

Возможности применения
сцинтилляционных кристаллов LiF в
экспериментах по поиску WIMP
(фторсодержащих)

Абдурашитов Д.Н.
ИЯИ РАН 27.03.2012

Recent experimental results

The situation is very exciting ... but confusing:

DAMA/NaI + DAMA/LIBRA 1002.1028 cumulative exposure: 427,000 kg x day (13 annual cycles)
confirms annual modulation effect at 8.9σ C.L.

CoGeNT, 1002.4703, 18.48 kg x day, excesses of events over the expected background
1106.0650, after 15 months, confirms annual modulation effect at 2.8σ C.L.

CRESST, several talks, 333 kg x day, excesses of events over the expected background

On the contrary, CDMS II 0912.3592 612 kg x day, and energies > 10 keV
1011.2482 241 kg x day, low-energy reanalysis

XENON 100 1104.2549 1471 kg x day

XENON 10 1104.3088

SIMPLE 1106.3014 14.1+13.67 kg x day,

found no evidence for dark matter with $m_{\text{WIMP}} \sim 10$ GeV

Основной тезис

Сцинтилляционные кристаллы фторсодержащих соединений (LiF , MgF_2 , CaF_2 ...???) пока не имеют конкурентов для поиска годовой модуляции по SD-рассеянию легких (~ 10 ГэВ) WIMP

Упругое рассеяние

$$\frac{d\sigma}{d|\vec{q}|^2} = \frac{\sigma_0}{4m_r^2 v^2} F^2(|\vec{q}|)$$

$|\vec{q}|$ — импульс, передаваемый ядру

$m_r = m_\chi m_N / (m_\chi + m_N)$ — приведенная масса

F — форм-фактор, понижающий сечение

$$\sigma_0 = \int_0^{4m_r^2 v^2} \frac{d\sigma(q=0)}{d|\vec{q}|^2} d|\vec{q}|^2 \quad \text{--- "point-like" cross section}$$

Спиновое взаимодействие (SD)

$$\sigma_0 = \frac{32}{\pi} G_F^2 m_r^2 \Lambda^2 J(J+1)$$

$$\Lambda = \frac{1}{J} (a_p \langle S_p \rangle + a_n \langle S_n \rangle)$$

$$F^2(|\vec{q}|) = S(|\vec{q}|) / S(0)$$

сложная форма

Скалярное взаимодействие (SI)

$$\sigma_0 = \frac{4m_r^2}{\pi} [Z f_p + (A - Z) f_n]^2$$

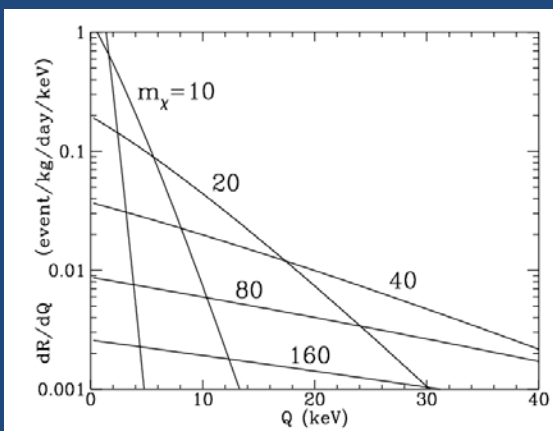
$$f_p \approx f_n \quad \text{--- но не всегда!}$$

$$F(Q) \propto \exp(-Q)$$

простая форма

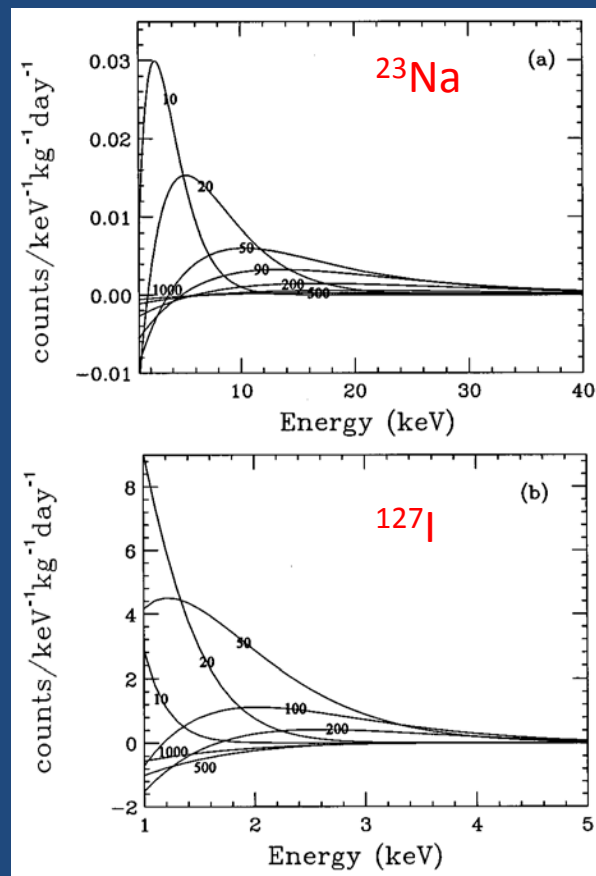
ЯДРА ОТДАЧИ: СПЕКТР, ГОДОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Форма спектра ядер отдачи ^{73}Ge
 $\sigma_0 = 4 \times 10^{-36} \text{ см}^2$



G.Jungman et al,
 Ph.Rep. 267 (1996)

Sarsa Ph.Rev. D56 4 (1997)



Орбитальная скорость Солнца $V_{\odot} \sim 230 \text{ км/с}$

Орбитальная скорость Земли $V_{\oplus} \sim 30 \text{ км/с}$

Угол наклона $\delta \sim 31^\circ$

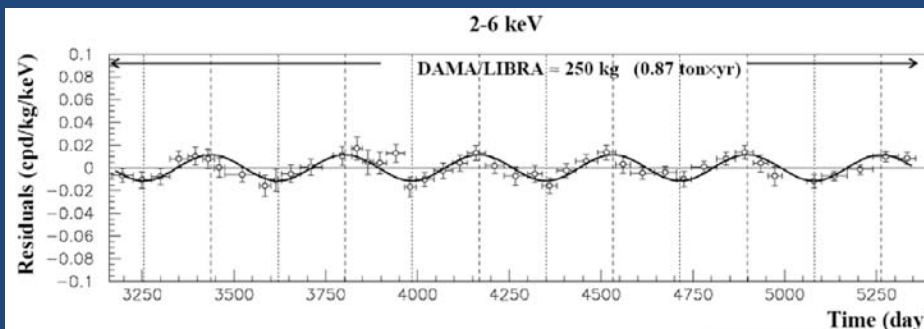
$$V_{\oplus}(t) = V_{\odot} + V_{\oplus} \sin \delta \cos[\omega(t - t_0)]$$

Скорость движения Земли вокруг гало

$\omega = 2\pi/365 \text{ [1/сут]}, t_0 = 2 \text{ июня}$

$V_{\text{max}} = 245 \text{ км/с}, V_{\text{min}} = 215 \text{ км/с}$

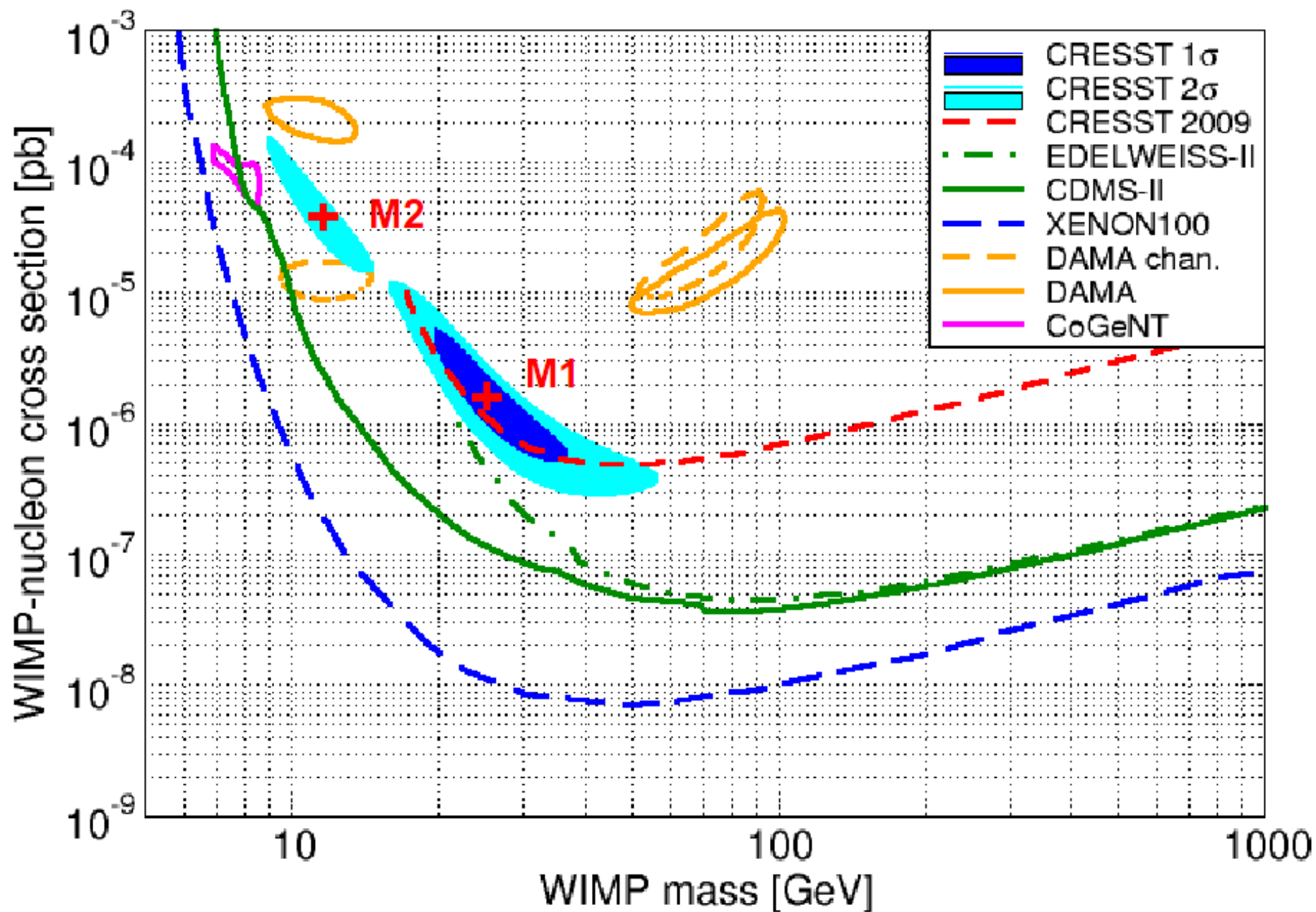
DAMA/LIBRA, 2-6 кэВ, $A \sim [0.01 \pm 0.01] \text{ отсч/кг/сут}$



1.

Легкие WIMP

$$M_\chi \sim 10 \text{ ГэВ}/c^2$$



Dark Matter 2012

Tenth Symposium on Sources and Detection of Dark Matter and
Dark Energy in the Universe
Marina del Rey Marriott February 22-24, 2012

UCLA Dark Matter 2012 agenda

*Last update: February 24, 2012. Talks are being uploaded to
this website in PDF format.*

Early afternoon session Wed. February 22, 1pm - 4pm: Overview talks

- **Joel Primack (UC Santa Cruz): Λ CDM -- triumphs and tribulations** (16.6 MB)
- **Elliott Bloom (SLAC): Using the Fermi large area telescope to search for dark matter via indirect detection: an overview** (5.9 MB)
- **Rick Gaitskell (Brown Univ.): Overview of experimental direct dark matter search** (20.1 MB)
- **Stefan Schael (RWTH Aachen Univ.): Status of the AMS-02 experiment on the ISS** (23.4 MB)
- **Paolo Gondolo (Univ. of Utah): Theory of low mass WIMPs** (25.7 MB)
- **Katherine Freese (Univ. of Michigan): Dark stars** (7.8 MB)
- Coffee break

Late afternoon session 4:15 - 7:25pm: Dark energy and the equation of state

Advisory committee

Elena Aprile (Columbia), Elliott Bloom (Stanford), David Cline (UCLA), Juan I. Collar (University of Chicago), Katherine Freese (University of Michigan), Ana Heras (ESA/ESTEC), Rene Ong (UCLA), Joel Primack (UCSC), Leszek Roszkowski (University of Sheffield, UK and SINS, Poland), Bernard Sadoulet (UC Berkeley), Ina Sarcevic (University of Arizona), Max Tegmark (Massachusetts Institute of Technology), Ned Wright (UCLA).

