

справка для Ученого Совета АКЦ
по материалам доклада от 9.02.07

Темная материя (проблема идентификации)

составили: А.Г. Дорошкевич
В. Н. Лукаш, И. Д. Новиков

Где находится материя?

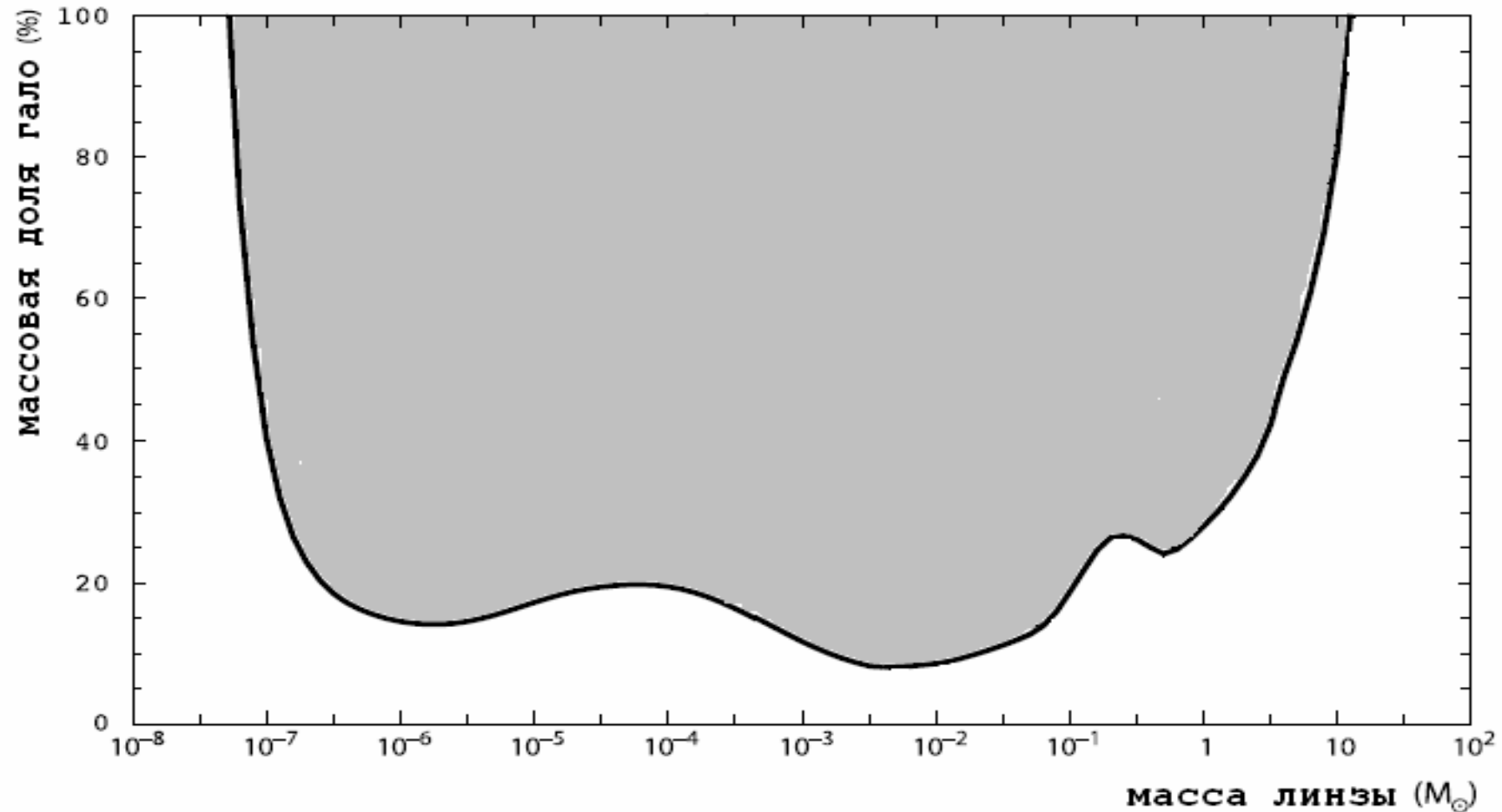
Светящаяся:

- * звезды в галактиках
- * газ в скоплениях ($T \sim 1$ кэВ)

Темные барионы:

- * межгалактический газ ($T \sim 0.01$ кэВ)
- * МАЧО (ЧД, НЗ, БК, КК, юпитеры, астероиды)

**В гало нашей галактики - не более 20% МАЧО
остальные 80% - небарионная ТМ**



*Верхнее ограничение на долю массы галактики в
МАЧО-объектах по данным ЭРОС (светлая область)*

вопрос: где еще находится небарионная ТМ ?

- * большая дисперсия скорости галактик в скоплениях (1930)
- * плоские кривые вращения спиральных галактик, стабилизация дисков (1970)
- * массы скоплений установлены (1980)
 - рентгеновский газ ($T \sim 1$ кэВ)
 - гравитационные линзы

