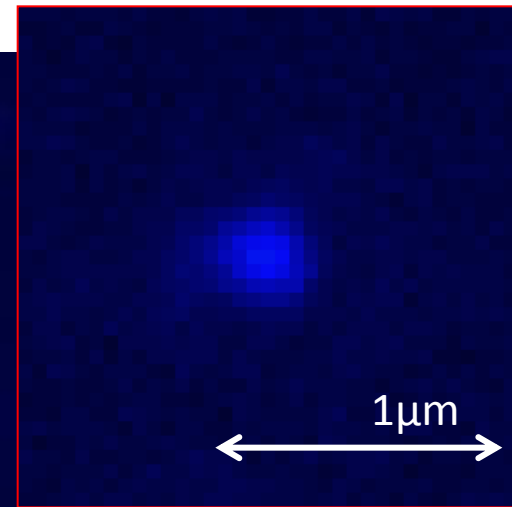
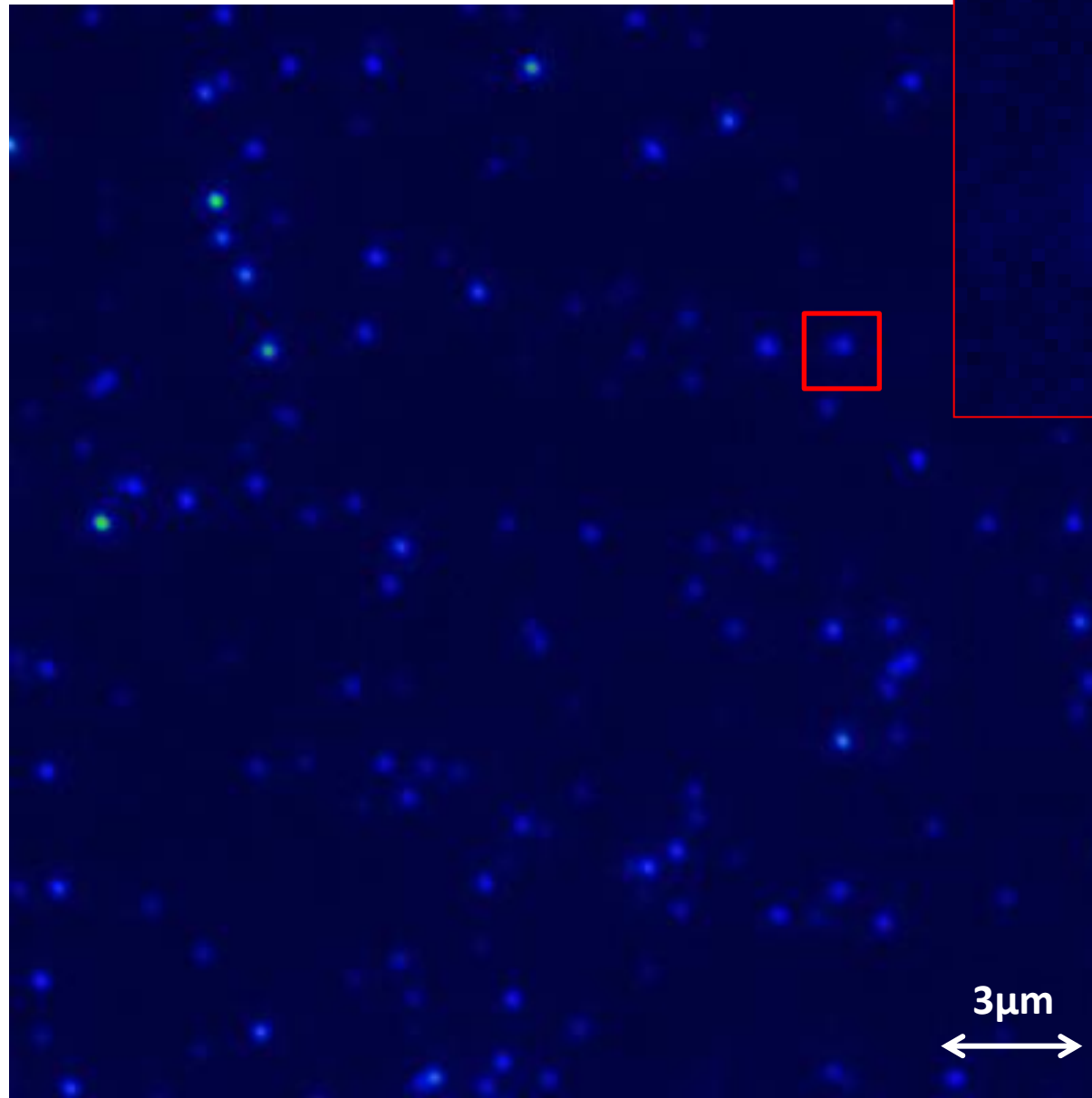
Смещение барицентра

