

Гипотезы в науке: рождение и эволюция

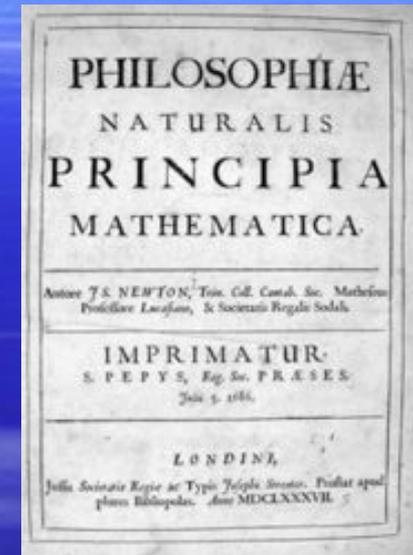
Сергей Попов
(ГАИШ МГУ)



Hypotheses non fingo

Rule 4: *In experimental philosophy we are to look upon propositions inferred by general induction from phenomena as accurately or very nearly true, notwithstanding any contrary hypothesis that may be imagined, till such time as other phenomena occur, by which they may either be made more accurate, or liable to exceptions.*

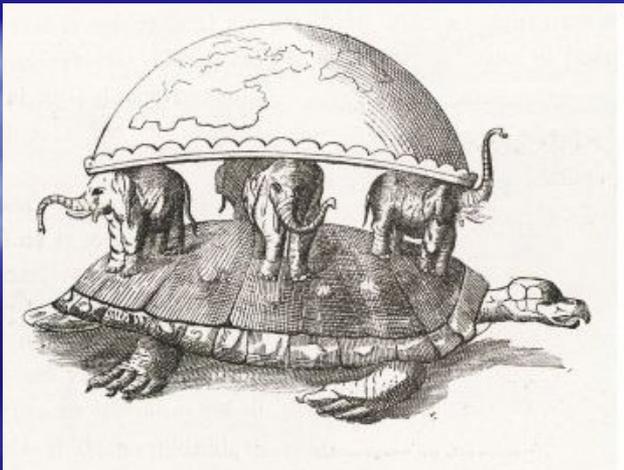
I have not as yet been able to discover the reason for these properties of gravity from phenomena, and I do not feign hypotheses. For whatever is not deduced from the phenomena must be called a hypothesis; and hypotheses, whether metaphysical or physical, or based on occult qualities, or mechanical, have no place in experimental philosophy. In this philosophy particular propositions are inferred from the phenomena, and afterwards rendered general by induction.



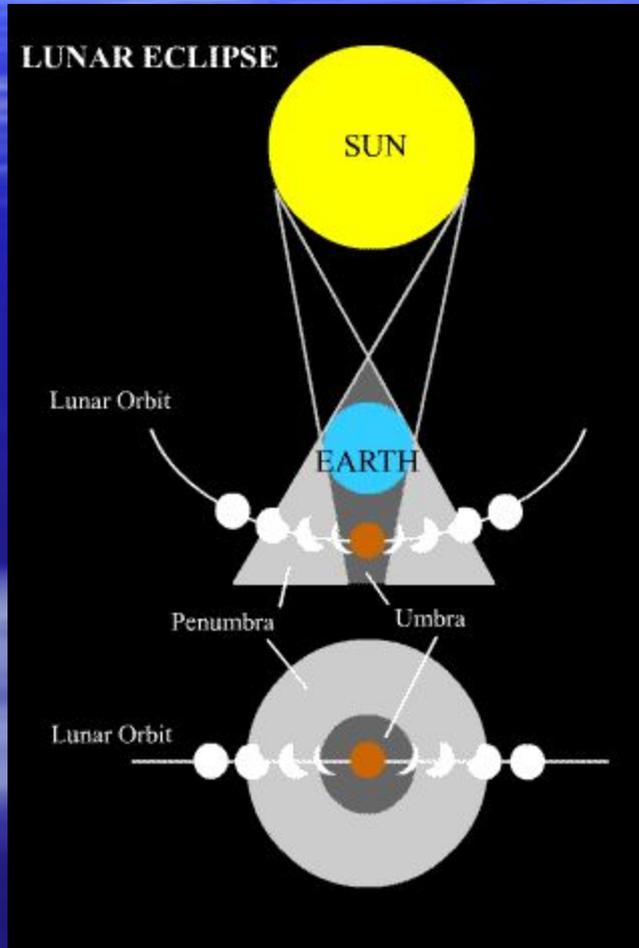
Шарообразность Земли



Ранние идеи о шарообразности Земли – малообоснованные предположения, или хорошие гипотезы?