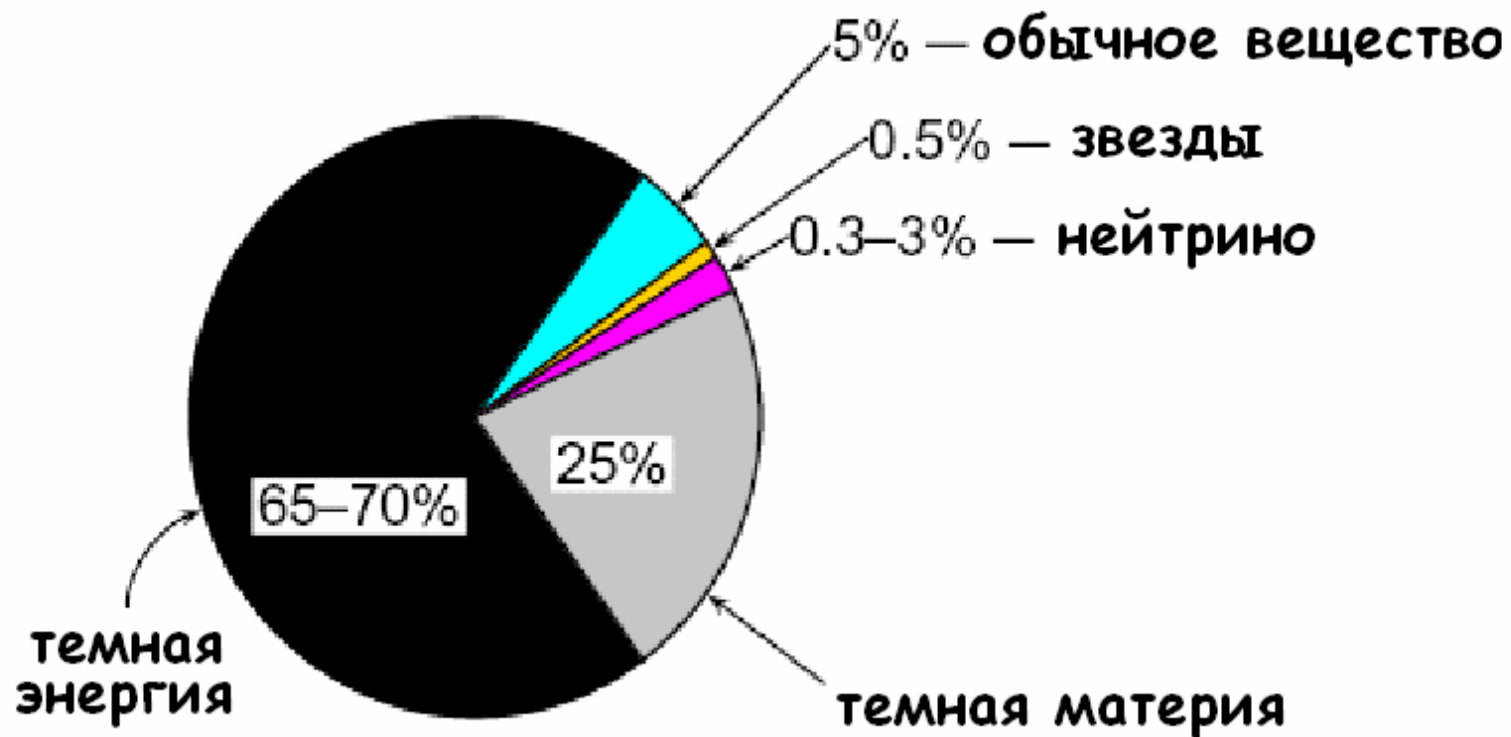
ответ: небарионная ТМ находится в гравитационно-связанных системах

**слабовзаимодействующие частицы,
не диссипируют как барионы**

Барионы радиационно остывают и оседают к центрам галактик, достигая вращательного равновесия

Темная материя группируется вокруг светящегося вещества галактик в масштабе около 200 кпк (масса Местной Группы $2\div 4 \cdot 10^{12} M_{\odot}$, более половины – в галактиках Млечный Путь и Туманность Андромеды)

Состав материи



Гипотезы небарионной ТМ

(слабовзаимодействующие частицы,
дефекты, первичные черные дыры)

кандидаты	масса
Гравитоны	10^{-21} эВ
Аксионы	10^{-5} эВ
Стерильные нейтрино	10 кэВ
Зеркальное вещество	1 ГэВ
Массивные частицы	100 ГэВ
Сверхмассивные частицы	10^{13} ГэВ
Монополи, дефекты	10^{19} ГэВ
Первичные черные дыры	$10^{-16}-10^{-7} M_{\odot}$

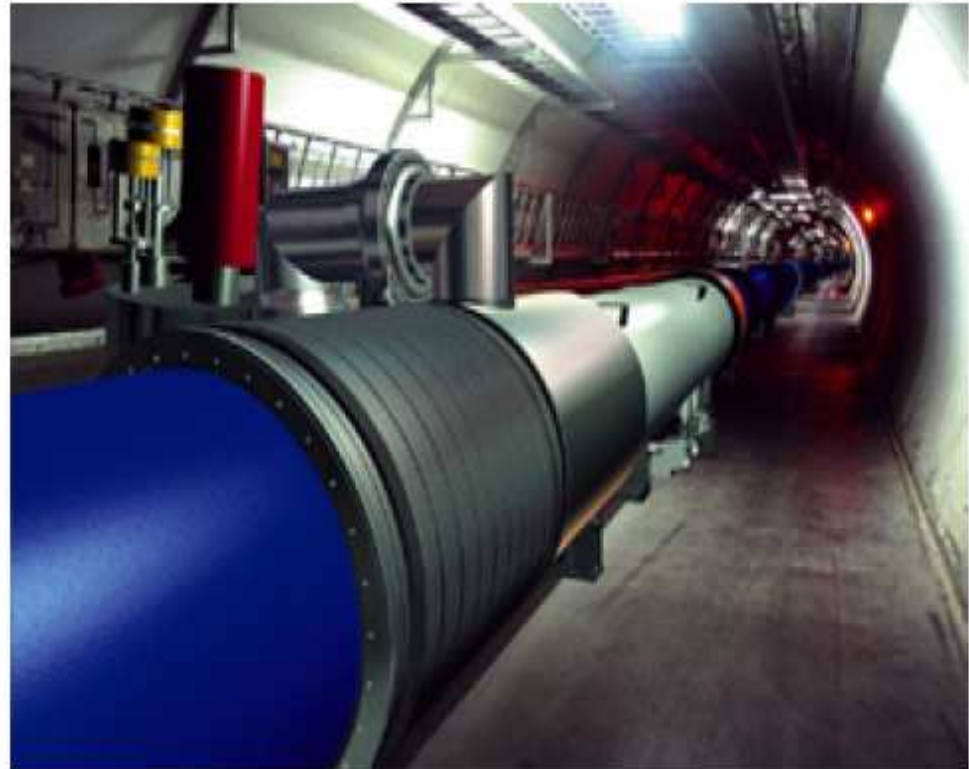
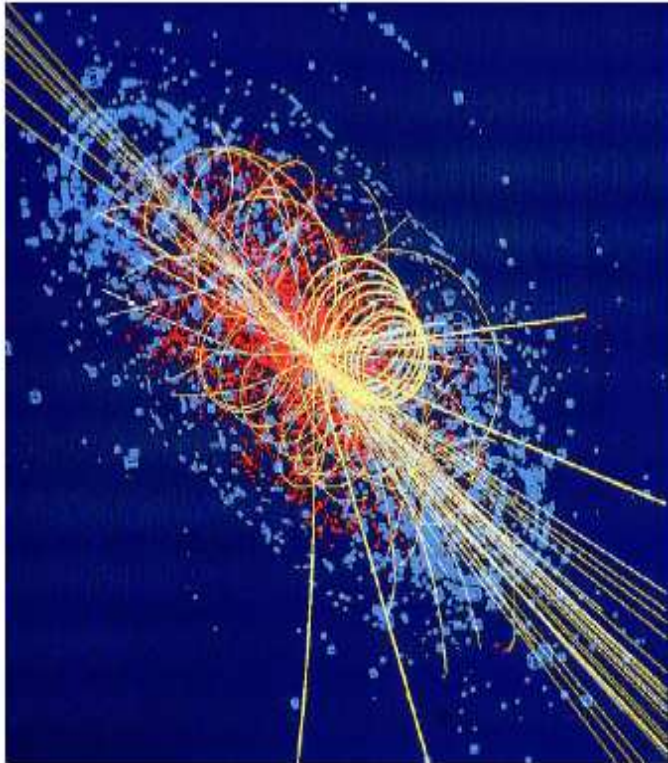
Главная версия ТМ

(будет проверена на LHC в 2008)

- неизвестные частицы (WIMP)
- масса ~ 100 ГэВ, 1 частица в стакане
- стабильные, нейтральные, слабо взаимодействующие (нейтралино)

Новая физика!