Dynamic sequence of best focus clusters for each polarization angles



Barycenter shift (100keV C ion)

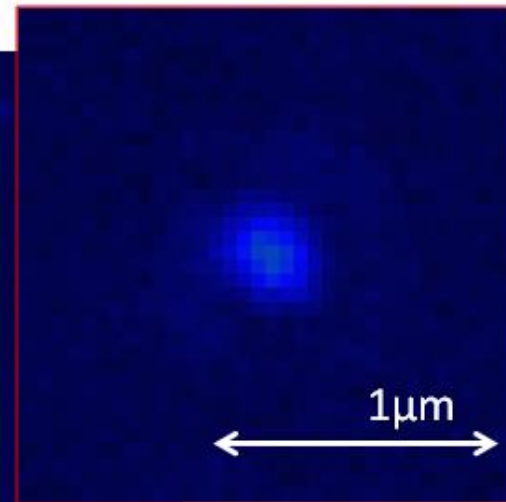
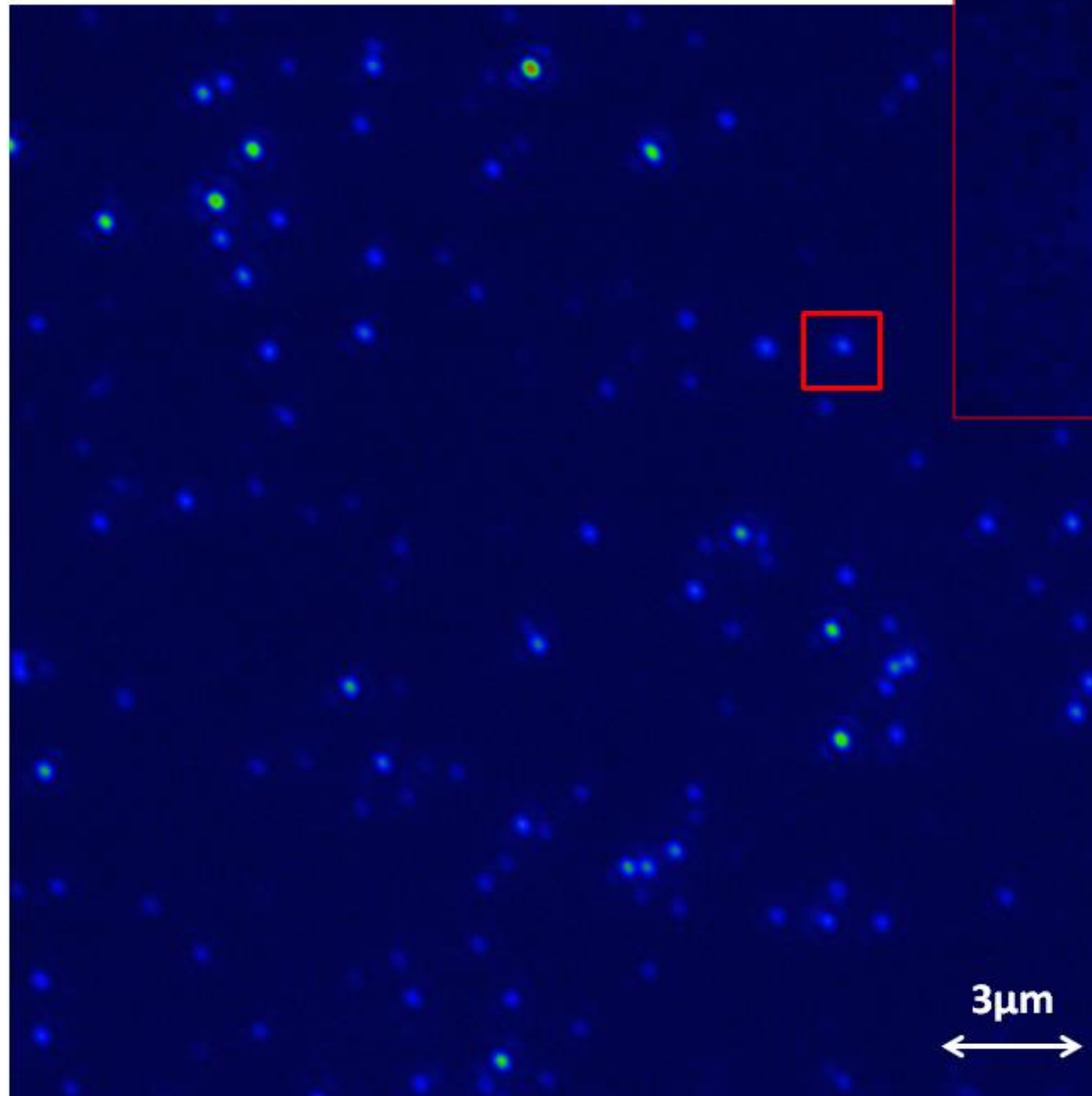
Фон и сигнал