Links

Los Angeles International Airport

Theory of low mass WIMPs

Light dark matter

Weakly-interacting

2-10 GeV/c² mass

Paolo Gondolo
University of Utah

PHYSICAL REVIEW LETTERS

The original WIMP

VOLUME 39

25 JULY 1977

NUMBER 4

Cosmological Lower Bound on Heavy-Neutrino Masses

Benjamin W. Lee^(a)

Fermi National Accelerator Laboratory,^(b) Batavia, Illinois 60510

and

Steven Weinberg^(c)

Stanford University, Physics Department, Stanford, California 94305

(Received 13 May 1977)

The present cosmic mass density of possible stable neutral heavy leptons is calculated in a standard cosmological model. In order for this density not to exceed the upper limit of 2×10^{-29} g/cm³, the lepton mass would have to be *greater* than a lower bound of the order of 2 GeV.

2 GeV/c² for $\Omega_c=1$

Now 4 GeV/c² for $\Omega_c=0.25$

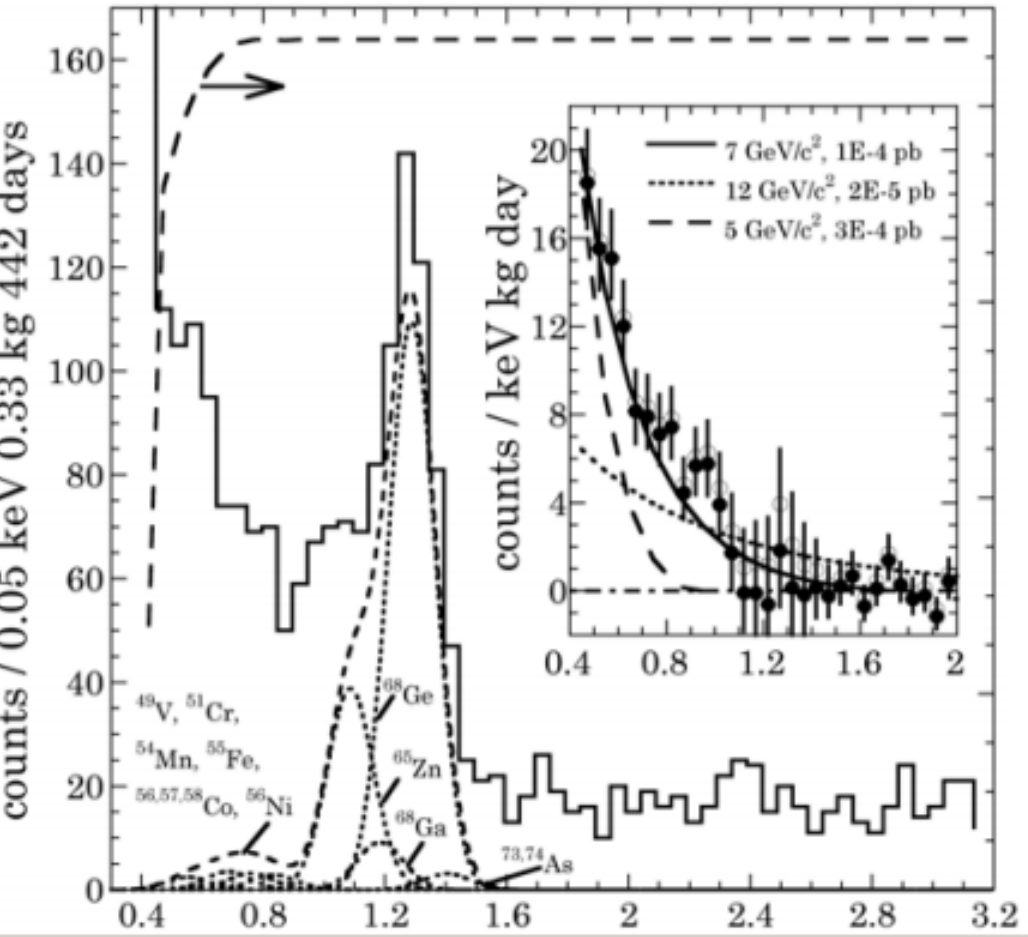
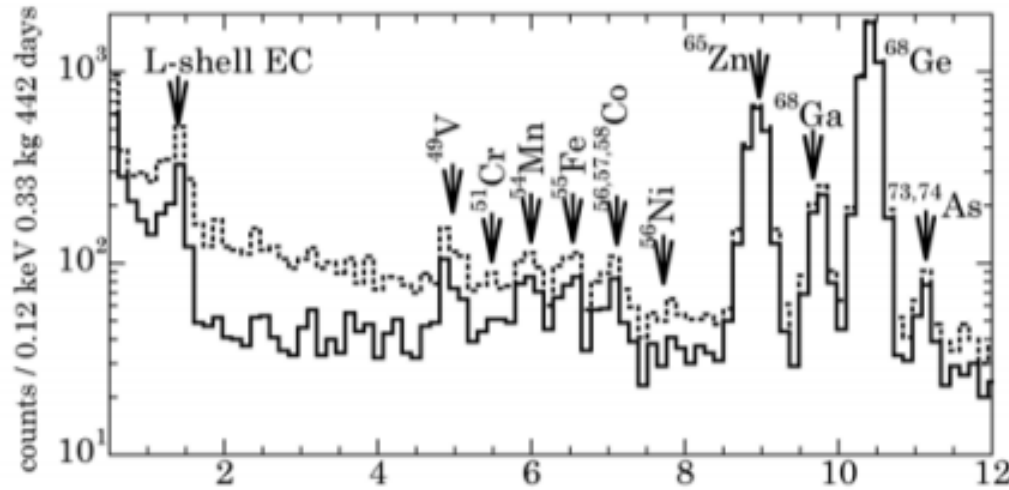
CoGeNT

p-type Ge детектор

Низкий шум

400 г

15 мес набора



2.

SD-рассеяние

$$M_x \sim 10 \text{ ГэВ}/c^2$$

unpaired proton

Isotope	Abundance(%)	$\lambda^2 J(J + 1)$
^1H	100	0.750
^7Li	92.5	0.411
^{19}F	100	0.647
^{23}Na	100	0.041
^{27}Al	100	0.087
^{35}Cl	75.8	0.036
^{51}V	99.8	0.167
^{69}Ga	60.1	0.021
^{71}Ga	39.9	0.089
^{75}As	100	0.000
^{93}Nb	100	0.162
^{107}Ag	57.8	0.054
^{109}Ag	48.2	0.057
^{127}I	100	0.023

unpaired neutron

Isotope	Abundance(%)	$\lambda^2 J(J + 1)$
^3He	1.3×10^{-4}	0.928
^{29}Si	4.7	0.063
^{67}Zn	4.1	0.073
^{73}Ge	7.8	0.065
^{99}Ru	12.7	0.039
^{101}Ru	17.0	0.049
^{111}Cd	12.8	0.072
^{113}Cd	12.2	0.079
^{115}Sn	0.4	0.173
^{117}Sn	7.7	0.205
^{129}Xe	26.4	0.124
^{131}Xe	21.2	0.055

J.Ellis and R.A.Flores, Phys.Lett.B 263 (1991)

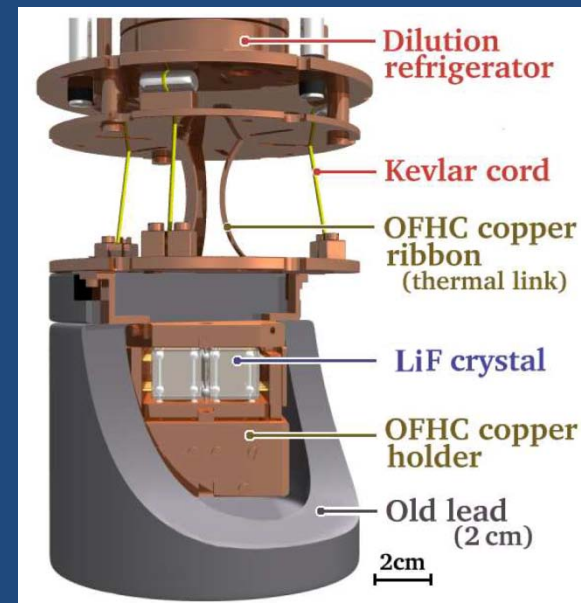
Содержание U/Th/K

^{238}U ^{232}Th ^{40}K ^{210}Pb
 [ppt] [ppt] [ppm] [Bq/kg]

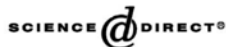
Свинец <100 1400 <1 <2

Медь <100 600 <1 -

LiF ~10 ~3 - ~10-4



Available online at www.sciencedirect.com



Astroparticle
Physics

Astroparticle Physics 19 (2003) 135–144

www.elsevier.com/locate/astropart

First results from dark matter search experiment with LiF bolometer at Kamioka underground laboratory

K. Miuchi ^{a,*}, M. Minowa ^{a,b}, A. Takeda ^a, H. Sekiya ^a, Y. Shimizu ^a,
 Y. Inoue ^{b,c}, W. Ootani ^c, Y. Ootuka ^d

^a Department of Physics, School of Science, University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

^b Research Center for the Early Universe (RESCEU), School of Science, University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

^c International Center for Elementary Particle Physics (ICEPP), University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

^d Institute of Physics, University of Tsukuba, 1-1-1 Ten'nodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan

Received 14 July 2002; received in revised form 14 July 2002; accepted 20 July 2002

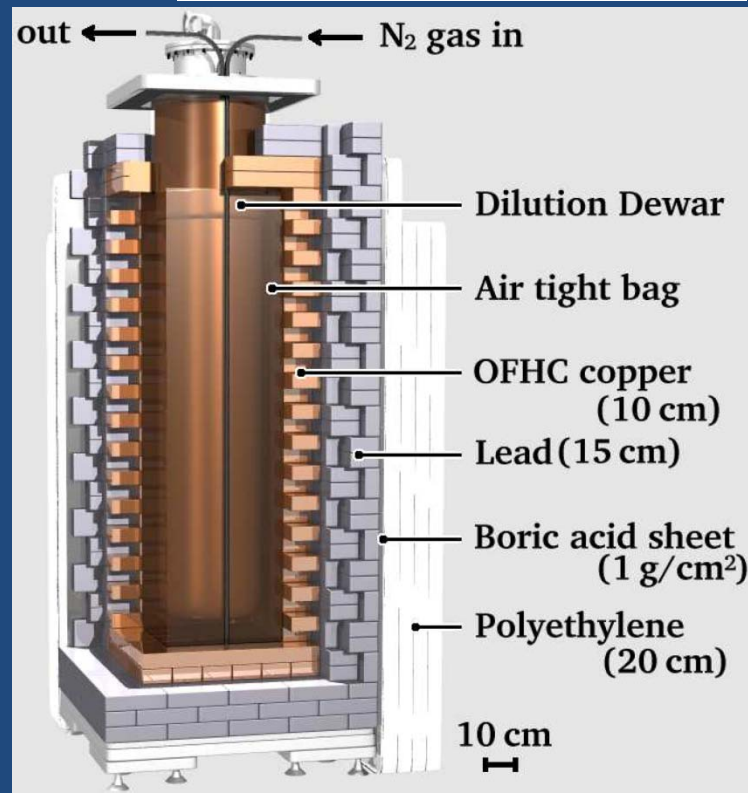
Abstract

The Tokyo group has performed the first underground dark matter search experiment from 2001 through 2002 at Kamioka Observatory (2700 m.w.e). The detector is eight lithium fluoride bolometers with a total mass of 168 g and aims for the direct detection of weakly interacting massive particles (WIMPs) via spin-dependent interaction. With an exposure of 4.1 kg days, we derived the limits in the a_p - a_n (WIMP-nucleon couplings) plane and excluded a large part of the parameter space allowed by the UKDMC experiment.