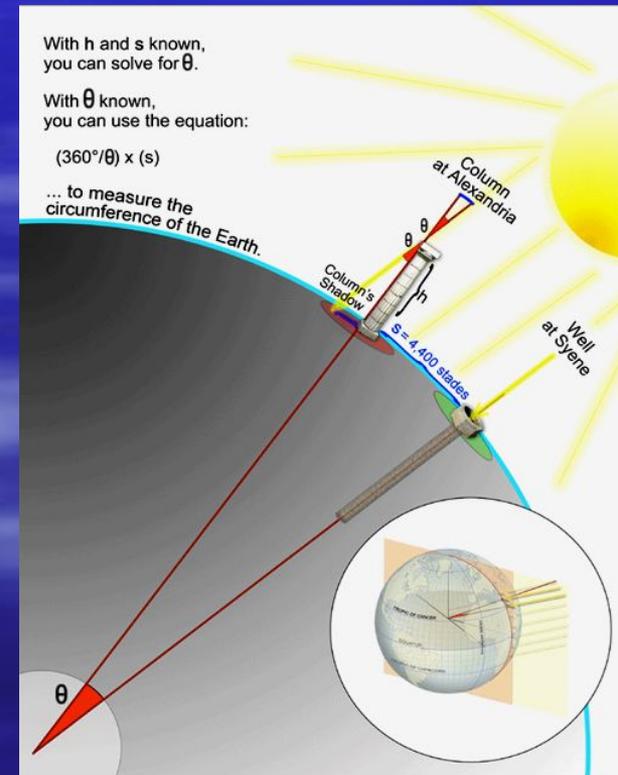
Шарообразность Земли



Наблюдения лунных затмений позволяли говорить о том, что Земля имеет шарообразную форму.

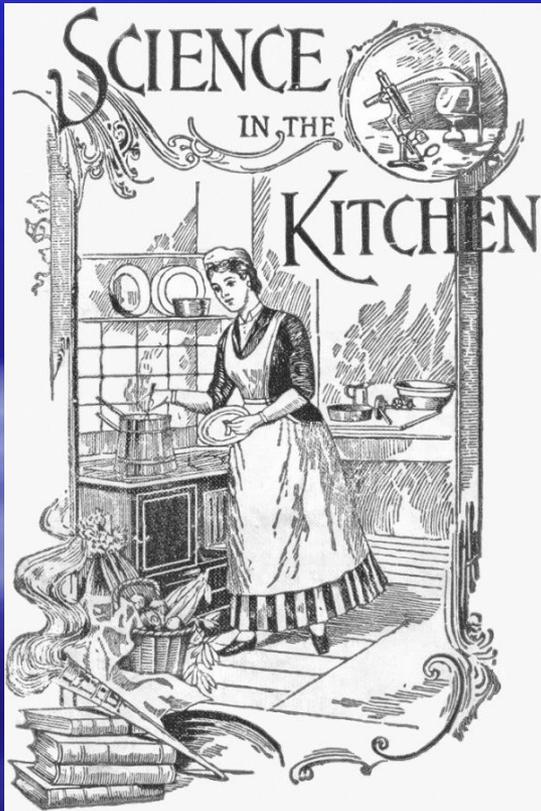
Эратосфеном было проведено измерение диаметра земной окружности (3 в. до н.э.).

Шарообразность тогда была гипотезой!



Гипотезы в современной науке

Рабочие гипотезы
(внутренняя кухня)



Публичные гипотезы
(обсуждение в публикациях)



Обсуждаемые гипотезы

Нельзя опубликовать голую идею.
Надо, как минимум, ответить на
«сразу возникающие» вопросы.
А лучше, что-то посчитать и
предсказать.

Наука большая.
Много человеко-часов.
Много мотивации и конкуренции.



Гипотезы надо обосновывать и проверять!

Астрология.

Обоснования, основанные на достоверном знании, отсутствуют.
Проведенные исследования показали, что нет статистически значимого
выполнения предсказаний.



Научная кухня



Аутсайдер, изучая только публикации, не всегда может знать, какие идеи обсуждаются, а уж тем более, какие идеи приходят в голову другим.

«It's all in the mind»

Консерватизм + антидогматизм

С одной стороны Общая Теория Относительности будет использоваться «по умолчанию» практически любым астрофизиком, с другой – идет постоянная работа по разработке новых теорий и по проверке ОТО.