Implant



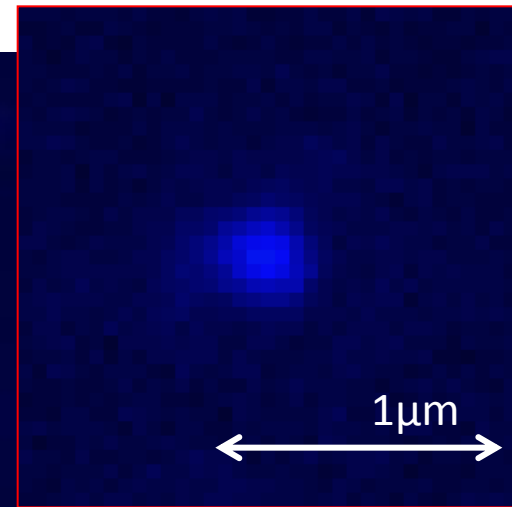
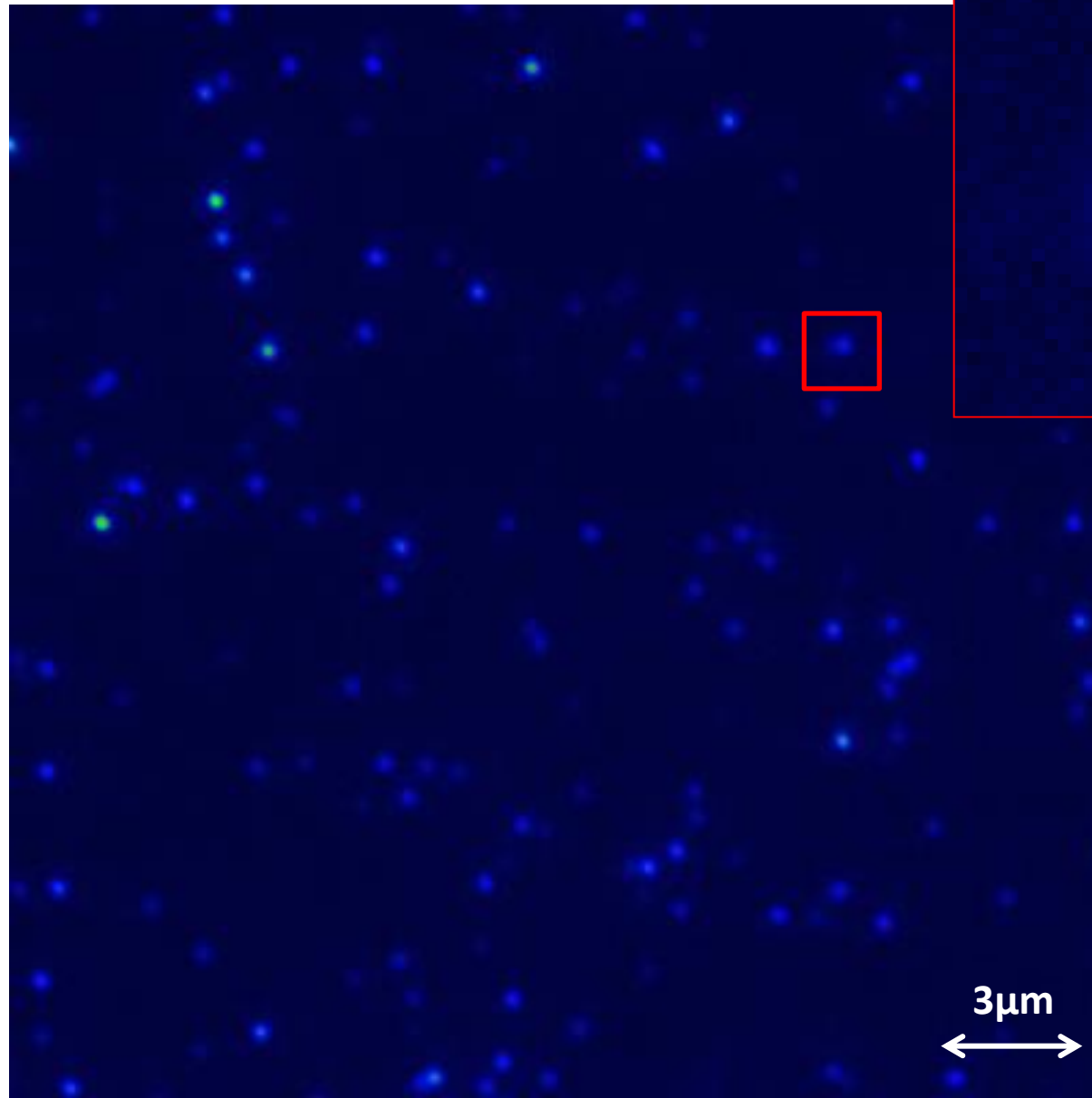
Фон и сигнал