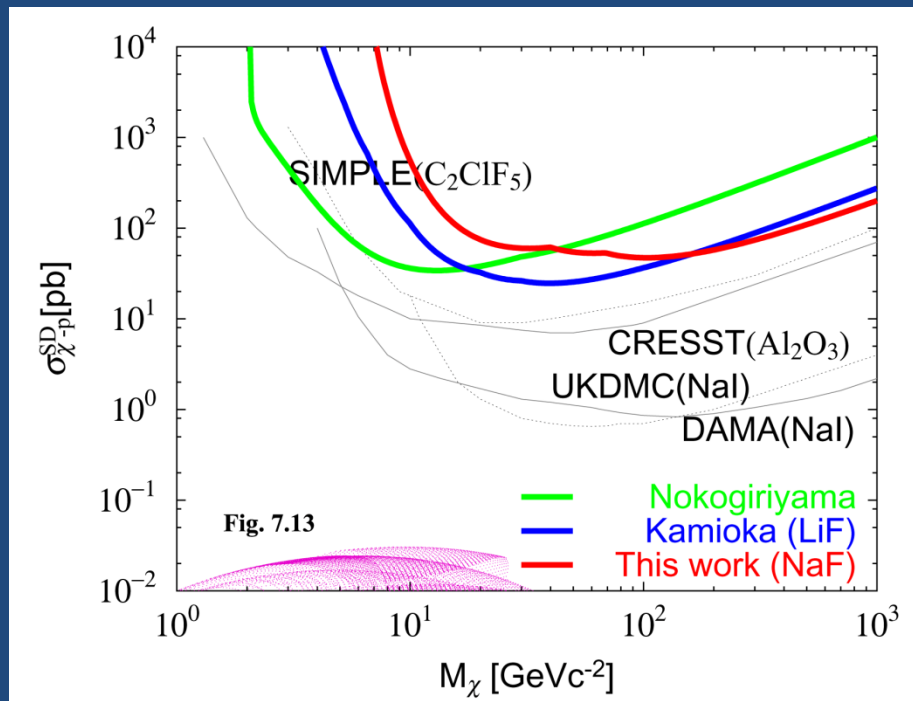
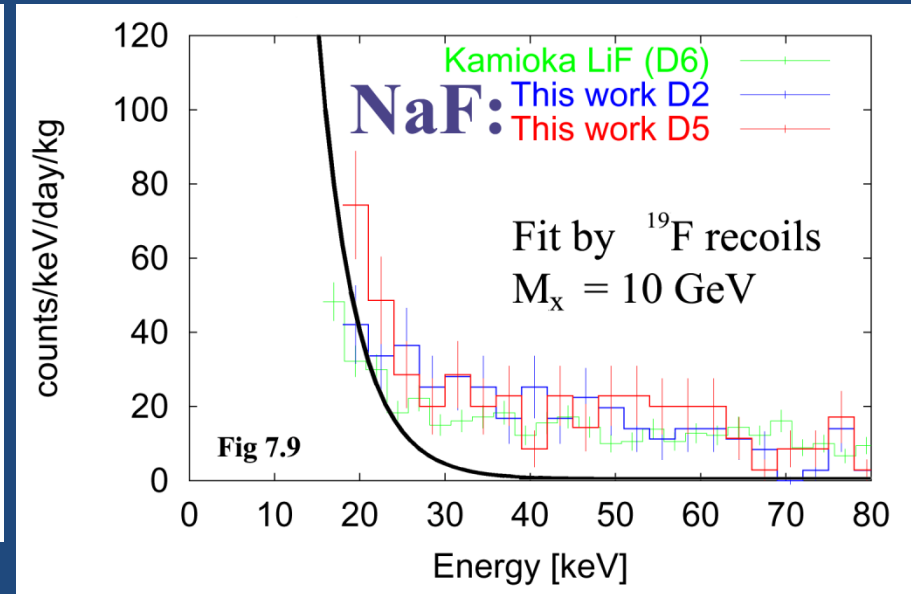
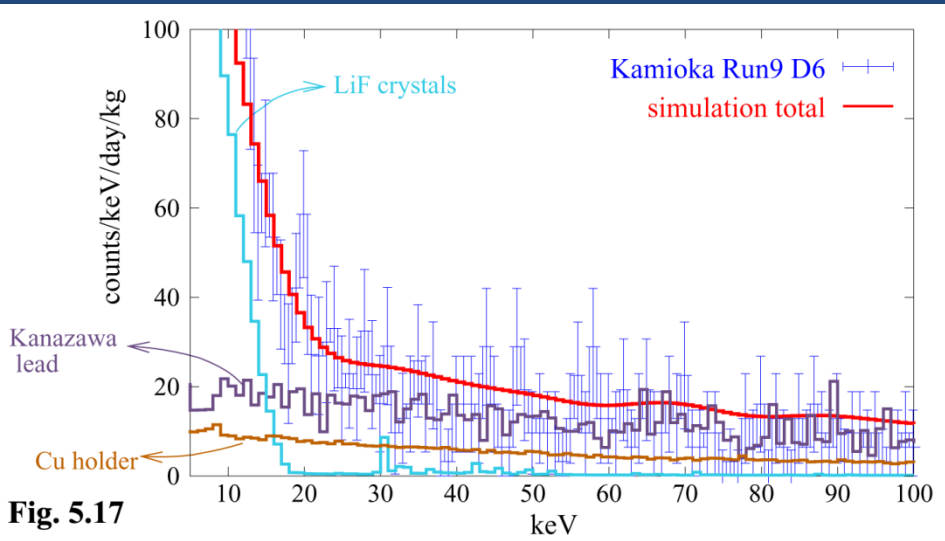
© 2002 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

PACS: 14.80.Ly; 29.40.Ym; 95.35.+d

Keywords: Dark matter; Neutralino; Weakly interacting massive particle; Lithium fluoride; Bolometer

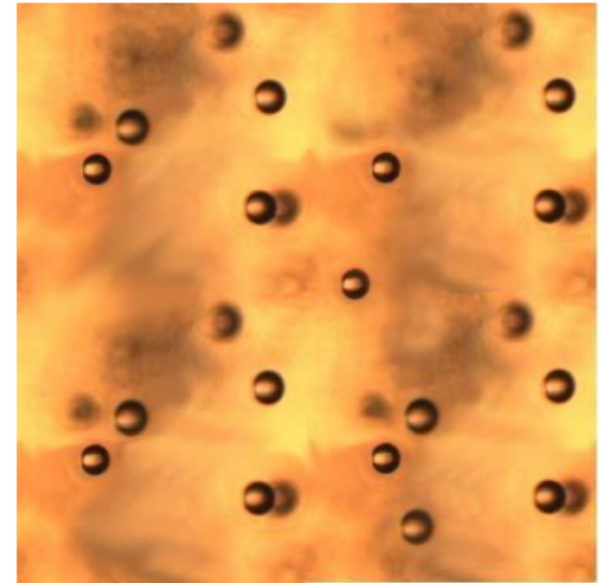


2008 – измерения с NaF



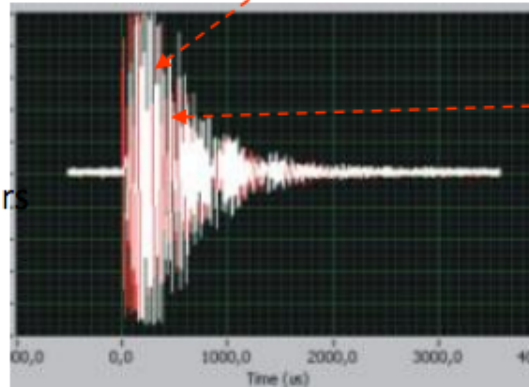
TAUP 2011 - PICASSO

- 150 μm droplets of C_4F_{10} dispersed in polymerised gel *
- Droplets superheated at ambient T & P ($T_b = -1.7^\circ\text{C}$)
- Radiation triggers phase transition
- Events recorded by piezo-electric transducers
- Operating temperature determines energy threshold



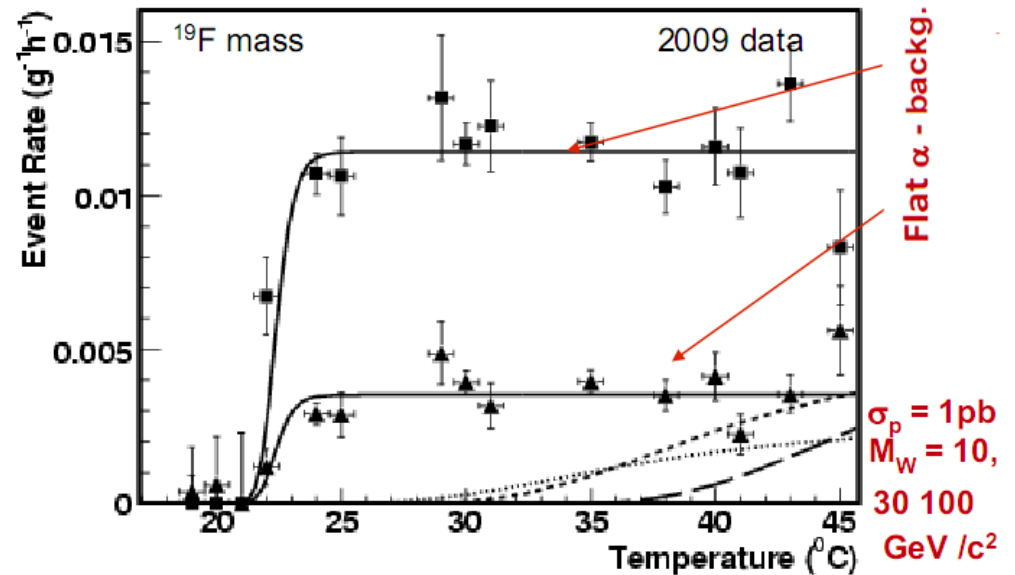
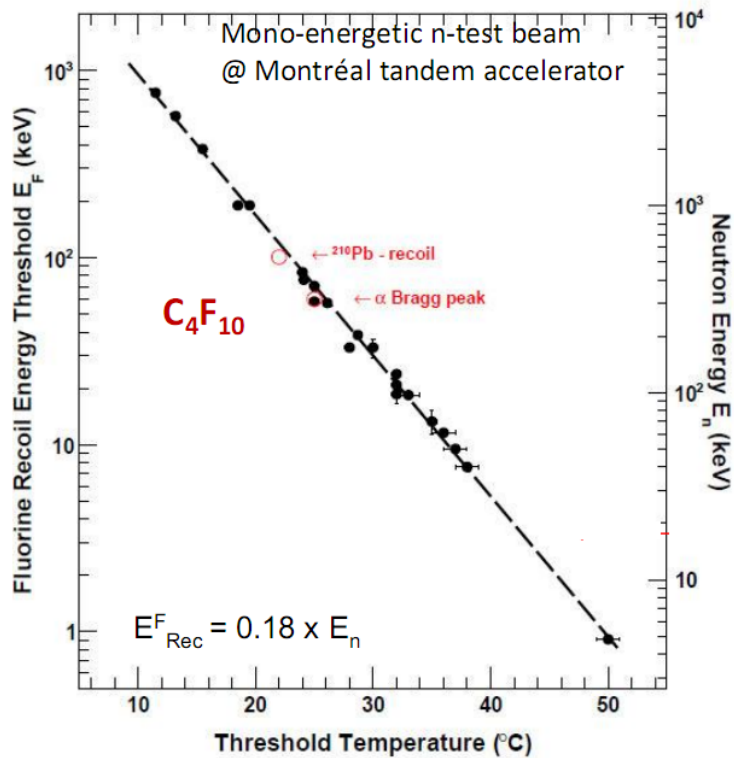
Main attractive features:

- low threshold $45^\circ\text{C} \rightarrow E_{\text{th}} = 2 \text{ keV}$
- inexpensive! 0.19 k\$/kg (C_4F_{10})
- insensitive to γ - background