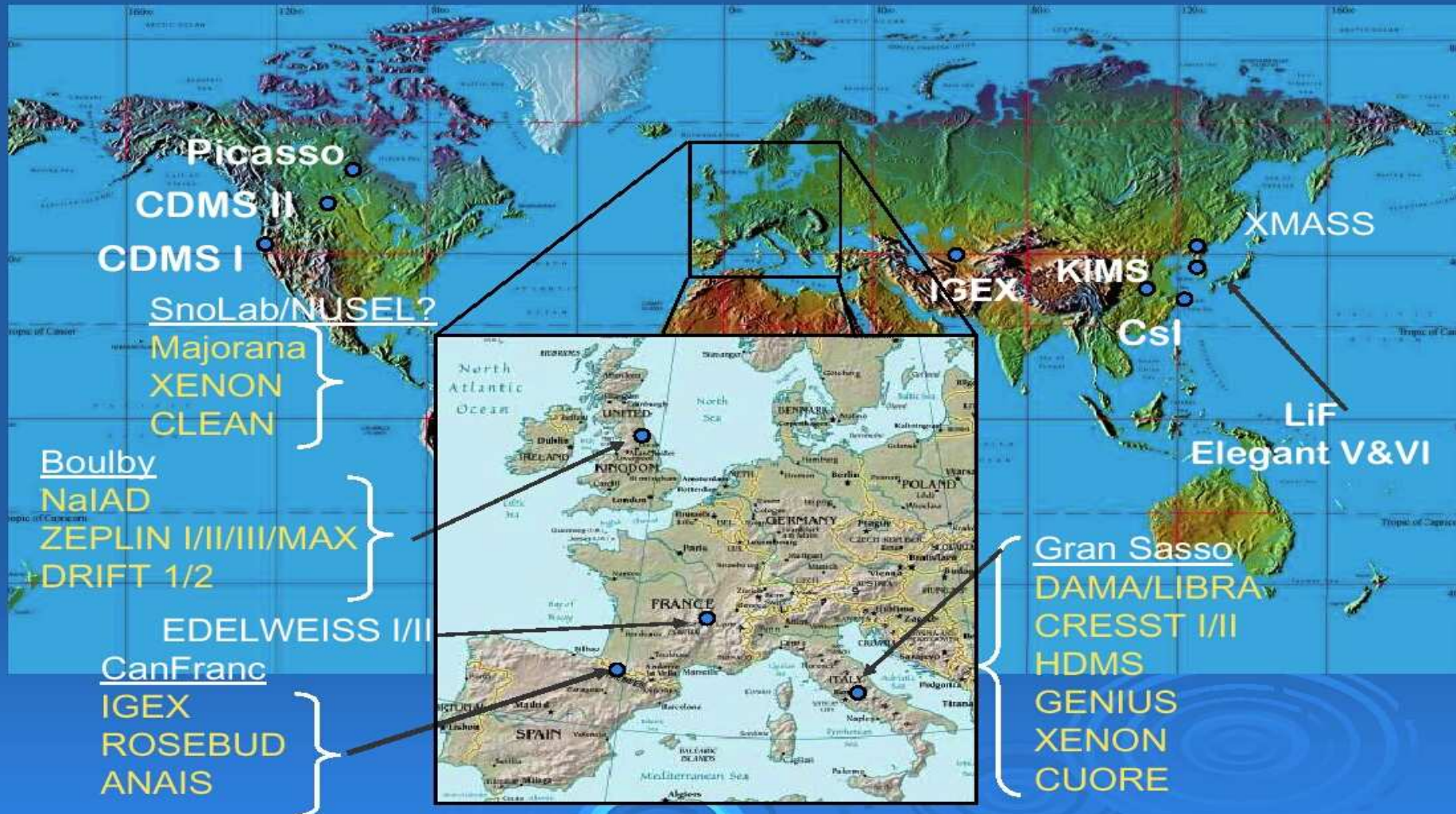
Поиски нейтрино в ЦЕРНе



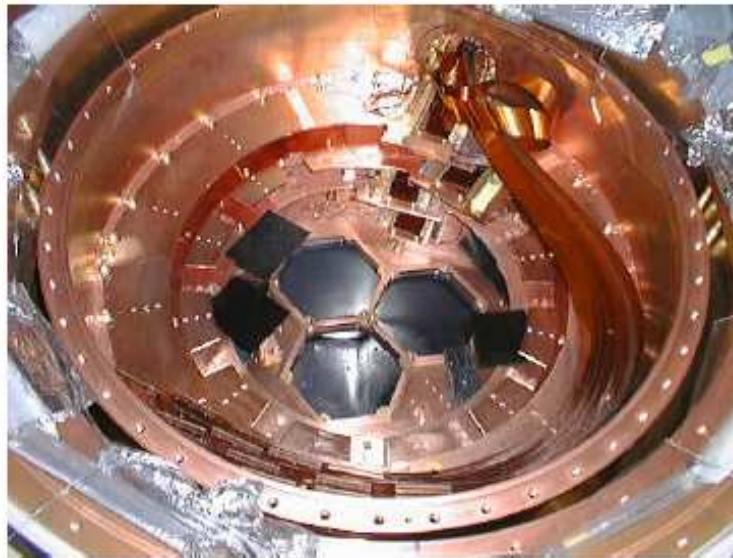
Начнутся в 2008

Прямое детектирование (упругое рассеяние на ядрах)