Мы не поклоняемся черным дырам, но и не хватаемся за альтернативы.

Конкуренция в науке

В научной среде конкуренция, в конечном счете, сильнее «корпоративного духа».



Поиски внеземного разума

В конце 60-х – начале 70-х тема поисков внеземного разума была крайне популярной среди сильных ученых. Велись наблюдения, проводились представительные симпозиумы, работали специальные комиссии (включая ведомственные).

Но поиски дали нулевой результат. Начальный оптимизм пропал. (закрытие проекта «Синяя книга»).

Изменился статус области.



UFO vs. SETI

В наши дни тема ВЦ довольно маргинальна.

Следует различать уфологов и ученых, занимающихся SETI и тп.



Джордано Бруно

Сейчас ВЦ – плохая гипотеза.

Успех скорее придет через астрофизические обзоры и детальное исследование ИСТОЧНИКОВ.

О возможности найти «нечто» помнят, и невозможно представить, чтобы ученые вдруг решились «замолчать» такое открытие.



Эволюция гипотез

То, что было разумной гипотезой когда-то, перестает быть таковой по мере развития.

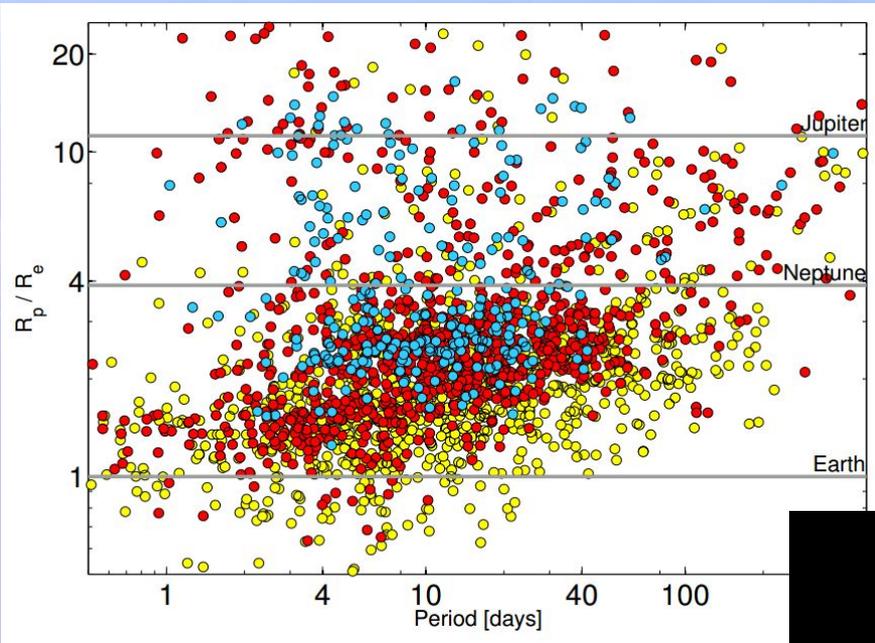
Примеры:

- стационарная вселенная
- распространенность планет типа Земли



Важно: является ли гипотеза сейчас *фактом науки*.

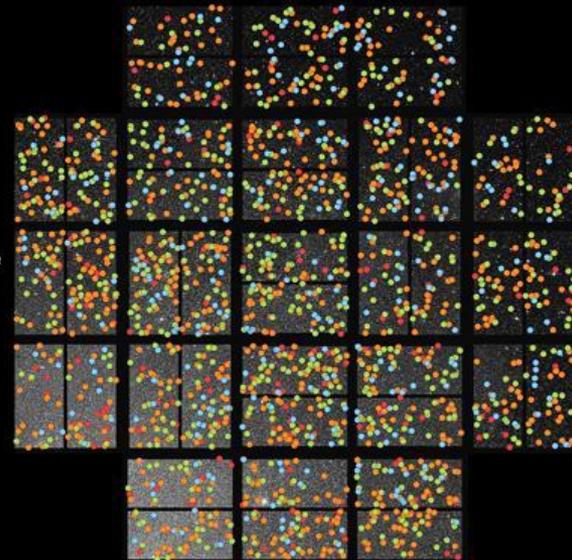
Экзопланеты



Locations of Kepler Planet Candidates

As of January 7, 2013

- Earth-size
- Super-Earth size
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size
6.0 - 22 Earth-size