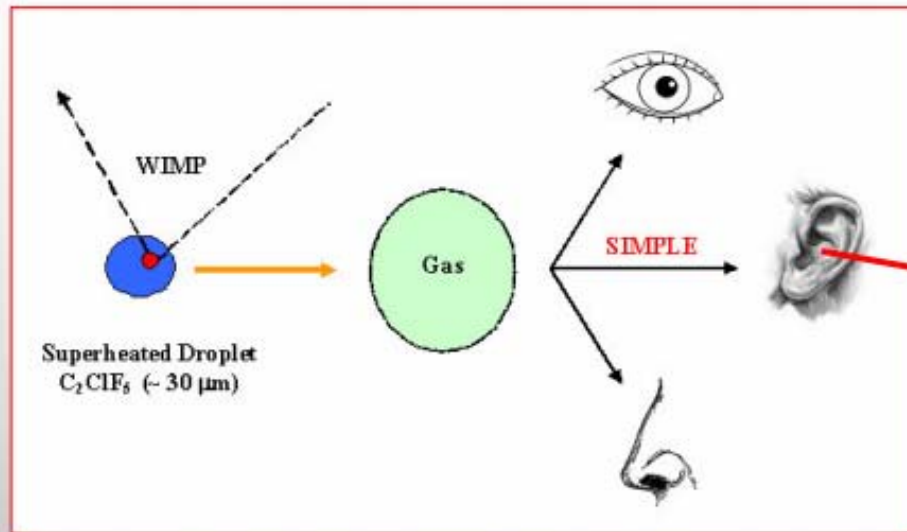
* Inspired by personal neutron dosimeters
@ Bubble Technology Industries, ON

Calibration of Energy Threshold



Fit WIMP response & flat α background

SIMPLE - SDD



(Seitz : Phys. Fluids 1 (1979) 1)

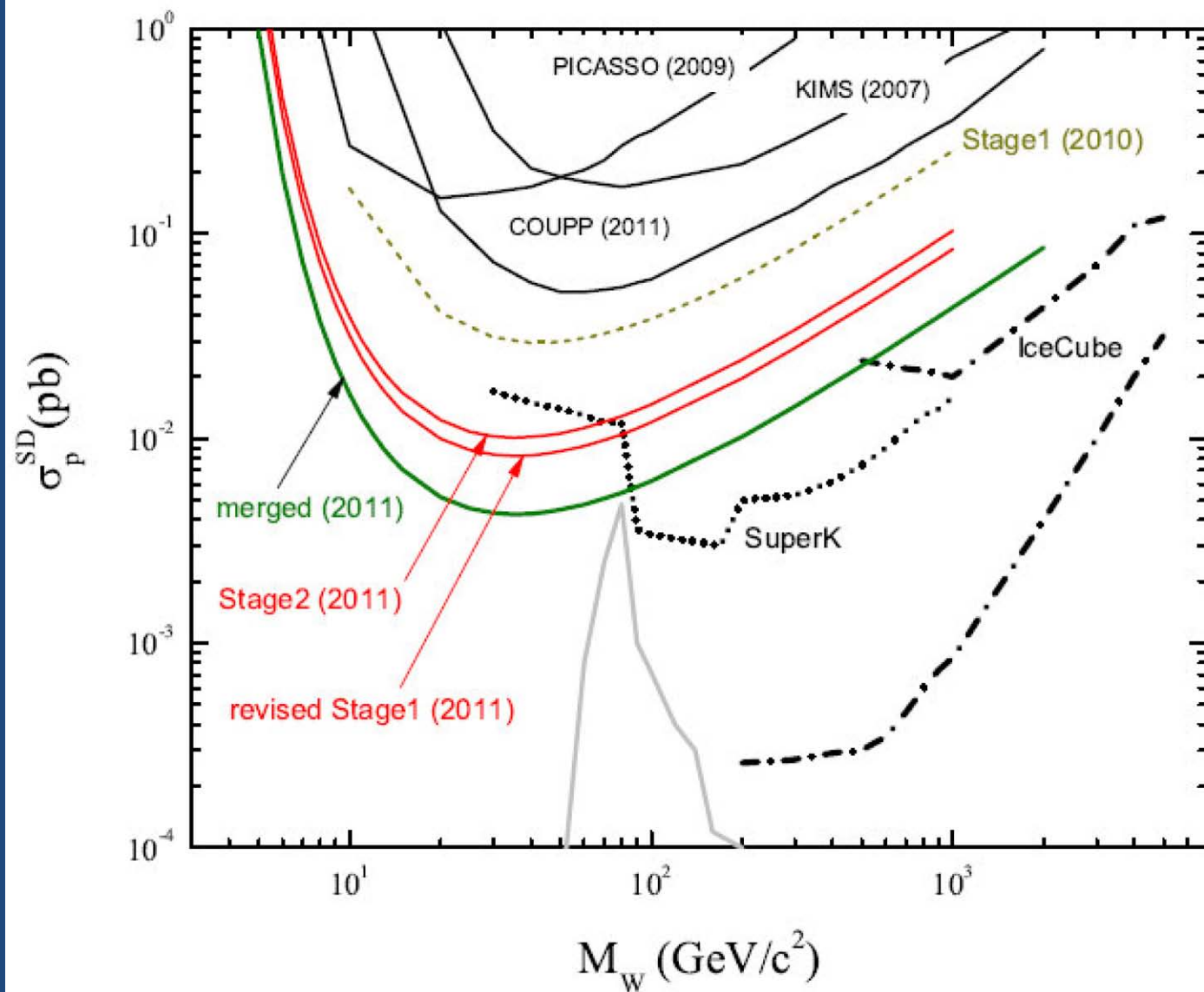
(i) $E > E_c = 4\pi r_c^2 \gamma / 3\epsilon$

(ii) $\Delta E / \Delta x > E_c / \Delta r_c$

key feature : *selective sensitivity*
tunable (P,T) double threshold device



?

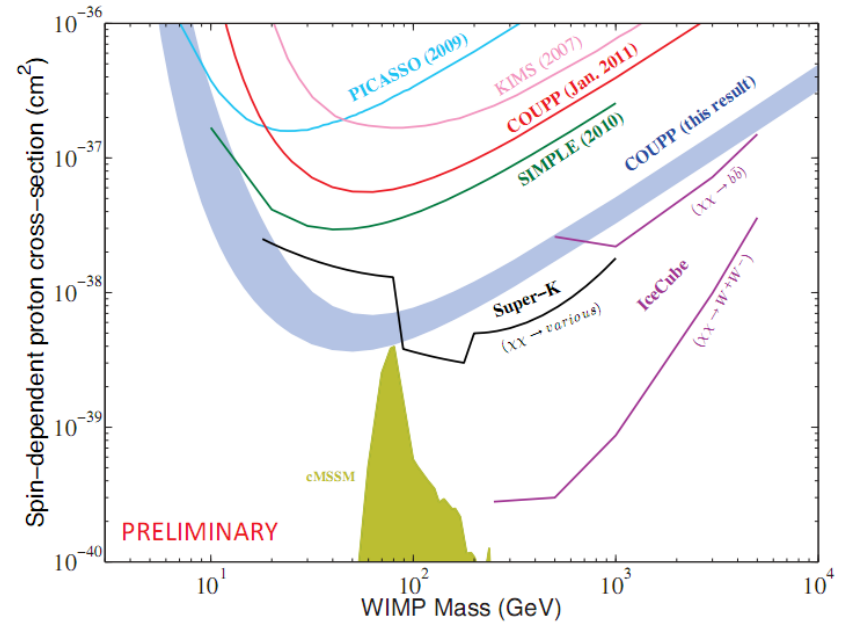
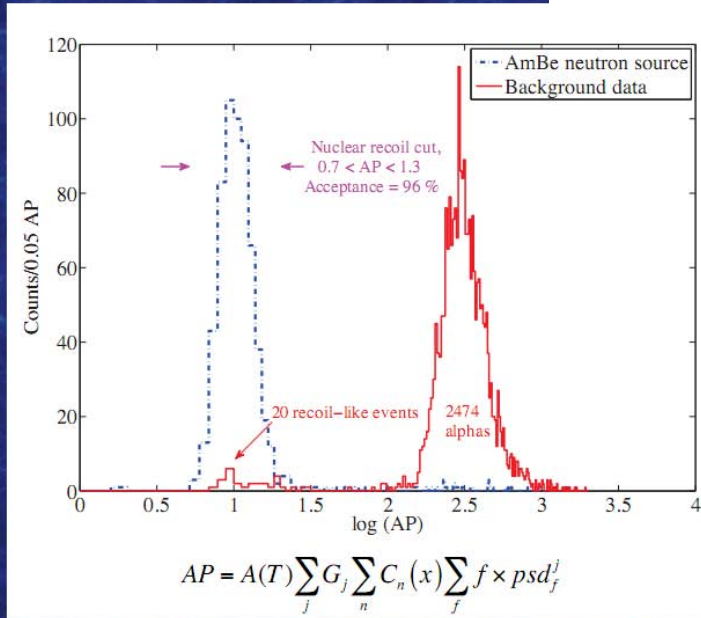


COUPP2L SNOLAB Results

- >99.3% alpha rejection (15 keV threshold)
- 20 WIMP candidates
 - (0.11, 0.09, 0.03) ev/kg/day above (8, 11, 16) keV
 - Expect ~0.01 ev/kg/day from identified neutron sources

- AP is a measure of acoustic energy
- A(T) temperature correction
- G_j gain correction for jth acoustic sensor
- C_n(x) position correction for nth frequency range
- psd power spectral density with bin center frequency f

$$AP = A(T) \sum_j G_j \sum_n C_n(x) \sum_f f \times psd_f^j$$



3.

Годовая модуляция
скорости SD-рассеяния

для

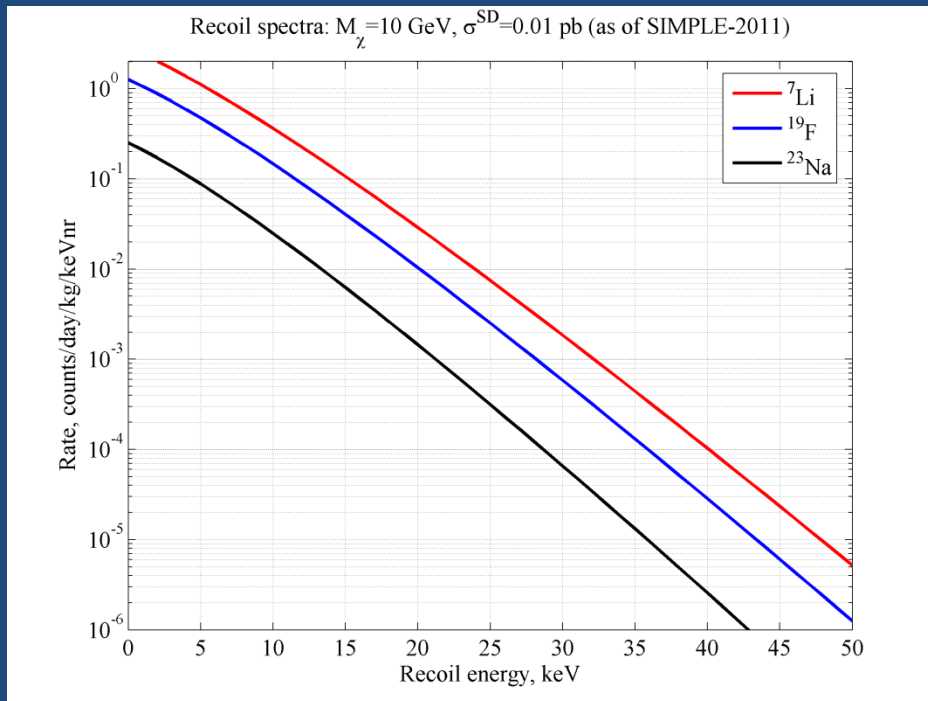
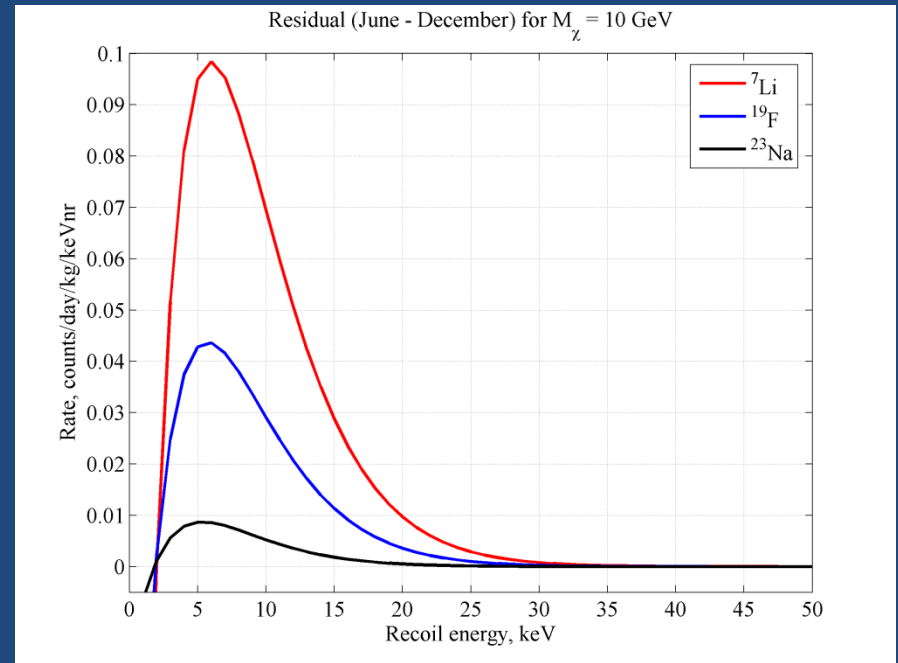
$$M_x \sim 10 \text{ ГэВ}/c^2$$