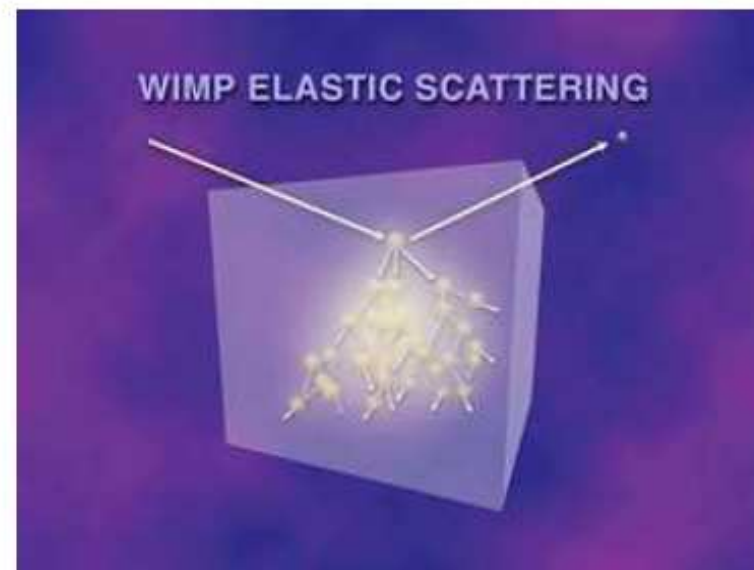
World Wide WIMP Search



Подземные детекторы нейтрино



Ожидается 1 событие в день на
10 кг вещества детектора



Все на глубине 1 км

ЕДИНСТВЕННЫЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ СИГНАЛ

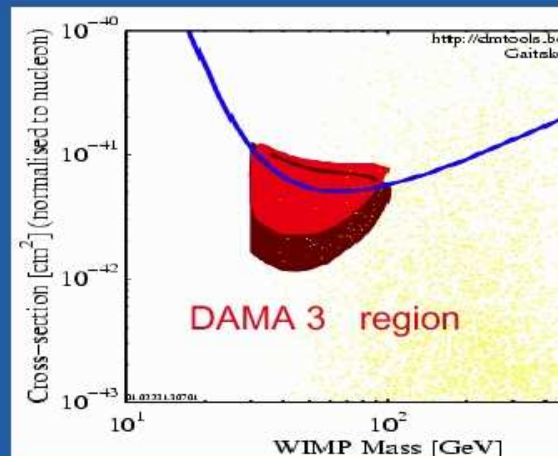
The DAMA experiment

At Gran Sasso (3800 mwe)
9 x 9.7 kg low activity NaI crystals,
each viewed by 2 PMs (5-7 pe/keV)

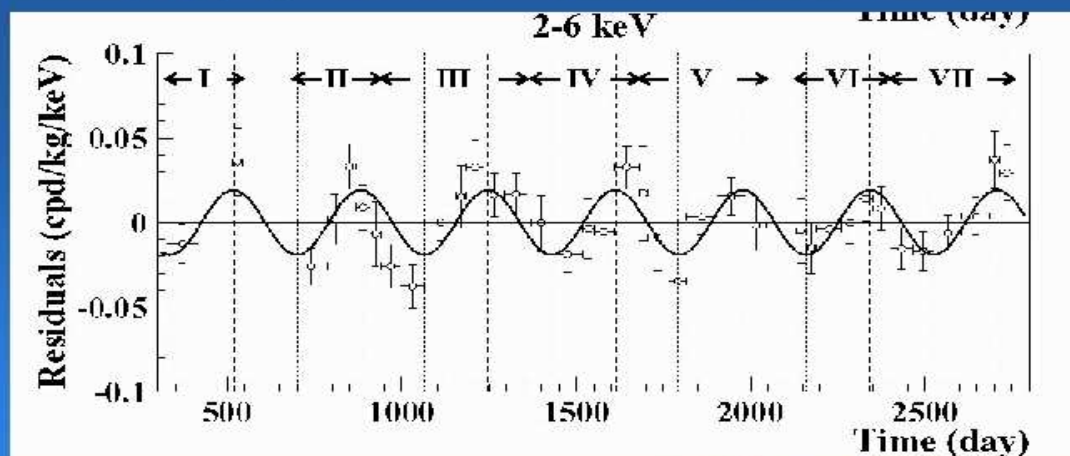
Annual modulation analysis:

7 annual cycles: 107731 kg x days
positive signal (6.3 CL)

(astro-ph/0307403, Riv. N. Cim. 26, 2003)



$A \cos [\pi (t-t_0)]$; $t_0 = 152.5 \text{ d}$; $T = 1 \text{ yr}$ $A = 0.0195 \pm 0.031 \text{ dru}$



Studied variations of:
T, P(N₂), radon, noise, energy scale,
n-background, -background

WIMPs? UNCLEAR!

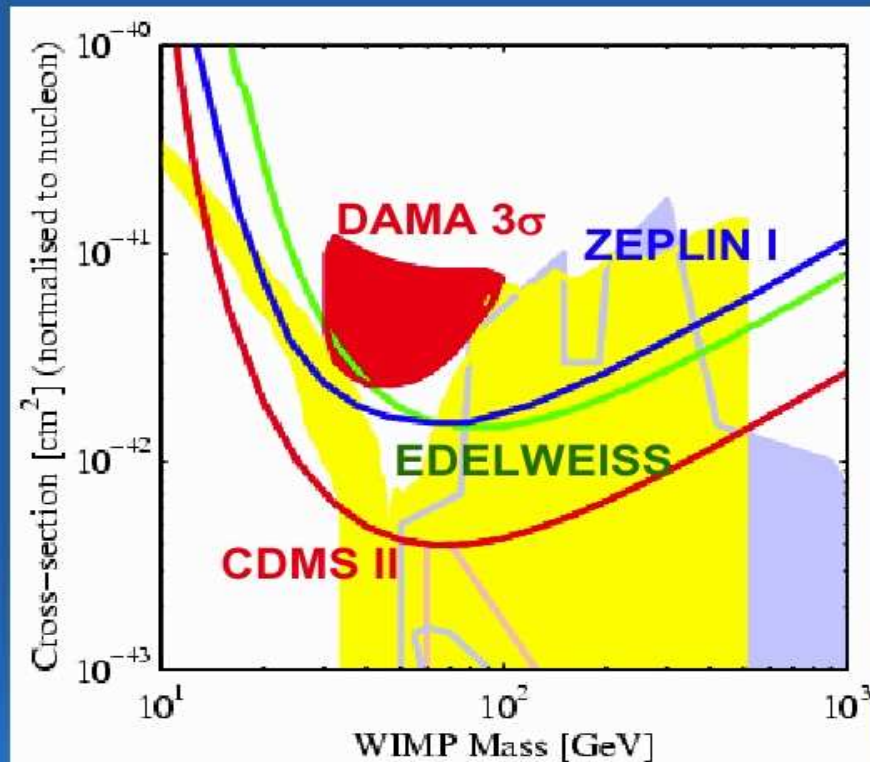
Efficiency?

Shape of energy spectrum?

Stability?...

...не подтвержден другими экспериментами

Where do we stand?