Implant



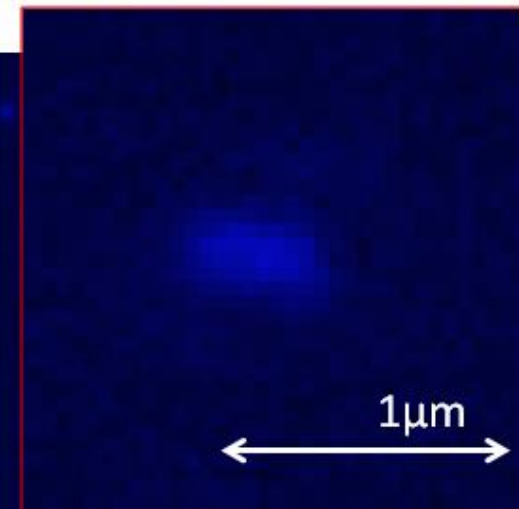
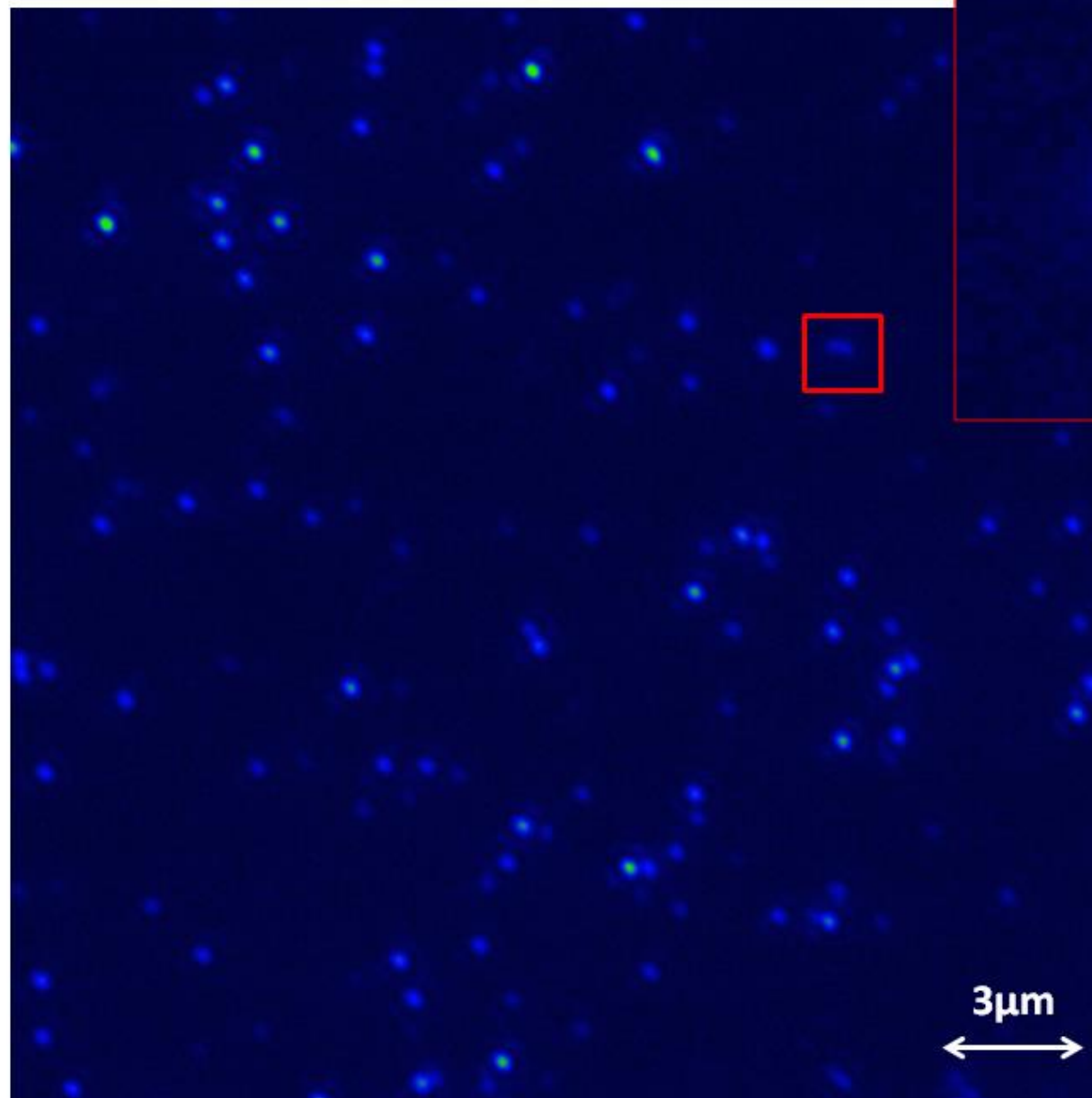
Фон и сигнал