Спектр ядер отдачи и годовая модуляция на примере LiF при ограничении SIMPLE:

$$\sigma_{SD_p} = 10^{-2} \text{ pb}, M_\chi = 10 \text{ ГэВ}/c^2$$

При световыходе LiF 10000 фот/МэВ светосборе 0.8 и кв. эфф. 0.25 получим 2 ф.э./кэВ (как в Хе100)

Порог в DAMA/NaI – 5-6 ф.э. кэВ



Порог – от 6 ф.э. = 3 кэВ э.ш.
 При $Q = 0.3$ соответствует ~ 10 кэВ энергии ядра отдачи

Скорость счета > 10 кэВ:
 ~ 0.3 событий $\text{кг}^{-1} \text{сутки}^{-1}$
 100 кг обеспечит ~ 1000 в месяц
ГОДОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ!!!

4.

Экспериментальный задел

Цель исследования: оценка световых свойств кристалла LiF(W) относительно NaI(Tl).

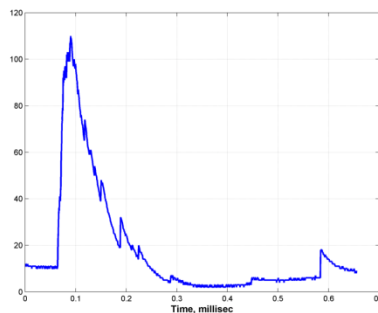
1. Методика исследования.

Для исследования был выбран один из двух больших кристаллов LiF(W), выращенных в Харькове на заводе «Монокристалл». Кристалл имеет размер 150x150x300 мм и оборудован одним окном диаметром 120 мм. Для просмотра кристалла использовался большой ФЭУ Hamamatsu R2321 со стандартным делителем. Выход анодного сигнала подается на зарядочувствительный предусилитель (ЗЧПУ) с постоянной времени 100 мкс. Сигнал ЗЧПУ просматривается 2-канальным цифровым осциллографом (ЦО) Лан10М5 от Руднев-Шиляева. Для запуска ЦО используется триггерный сигнал, сформированный по переднему фронту сигнала ЗЧПУ. В качестве радиоактивных источников были использованы источники ОСГИ ^{137}Cs (662 кэВ), ^{60}Co (1.17 и 1.33 МэВ), ^{241}Am (27 и 60 кэВ), а также ^{239}Pu - источник альфа-частиц с энергией 4.6 МэВ.

Как показал самый первый опыт работы, исследования такого рода практически невозможно проводить без специальной пассивной защиты от радиоактивного фона окружающей среды. Поэтому измерения проводились в подземном комплексе низкофоновой лаборатории ГГНТ, в счетной комнате 101. Во время измерений кристалл был окружен слоем свинца толщиной 8 см и вольфрама 2 см.

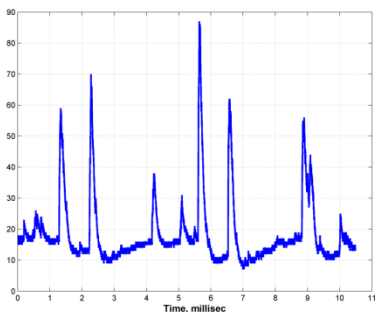
2. Характеристика сигналов.

Известно, что в высвечивании кристаллов LiF наблюдаются компоненты с длительностью в десятки и сотни микросекунд. Этим был обусловлен выбор постоянной времени ЗЧПУ в 100 мкс. На рисунке справа представлен кадр одного из событий высвечивания в LiF(W) при облучении каким-либо источником. По горизонтали отложено время в миллисекундах, по вертикали - оцифрованные значения сигнала ЗЧПУ в бинах ЦО. Видно, что сигнал складывается из



отдельных, по всей вероятности, 1-фотоэлектронных всплесков, наиболее интенсивных в начале

и более редких в конце. Следует отметить, что выбор 100 мкс оказывается недостаточен, чтобы выбрать все фотоэлектроны, относящиеся к событию высвечивания – всплески еще поступают, а ЗЧПУ уже разряжается. Тем не менее, увеличивать время разряда ЗЧПУ не представляется возможным по следующей причине. На рисунке слева представлена осциллограмма сигнала ЗЧПУ при облучении кристалла источником ^{239}Pu . Интенсивность источника (около 100 частиц в секунду) много меньше скорости шумовых 1-фотоэлектронных событий ФЭУ (около 5 кГц). При увеличении времени разряда существенно повысится вероятность наложения сигна-



лов, что будет приводить к значительным искажениям при определении амплитуды.

LiF(W), 18 кг

Производство

«Институт монокристаллов»

Харьков, Украина

ГГНТ БНО

Внутренний отчет ноябрь 2009

LiF(W), 18 кг, ГГНТ БНО, T~300 К

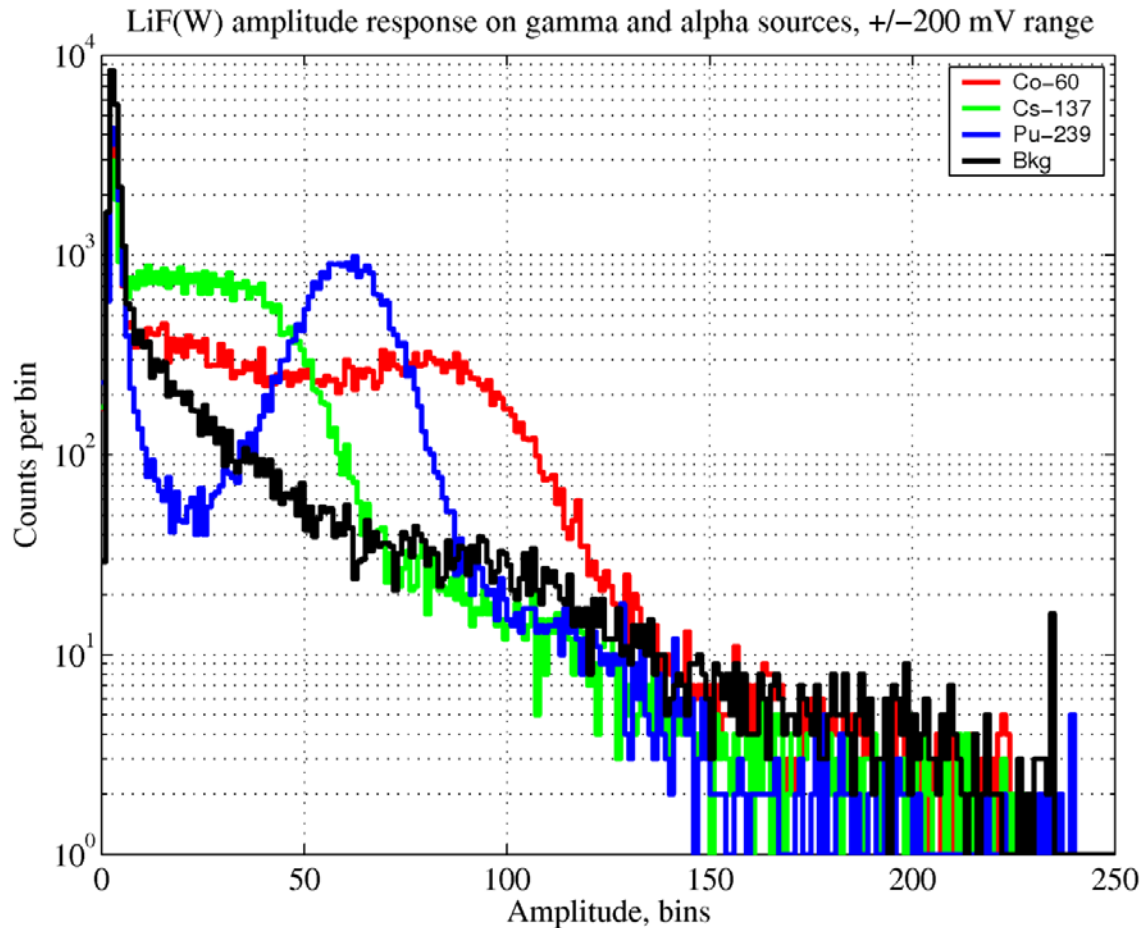


Рис. 2: Гистограммы амплитуд отклика кристалла LiF(W) на облучение источниками γ -квантов, α -частиц и фон, диапазон ± 200 mV.

Источники:

^{239}Pu , ^{60}Co , ^{137}Cs

Таи предусилителя
560 мкс

Световыход:
 ~ 800 фотон/МэВ

LiF(W), 18 кг, ГГНТ БНО

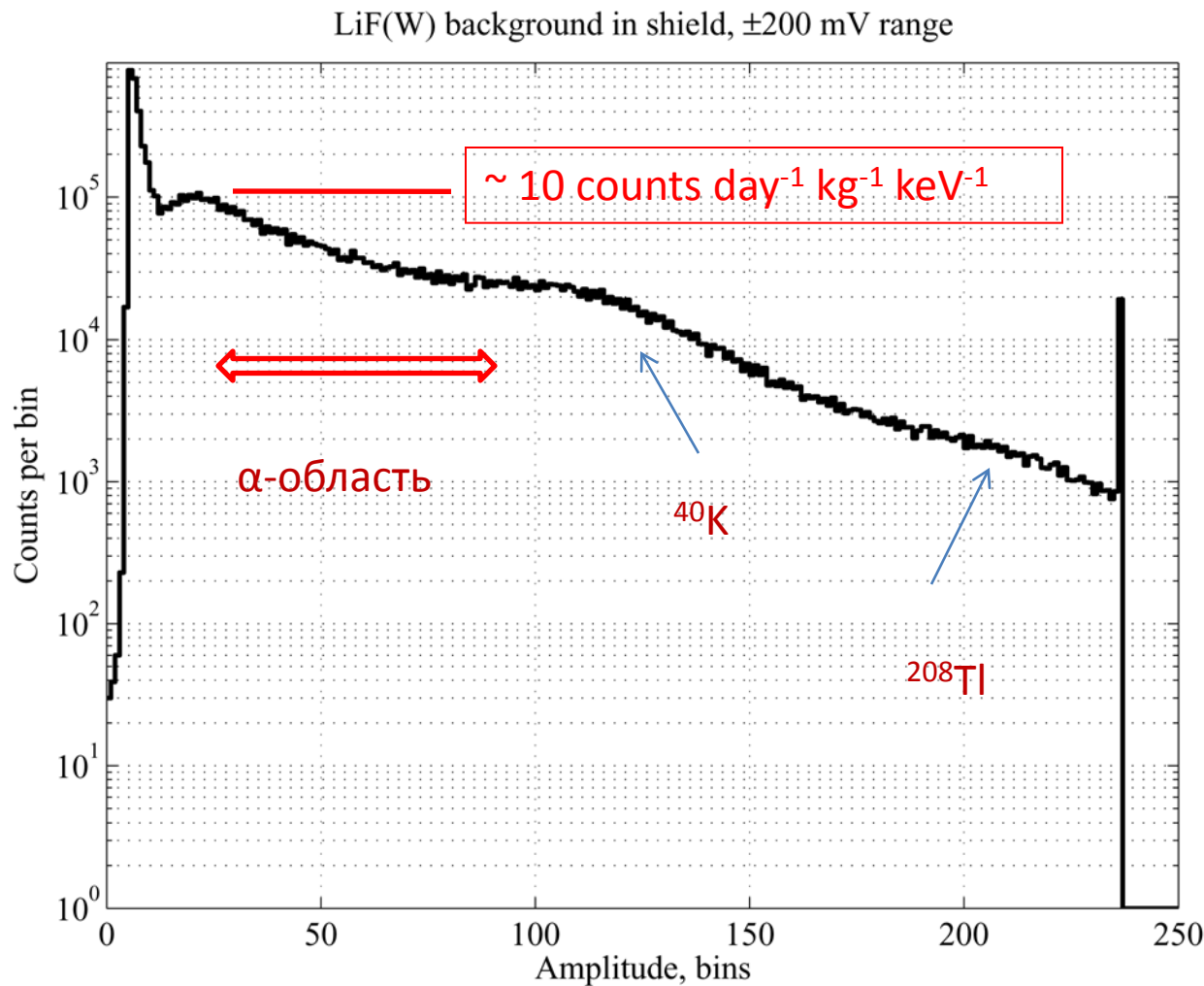


Рис. 2: Гистограмма фона детектора LiF(W) за 1194 часа набора, шкала по оси X 2 МэВ.

Верхний предел
20 $\mu\text{Бк/кг}$.
Соответствует
 $\sim 10^{-11}$ г/г по U/Th
и $\sim 10^{-8}$ г/г по ^{40}K

ВАЖНО:

Скорости счета -
одного порядка с
LiF в Камиоканде

-> значительный
ресурс снижения
фона

Краткий отчет

об исследовании сцинтилляционных свойств кристалла LiF
при температуре близкой к жидкому азоту
Абдурашитов Д.Н., Берлев А.И., Калихов А.В., Шихин А.А.
1-12.01 2011, БНО

Цель исследования: поиск сцинтилляционного высвечивания чистого кристалла LiF
при температуре близкой к жидкому азоту

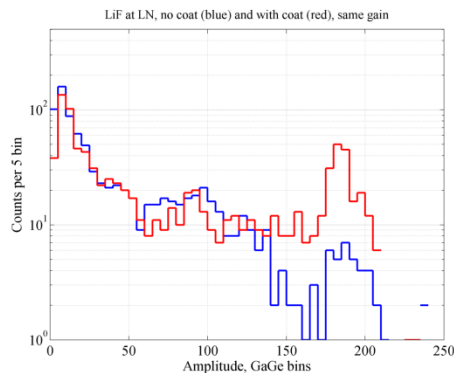
Методика поиска и результаты.

Для охлаждения кристалла была применена криогенная установка, изготовленная на основе штатного хладопровода (медный стержень в тонкостенной рубашке из нержавеющей стали) одного из старых ППД производства ОИЯИ, любезно предоставленном В.Э.Янцем.

Для поиска сцинтилляционного отклика был выбран кристалл чистого LiF с размерами $\varnothing 30 \times 50$ мм производства ЭХК, г. Ангарск. Для просмотра кристалла использовался ФЭУ Hamamatsu R374 со стандартным делителем, HV=760 В.. Выход анодного сигнала подается на зарядочувствительный преусилитель (ЗЧПУ) с постоянной времени 9.2 мкс. Сигнал ЗЧПУ, прошедший спектрометрический усилитель ORTEC-575 без формирования, просматривается 2-канальным цифровым осциллографом (ЦО) GaGe. Шаг оцифровки составляет 10 нс, длина кадра 200 мкс.

Предварительные измерения (АБК) не выявили сколько-нибудь заметного отклика на имеющиеся источники (^{60}Co и др.) при температуре кристалла LiF примерно -186°C . Было решено (по предложению Кузьмина В.В.) искать отклик от мюонов космических лучей. Интегральная плотность потока мюонов на уровне АБК составляет $270 \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$. На указанном кристалле это должно приводить к $10 \div 12$ отсчетов/час.

Для запуска ЦО используется триггерный сигнал, сформированный прохождением мюона в плоском пластическом сцинтилляторе, расположенном сверху кристалла LiF. Было проведено несколько измерений. В первом измерении кристалл LiF был без покрытия, в последующих – был покрыт специальной светоотражающей тефлоновой пленкой, предоставленной «Амкрис», Харьков.



На рисунке слева представлены амплитудные гистограммы, набранные от охлажденного кристалла LiF в совпадении с отсчетами в пластике (мюоны). Нижняя линия (синяя) – кристалл без покрытия, верхняя линия (красная) – кристалл покрыт отражающей пленкой. Скорость счета в обоих измерениях примерно 10 отсчетов/час, время набора – около 3-х сут каждый. На нижней гистограмме просматривается некое подобие пика в районе 100 бина. Верхняя гистограмма в основном плоская, с заметной долей переполнений.

Чистый LiF, охлажденный до жидкого азота

Световыход 10 фот/МэВ

Измерен по пролетающим мюонам космических лучей

Установка – на основе вышедшего из строя ППД, Дубна

Короткоживущие первичные радиационные дефекты в кристалле LiF

© Л.А. Лисицына*, Т.В. Гречкина, В.И. Корепанов, В.М. Лисицын

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003 Томск, Россия
Томский политехнический университет, 634034 Томск, Россия

(Поступила в Редакцию 9 ноября 2000 г.)

Методами импульсной спектроскопии с наносекундным разрешением кинетические параметры инициированных воздействием импульса электронов (ИЭ) свечения кристаллов LiF. Измерения проведены в спектральной области в диапазоне 11–150 К и временном интервале 10^{-8} –10 с после окончания действия ИЭ приводит к созданию в кристалле LiF помимо F_2^- , V_k^- и V_k^+ дефектов двух типов, различающихся спектральным положением поглощательных переходов, временем жизни и характером температурной зависимости эффекта. Тип I имеют поглощательные переходы на 5.5 и 5.1 eV и излучательный на 5.3 и 4.75 eV. Тип II имеет поглощательные переходы на 5.3 и 4.75 eV и излучательный переход на 4.4 eV. Указанные зависимости в диапазоне 11–150 К изменение количественного соотношения между типами короткоживущих дефектов и величину квантового выхода F-центров. Предполагается, что обнаруженные и локализованные экситоны различного типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Университеты России".

В ионных кристаллах первичными продуктами релаксации созданных радиацией электронных возбуждений являются пары френкелевских дефектов и автолокализованные экситоны (АЭ). Френкелевские пары со временем либо рекомбинируют, либо преобразуются в дефекты, стабильные при условиях эксперимента. АЭ, время жизни которых определяется спиновой мультиплетностью и степенью пространственного перекрытия электронных волновых функций электронного и дырочного компонентов, распадаются излучательно или безызлучательно.

В ряду щелочно-галогидных кристаллов (ЩГК) процессы образования и релаксации первичной дефектно-

ного импульса электронов (ИЭ), создававшего объемную плотность возбуждения не выше $1 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$, со средней энергией электронов 350 keV при длительности ИЭ 10 ns.

Исследовались особо чистые кристаллы LiF, прозрачные в диапазоне 12–0.5 eV, содержащие примеси Mg, Al, Si менее $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}\%$ и кислорода менее $1 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}\%$ (по данным протон-активационного анализа).

1. Результаты исследований

1.1. Люминесценция кристалла LiF, ини-

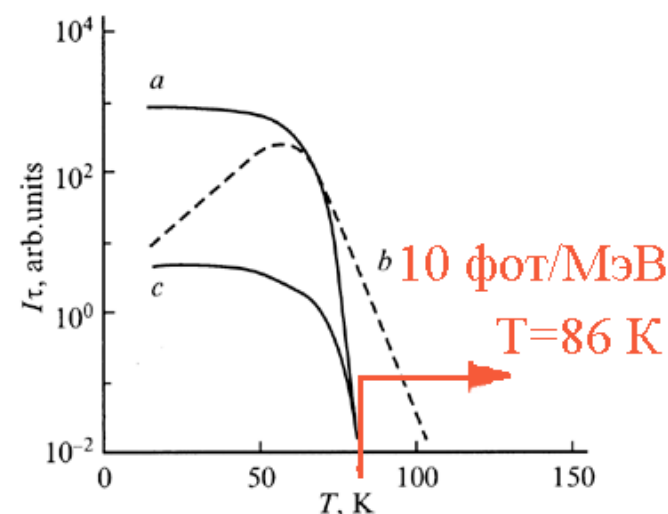


Рис. 3. Температурные зависимости высвечиваемых сумм ($I\tau$) на 5.8 (a), 4.4 (b), 3.5 eV (c), инициированных воздействием импульса электронов на кристалл LiF.

Performance of scintillation materials at cryogenic temperatures

Review Article

V. B. Mikhailik* and H. Kraus

Maximal Light yield at low temperatures:

CaWO₄ = 16000 phot/MeV (100%)

MgF₂ = 12800 phot/MeV

CaF₂ = 11200 phot/MeV

Department of Physics, University of Oxford, Denys Wilkinson Building, 1
Received 27 October 2009, revised 20 January 2010, accepted 27 January 2010
Published online 11 March 2010

An increasing number of applications of scintillators at low temperatures, particularly in cryogenic experiments searching for rare events, has motivated the investigation of scintillation properties of materials over a wide temperature range. This paper provides an overview of the latest results on the study of luminescence, absorption and scintillation properties of materials selected for rare event searches so far. These include CaWO₄, ZnWO₄, CdWO₄, MgWO₄, CaMoO₄, CdMoO₄, Bi₄Ge₃O₁₂, CaF₂, MgF₂, ZnSe and Al₂O₃-Ti. We discuss the progress achieved in research and development of these

standing physics. of self- model c made a energy t the light CdWO₄ we disc with emphasis on their application as cryogenic phonon-