~ 0.2 events/kg/day

Most advanced experiments start to test the predicted SUSY parameter space

One evidence for a positive WIMP signal (DAMA NaI)

Not confirmed by other experiments

Predictions: Ellis & Olive, Baltz & Gondolo, Mandic & all

Непрямое детектирование (аннигиляционный сигнал от каспов ТМ)

Проблема каспов -ключ к физике ТМ:

- * предсказываются численным экспериментом ...
- * не наблюдаются в карликовых галактиках
- * возможная связь с массивными черными дырами

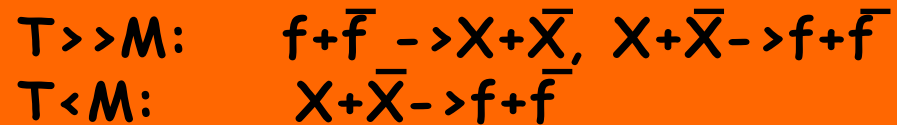
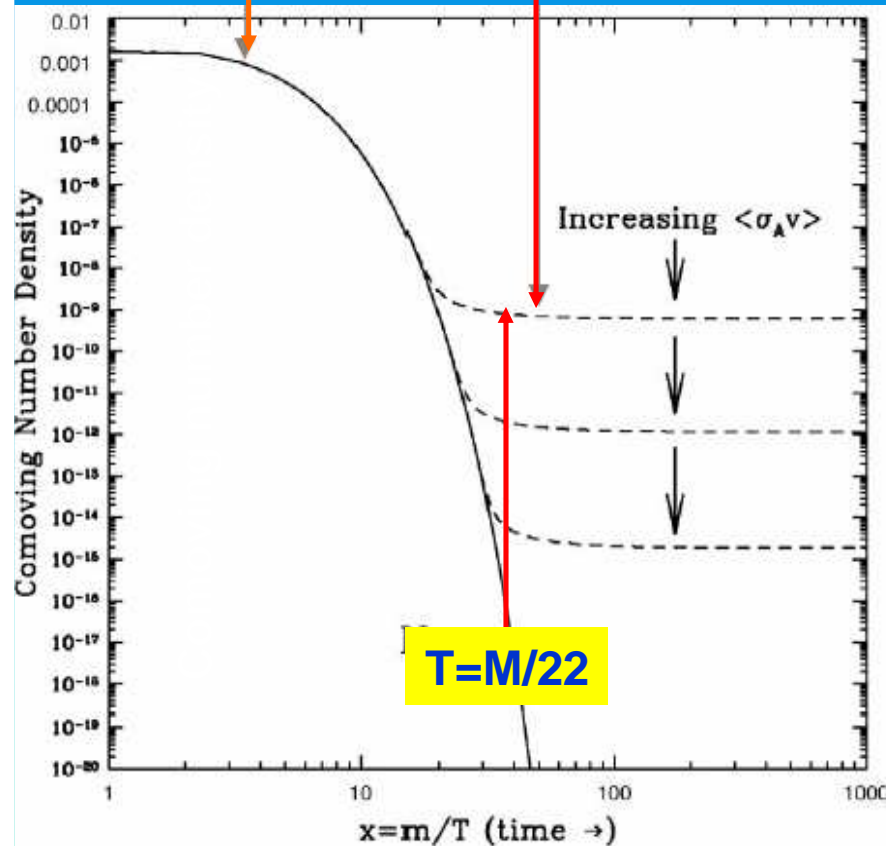
Задача для АКЦ (Миллиметрон)

**исследовать центральные области
галактик, в том числе с низкой
поверхностной яркостью
(связь ТМ - МЧД в карликах)**

Закалка нейтралино по аннигиляции в ранней Вселенной

Термодинамическое равновесие

Закаленная плотность



$T = M/22$: закалка
 (скорость аннигиляции = скорости расширения)

$$\langle\sigma v\rangle n_{\chi} \cong H$$

современные данные $\Omega h^2 = 0.12$
 определяют $\langle\sigma v\rangle = 2 \cdot 10^{-26} \text{ см}^3/\text{с}$

M/T

Предсказание модели нейтралино: минигалло ТМ ($40 \text{ ГэВ} < m_{\chi} < 500 \text{ ГэВ}$)

нейтралинные объекты минимальной массы

$$\ell_{min} \sim 10^{-2} \text{ пк} , \quad M_{min} \sim 10^{-6} M_{\odot}$$

размер
солнечной
системы

масса
Земли

NB: Минигалло частично разрушаются из-за столкновения со звездами нашей Галактики, разрушенные остатки проходят через Землю

Наблюдательные следствия

к прямому детектированию:

вероятность нахождения Земли в потоке
ТМ разрушенных минигало ~ 10%

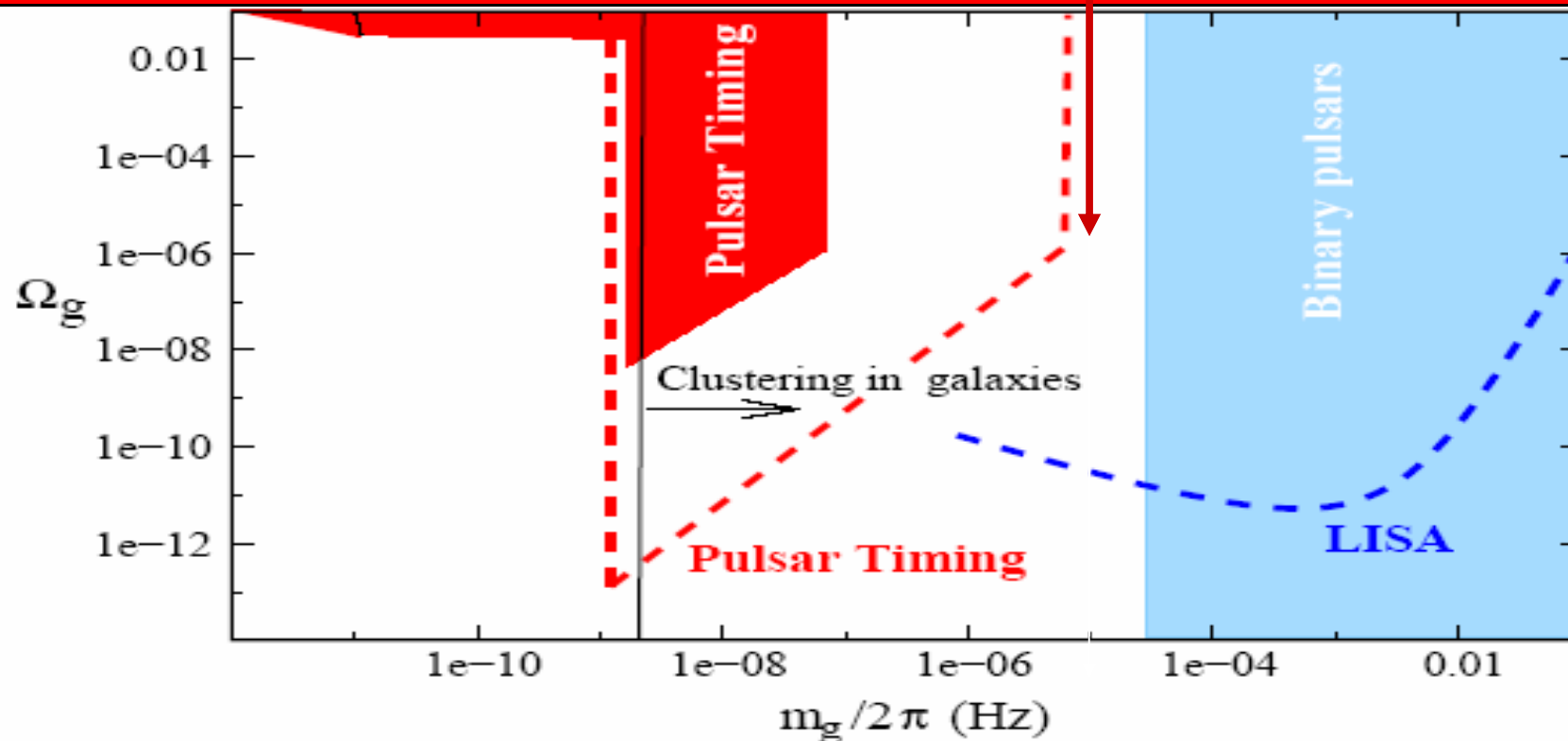
избыток плотности частиц ТМ в минигало ~ 10