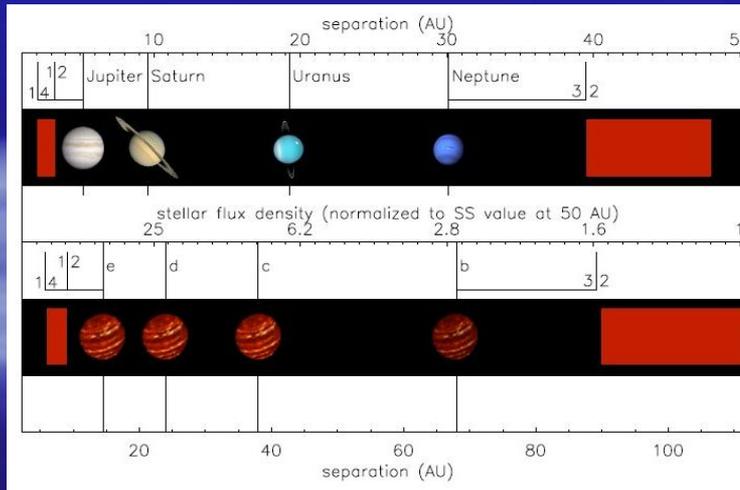


Изображение четвертой планеты вокруг HR 8799

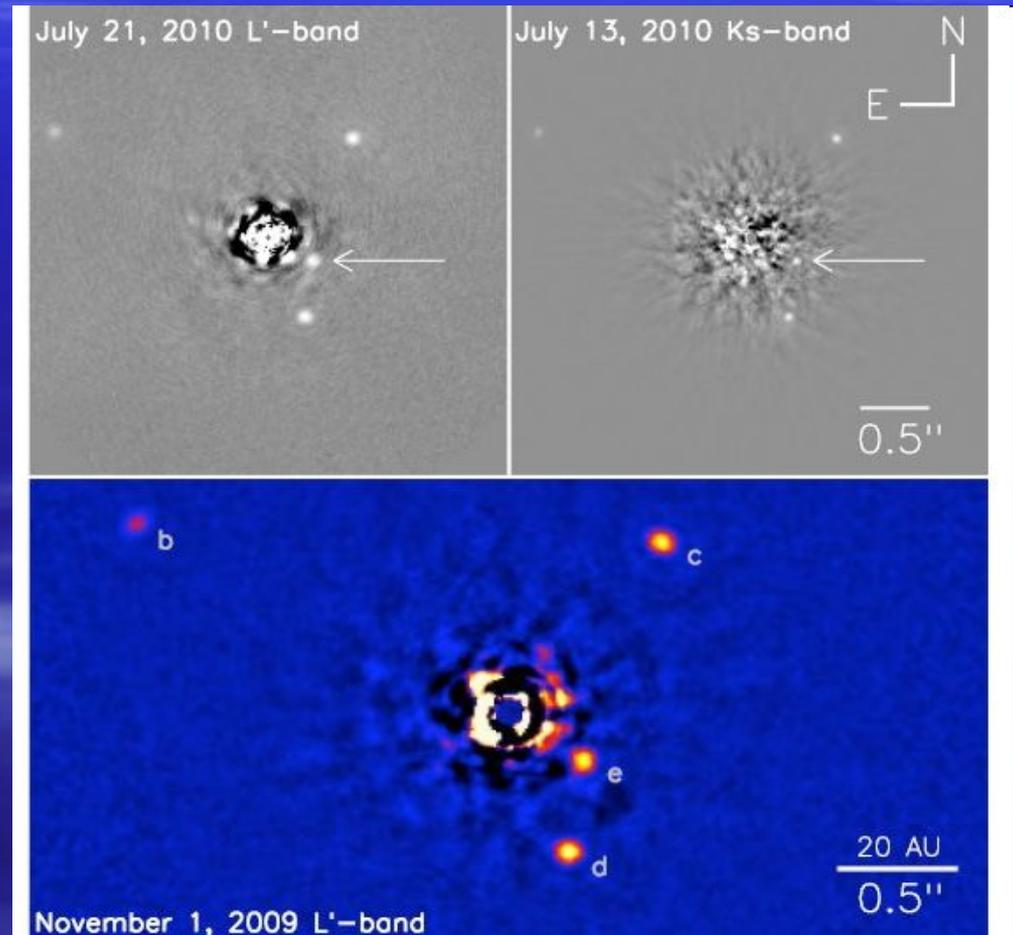
Keck II

Расстояние 14 а.е.
Это меньше, чем
у трех других.