**Spectral range
260–600 nm**

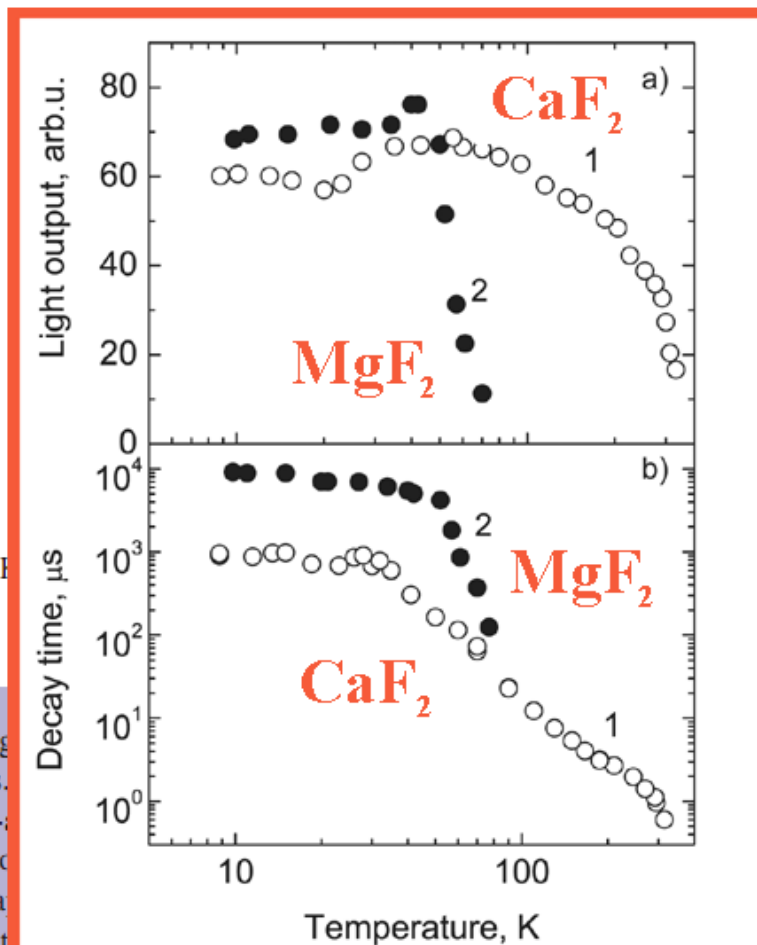
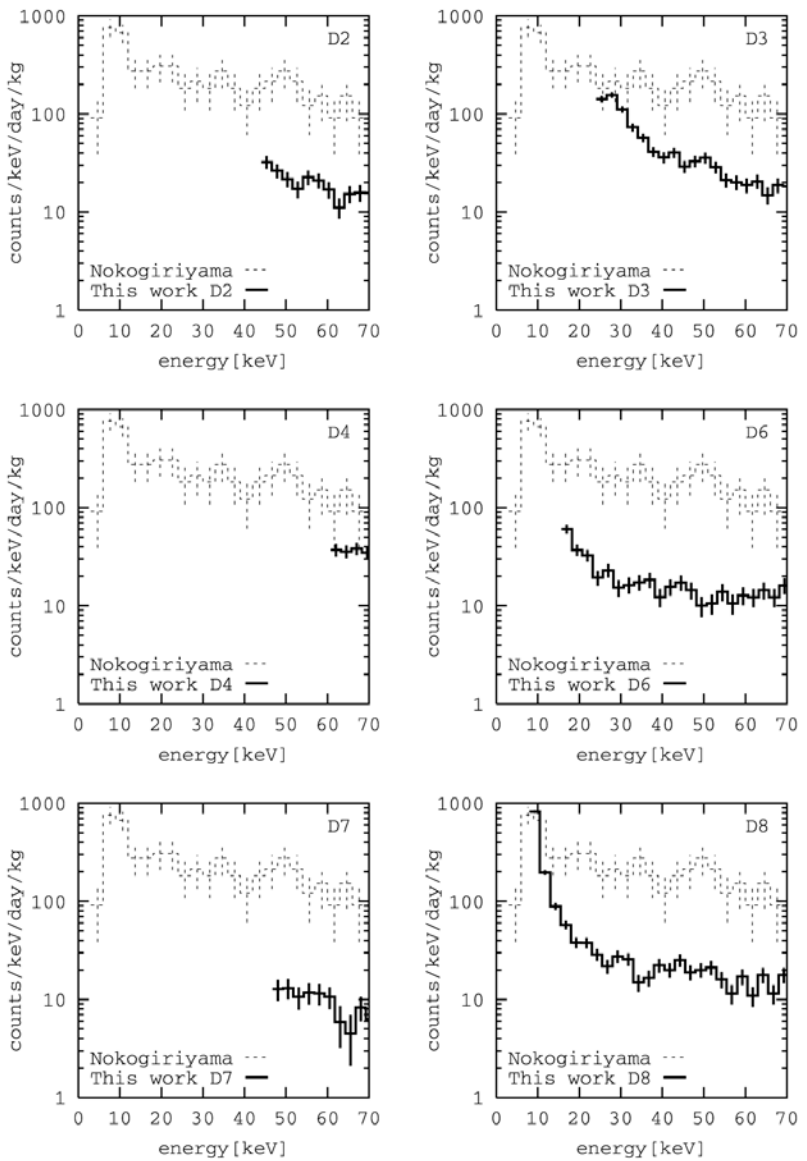


Figure 9 (a) Temperature dependence of the scintillation light output in CaF₂ (1) and MgF₂ (2). (b) Temperature dependence of the main scintillation decay time constant of CaF₂ (1) and MgF₂ (2).

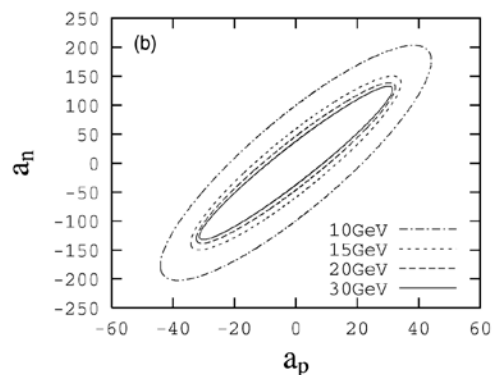
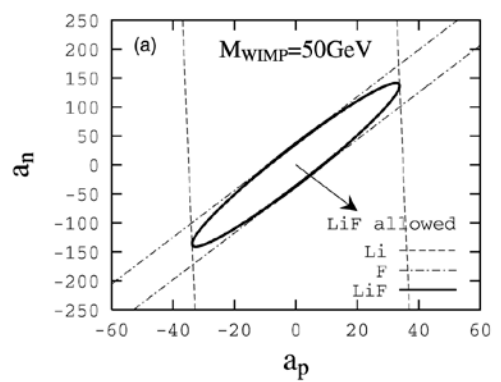
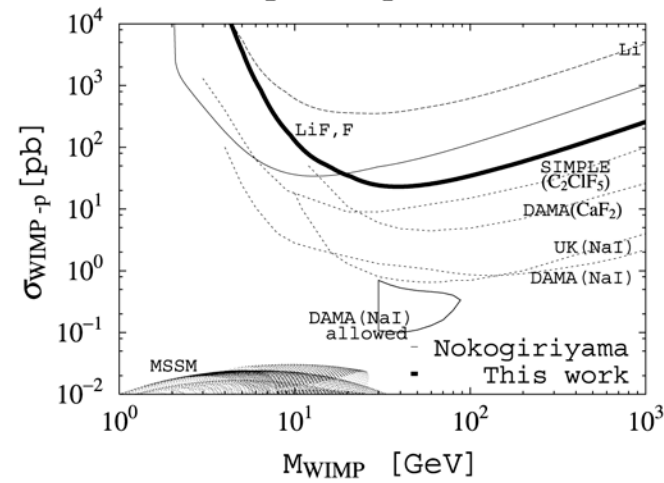
Заключение

- При SD-сечении 10^{-2} пб и массе $M_x \sim 10$ ГэВ световой выход $\sim 10^3$ фотон/МэВ обеспечит на фторе сигнал ~ 0.3 отсчет $\text{кг}^{-1} \text{сутки}^{-1} > 10$ кэВ
- Сцинтилляционный метод дает возможность использовать большие массы в режиме спектрометрии (в отличие от COUPP и SIMPLE): 100 кг даст статистику ~ 1000 соб/месяц – годовая модуляция!
- Основной источник фона – защита; для естественной смеси LiF опасен тритий, но – обогащение по ^7Li , рост кристаллов под землей

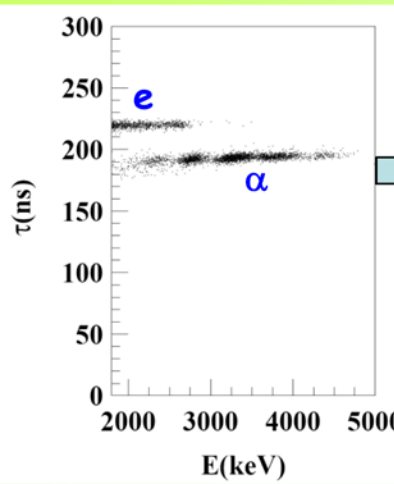
K. Miuchi et al. / Astroparticle Physics 19 (2003) 135–144



Spin-dependent



Some on residual contaminants in new ULB NaI(Tl) detectors



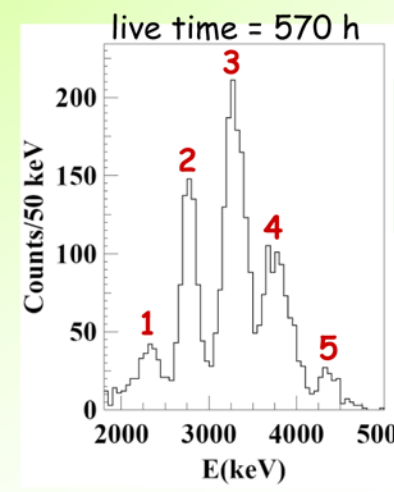
α/e pulse shape discrimination has practically 100% effectiveness in the MeV range

The measured α yield in the new DAMA/LIBRA detectors ranges from 7 to some tens α /kg/day

Second generation R&D for new DAMA/LIBRA crystals: new selected powders, physical/chemical radiopurification, new selection of overall materials, new protocol for growing and handling

^{232}Th residual contamination From time-amplitude method. If ^{232}Th chain at equilibrium: it ranges from 0.5 ppt to 7.5 ppt

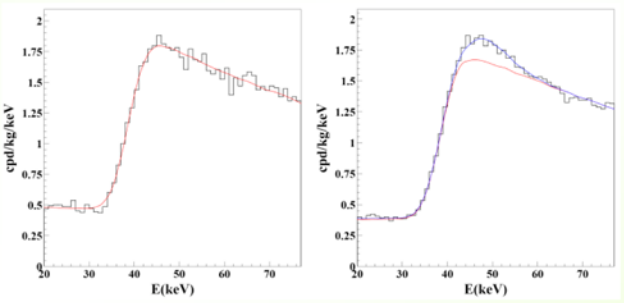
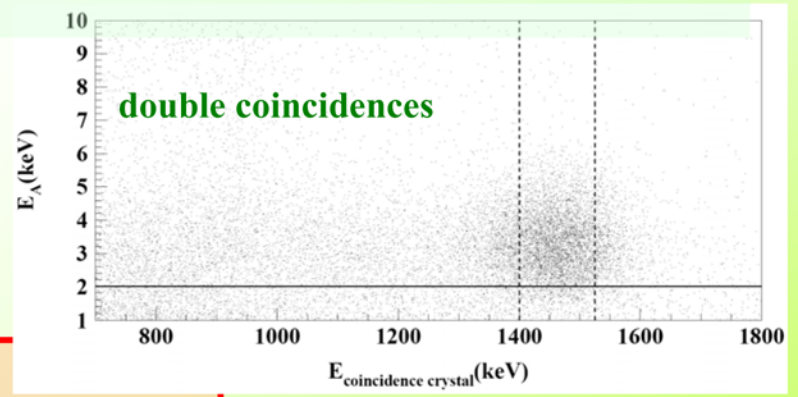
^{238}U residual contamination First estimate: considering the measured α and ^{232}Th activity, if ^{238}U chain at equilibrium \Rightarrow ^{238}U contents in new detectors typically range from 0.7 to 10 ppt



^{238}U chain splitted into 5 subchains: $^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th} \rightarrow ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

Thus, in this case: (2.1 ± 0.1) ppt of ^{232}Th ; (0.35 ± 0.06) ppt for ^{238}U
and: (15.8 ± 1.6) $\mu\text{Bq/kg}$ for $^{234}\text{U} + ^{230}\text{Th}$; (21.7 ± 1.1) $\mu\text{Bq/kg}$ for ^{226}Ra ; (24.2 ± 1.6) $\mu\text{Bq/kg}$ for ^{210}Pb .

natK residual contamination
The analysis has given for the $^{\text{nat}}\text{K}$ content in the crystals values not exceeding about 20 ppb