к непрямому детектированию:

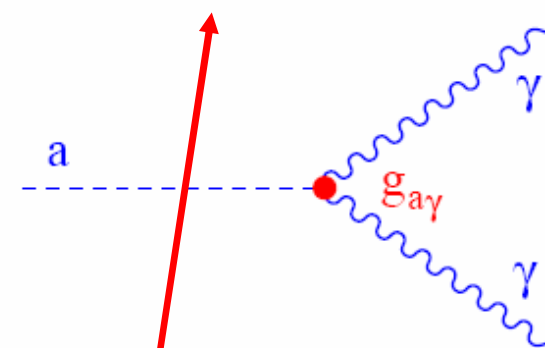
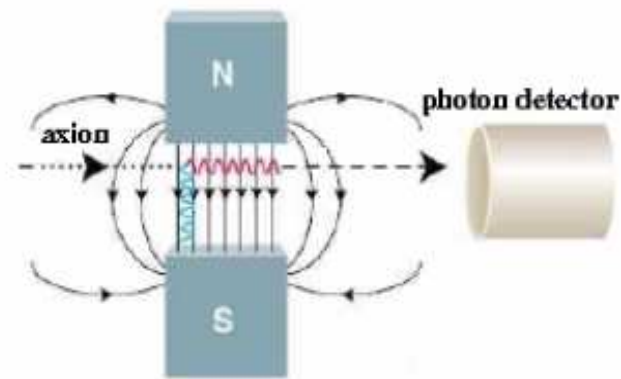
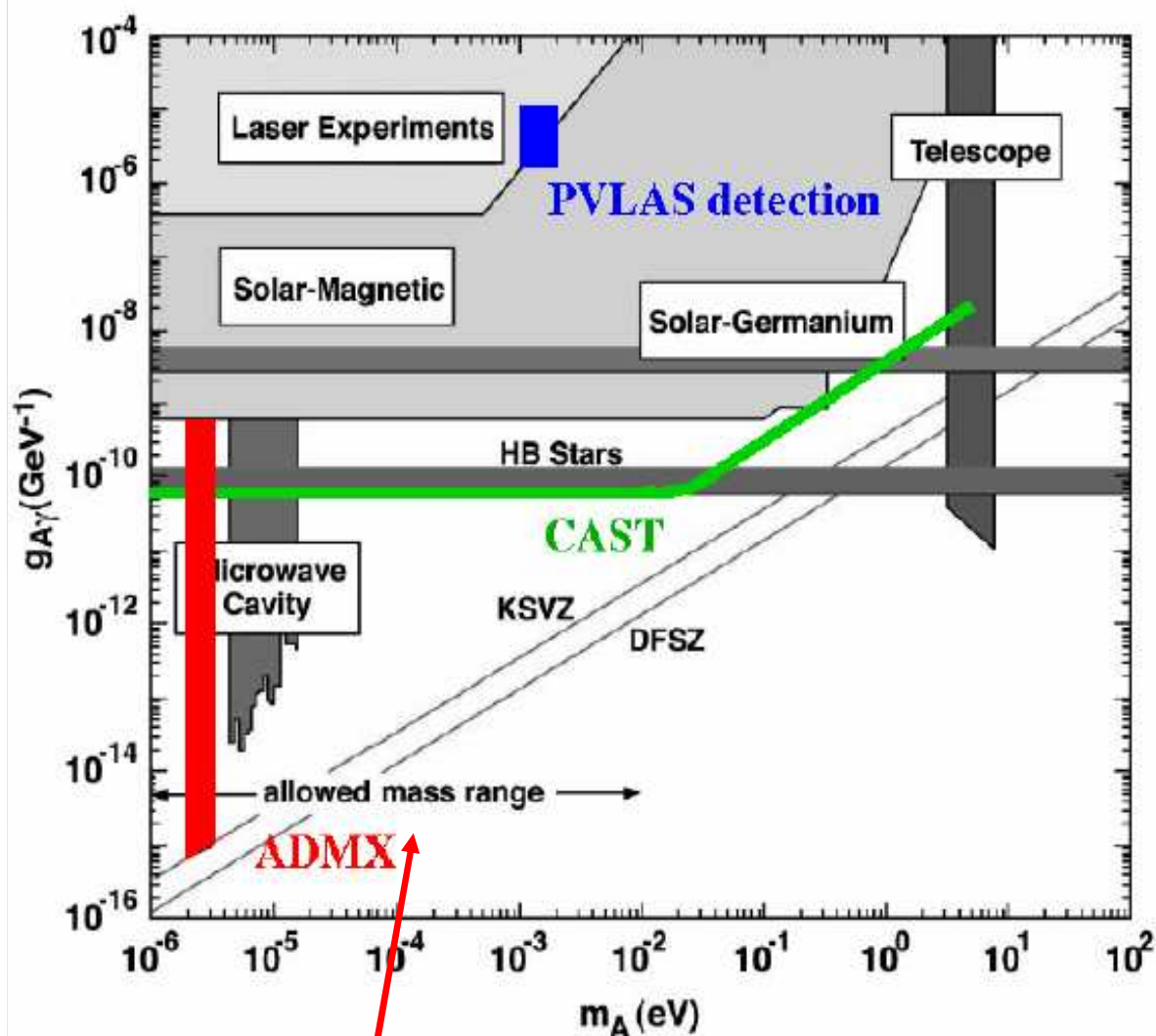
выигрыш в аннигиляционном потоке ~ 10