Implant



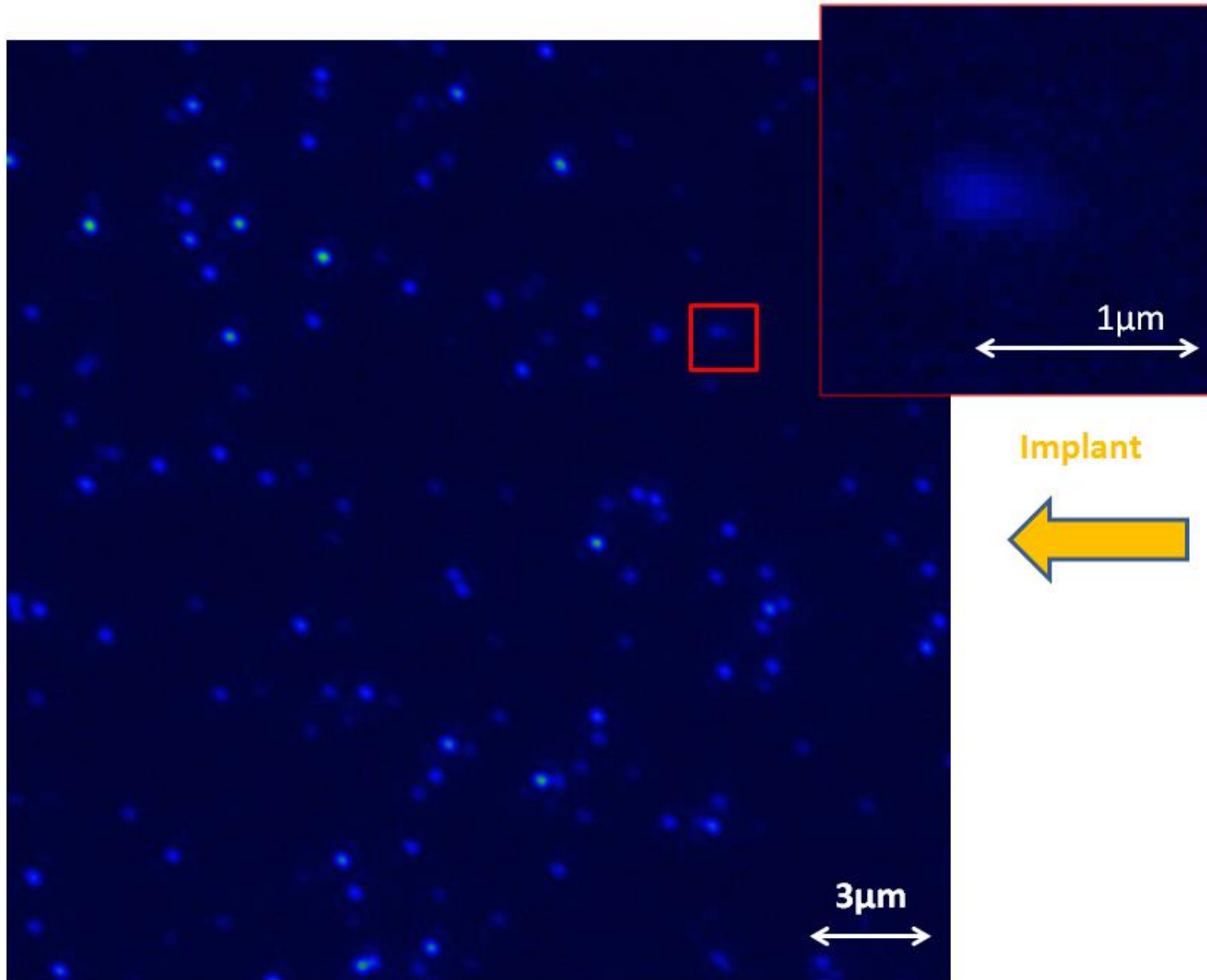
Фон и сигнал



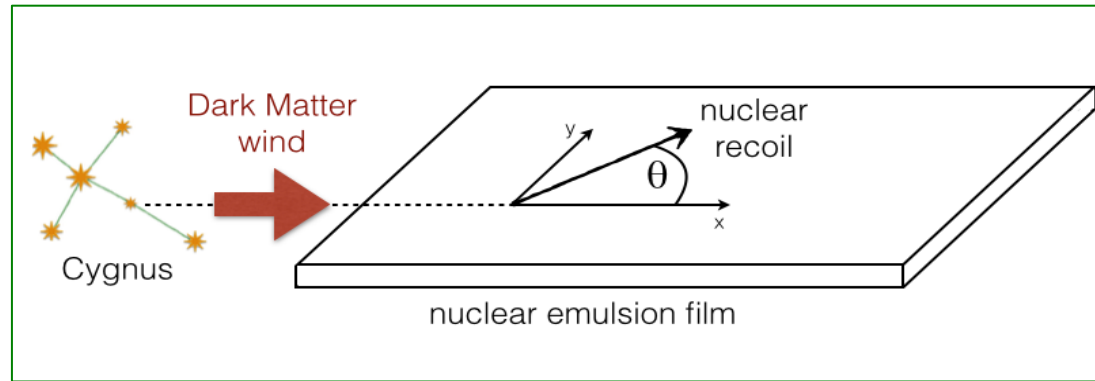
Implant



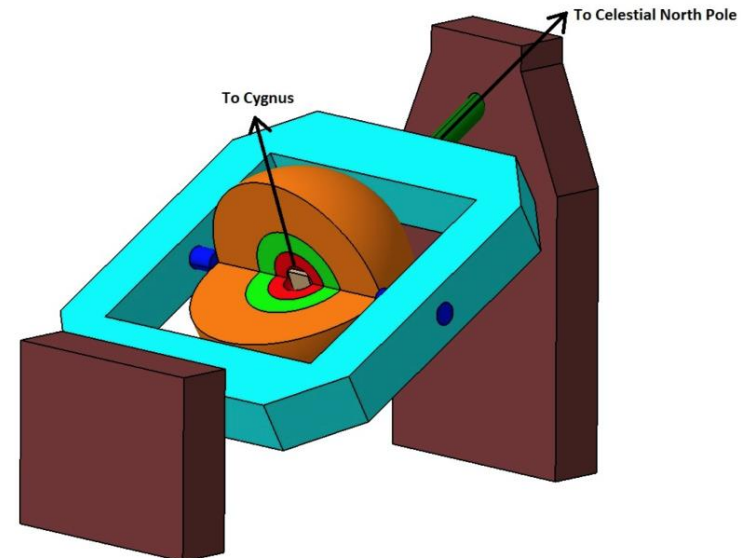
Фон и сигнал



NEWSdm. Cxema



- **Aim**: detect the direction of **nuclear recoils**
- **Target**: nanometric emulsions acting both as target and tracking detector
- **Background reduction**: neutron and gamma **shield** surrounding the target
- **Fixed pointing**: target mounted on **equatorial telescope** pointing to the Cygnus Constellation
- **Location**: Underground



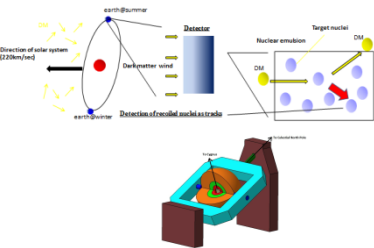
Текущий статус эксперимента: тестовая экспозиция и сканирование



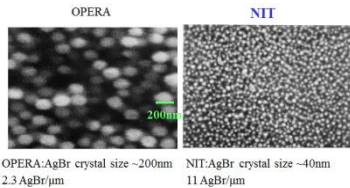
В 2019 машина для производства NIT-фотоэмульсии установлена в лаборатории Гран Сассо

Планируется экспозиция, проявка и сканирование 10г. эмульсии

Заключение

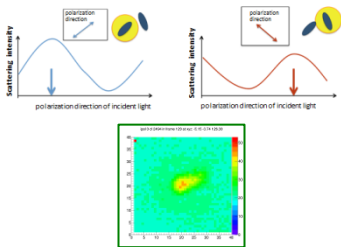


1. **Новый подход к поиску тёмной материи**



2. **Фотоэмульсия с наноразмерными зёрнами.**

3. **Сканирование за пределами порога оптической видимости.**



4. **Тестовая экспозиция в 2019.**

Спасибо за внимание!



<http://news-dm.lngs.infn.it>