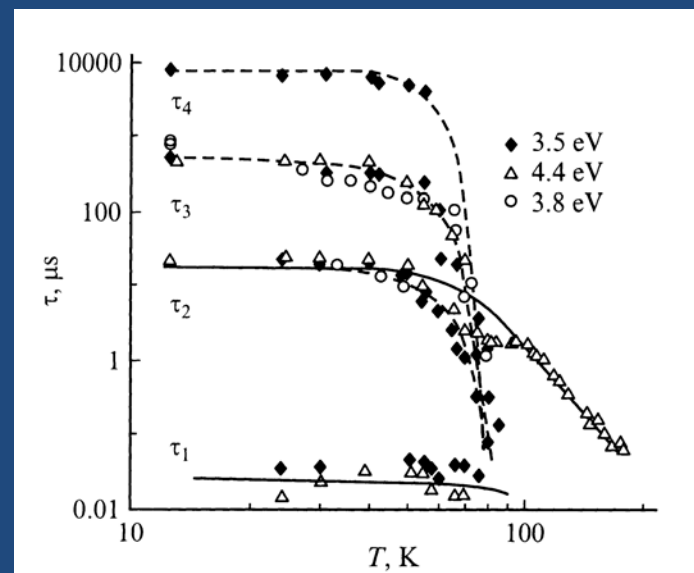
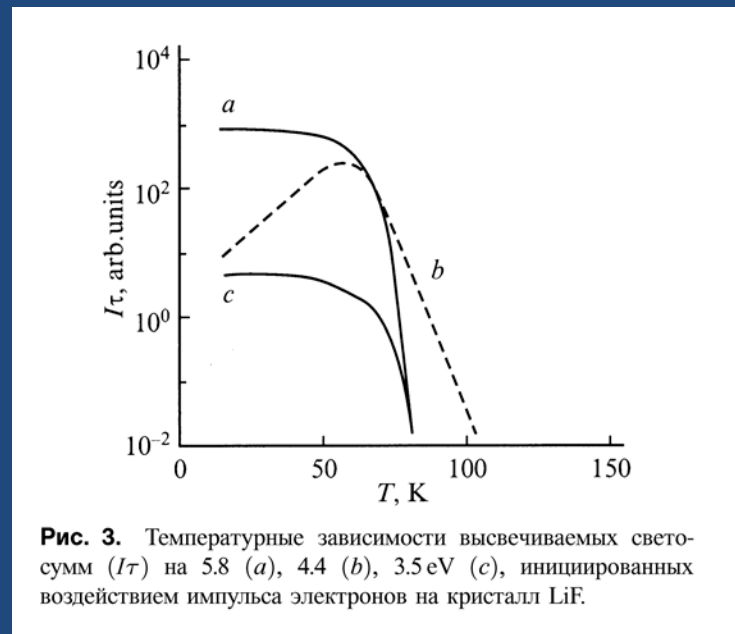
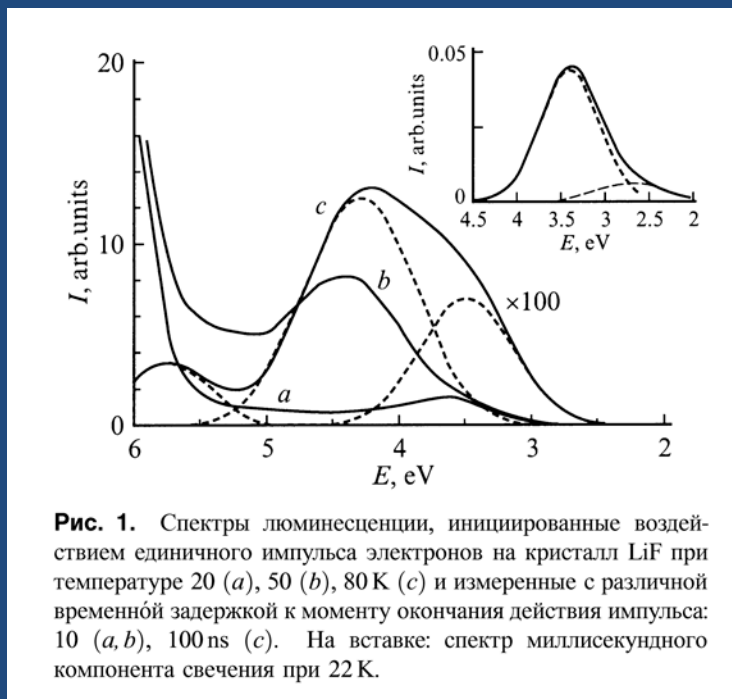


^{129}I and ^{210}Pb
 $^{129}\text{I}/^{\text{nat}}\text{I} \approx 1.7 \times 10^{-13}$ for all the new detectors
 ^{210}Pb in the new detectors: $(5 - 30)$ $\mu\text{Bq/kg}$.

No sizable surface pollution by Radon daughters, thanks to the new handling protocols

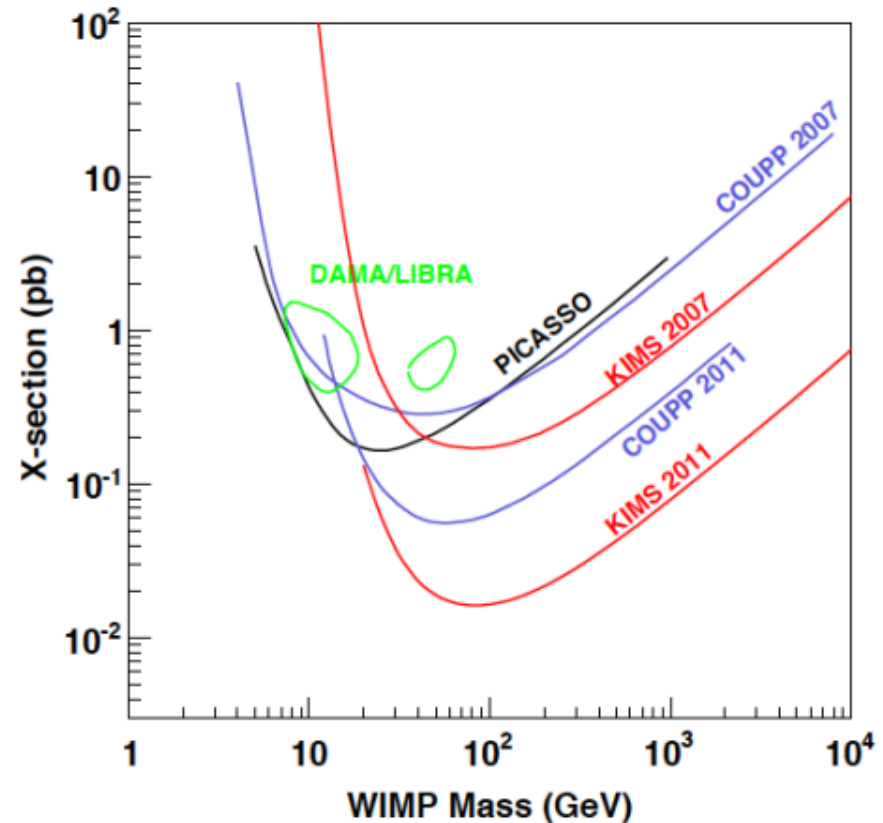
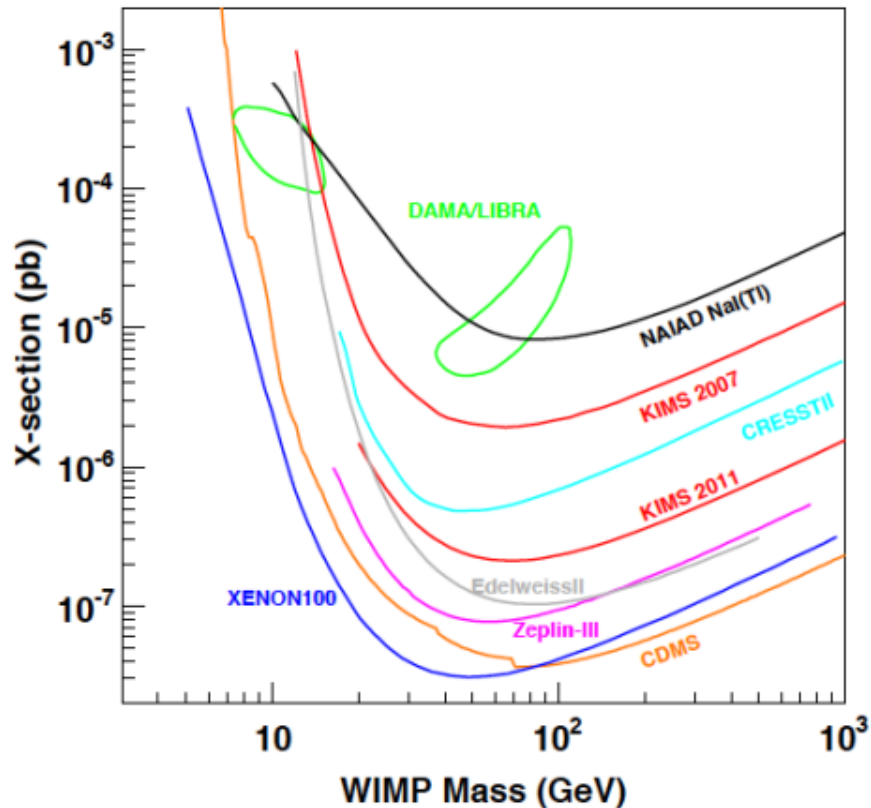
... more on NIMA592(2008)297

Вакуумно-чистый LiF, Томский Политех. Унив.
Лисицына и др., ФТТ 43 9 (2001)



New result on WIMP search

1 year data, Total exposure: 24524.3 kg days



CaF₂(Eu)

1 кристалл CaF₂(Eu), 310 г
Время набора < 3 мес
Окно 2-10 кэВ

Eu – основной источник U/Th

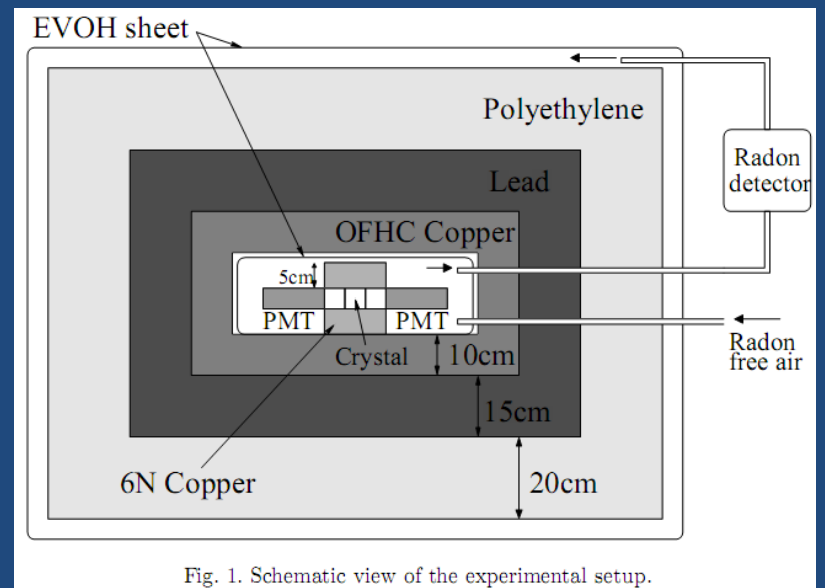


Fig. 1. Schematic view of the experimental setup.

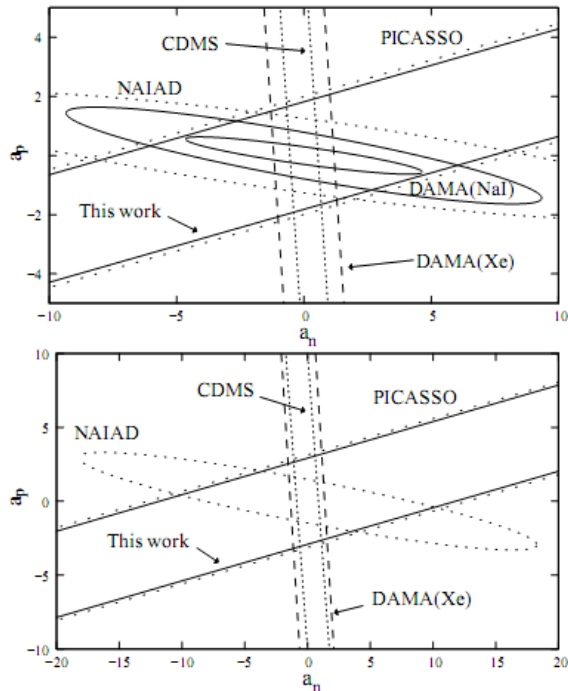


Fig. 4. Limits in the a_p - a_n plane for $M_\chi = 50$ GeV (upper) and 200 GeV (lower). The region between two solid lines is allowed by this experiment. Results of NAIAD[20], PICASSO[12], CDMS[21], DAMA NaI[22] and DAMA Xe[23] experiments are also shown.