Похожа на Солнечную



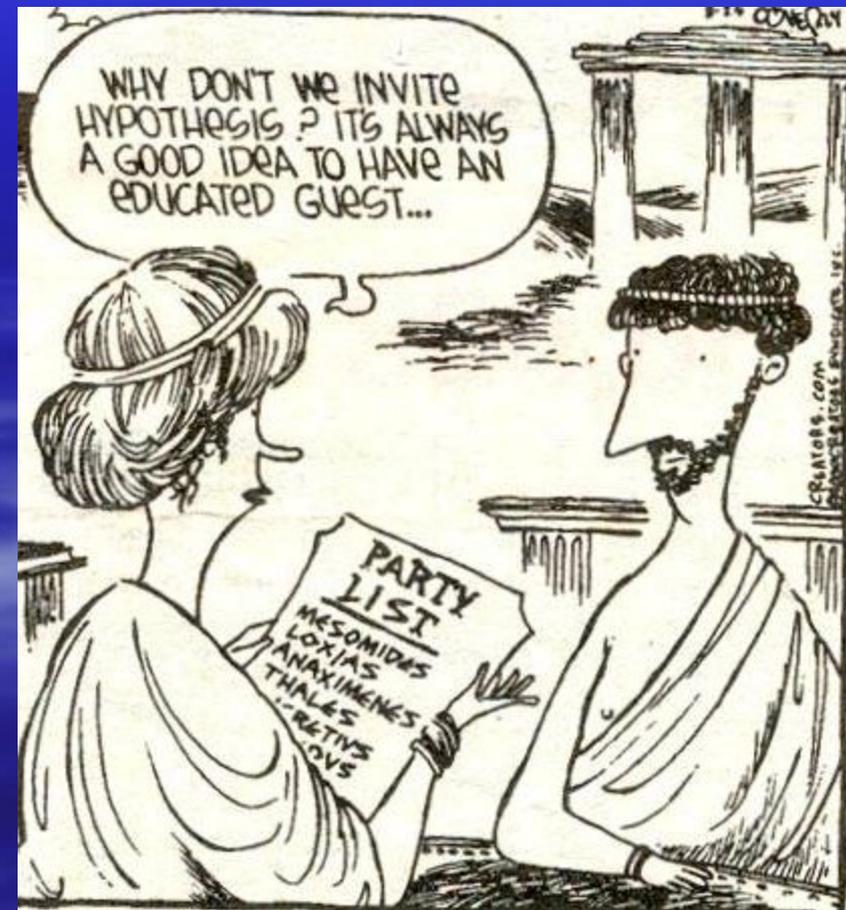
arXiv: 1011.4918



Стандартные гипотезы

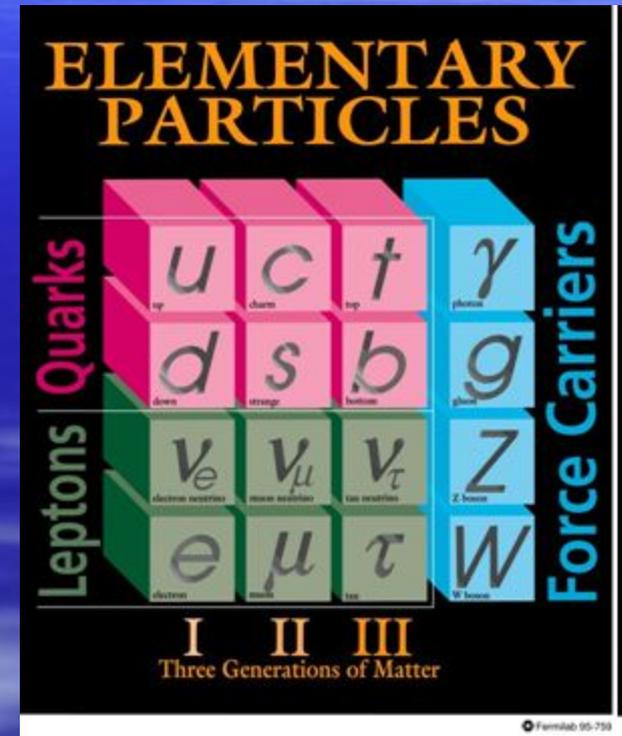
Наука существует там, где не все ясно.
Для работы нужны гипотезы, модели.

Существует некий консенсус по поводу
стандартных гипотез и моделей.