Единственная альтернатива ТМ-модификация гравитации

естественная ее версия – массивные **гравитоны** (гравитационное рождение в ранней Вселенной, **монохроматический сигнал в детекторах ЛИЗЫ**)



Ограничения на параметры аксиона

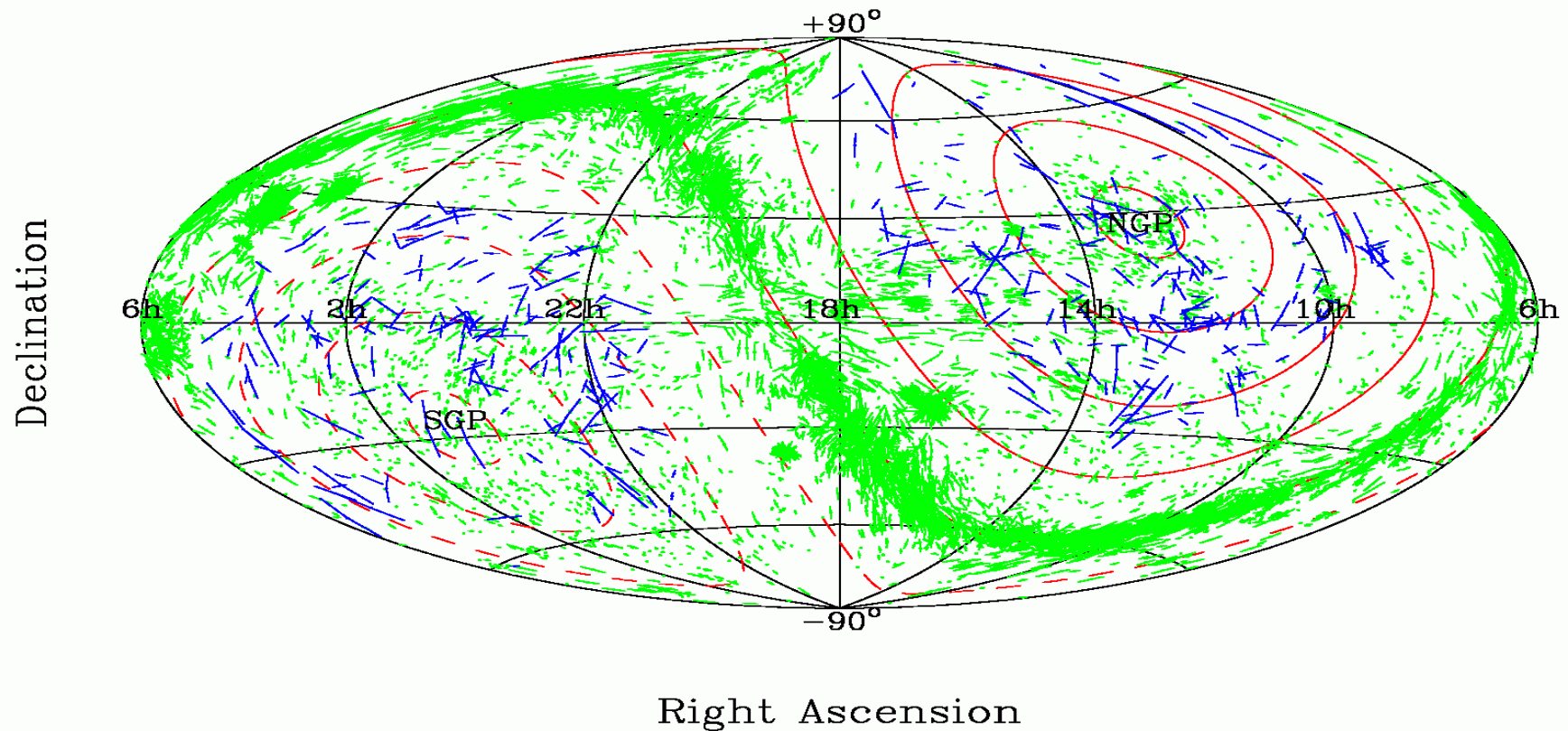


разрешенная
область масс

конверсия аксион-фотон
-аксион в магнитном поле

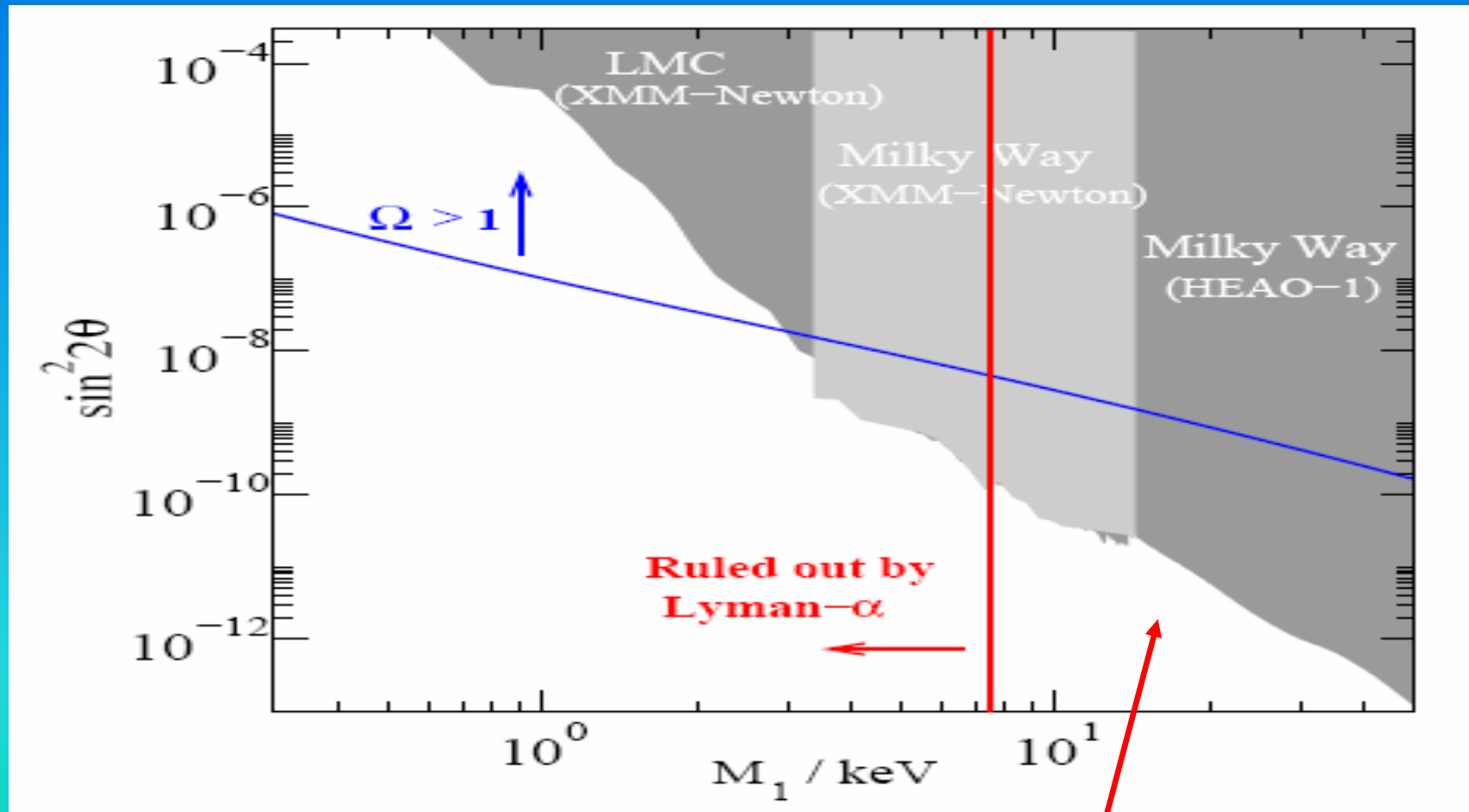
Крупномасштабная корреляция позиционного угла поляризации квазаров

Map of 355 Polarized Quasars, Aitoff projection



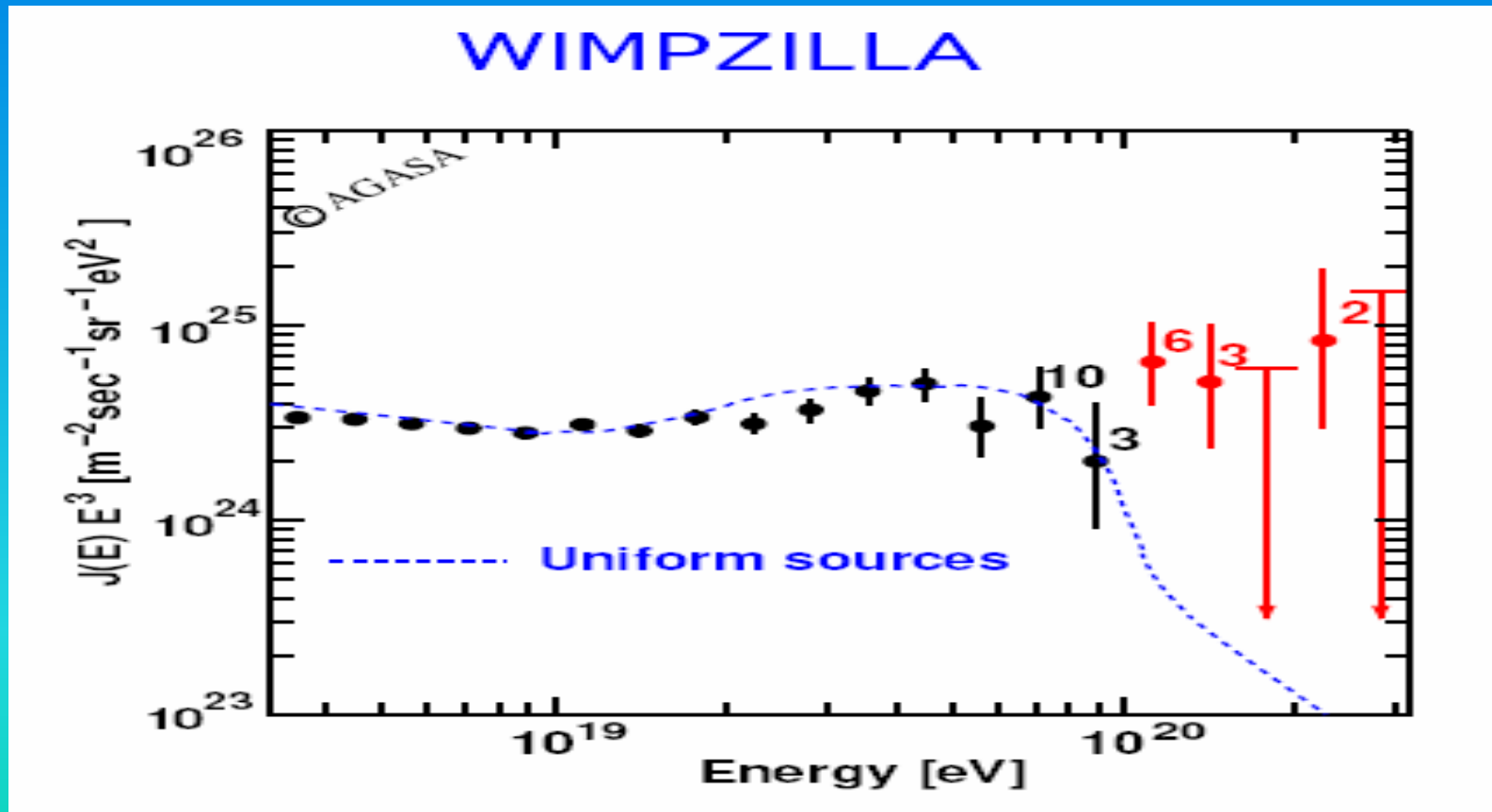
**Задача для АКЦ: коррелированная поляризация
радиоисточников возникает в межгалактическом
магнитном поле (конверсия фотонов в аксионы)**

Ограничения на **стерильные нейтрино** свечение ТМ из-за осцилляций в обычные нейтрино и взаимодействия с веществом



остается область 10-кэВ-х нейтрино

События космических лучей ультравысоких энергий можно объяснить распадом
энергий можно объяснить распадом
сверхмассивных частиц $\sim 10^{13}$ ГэВ
(гравитационное рождение в ранней Вселенной)



**Наблюдательное предсказание: анизотропия
распределения частиц ультравысоких энергий**

Выводы для АКЦ

Измерять поляризацию радиоисточников
на обширных участках неба

(конверсия радиации в аксион)

Исследовать центральные области
разных по морфологии галактик

(природа ТМ, физика черных дыр)