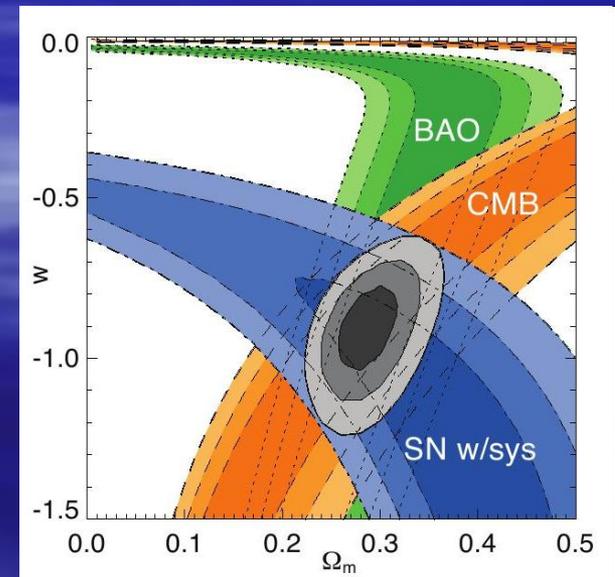
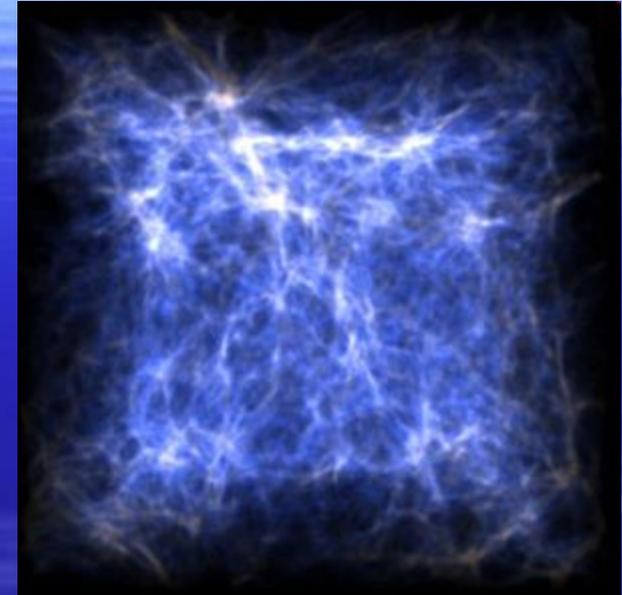
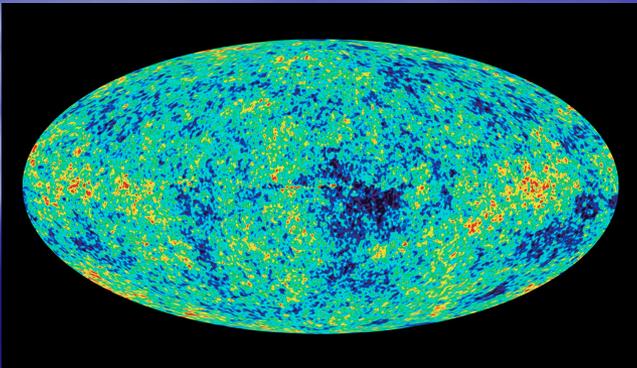
Примеры стандартных моделей

- Темное вещество
- Странная материя
- Темная энергия
- Ньютон + ОТО
- Число измерений
- «Стандартная модель» в физике частиц
- Постоянство констант
- Сверхсильные поля магнитаров
- Однородность и изотропность вселенной
- Черные дыры



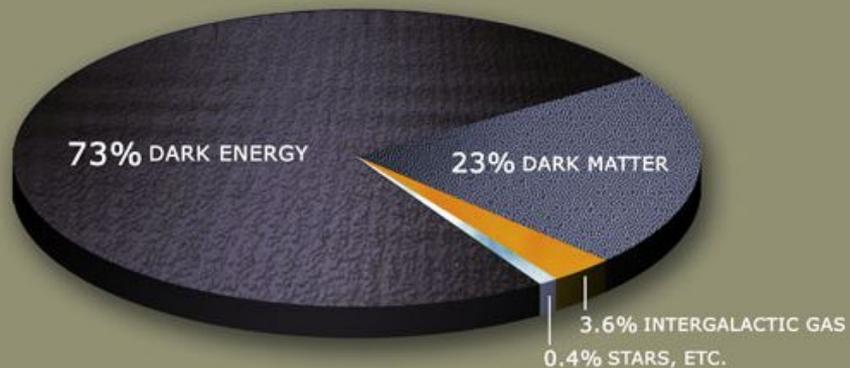
Λ CDM-модель в космологии

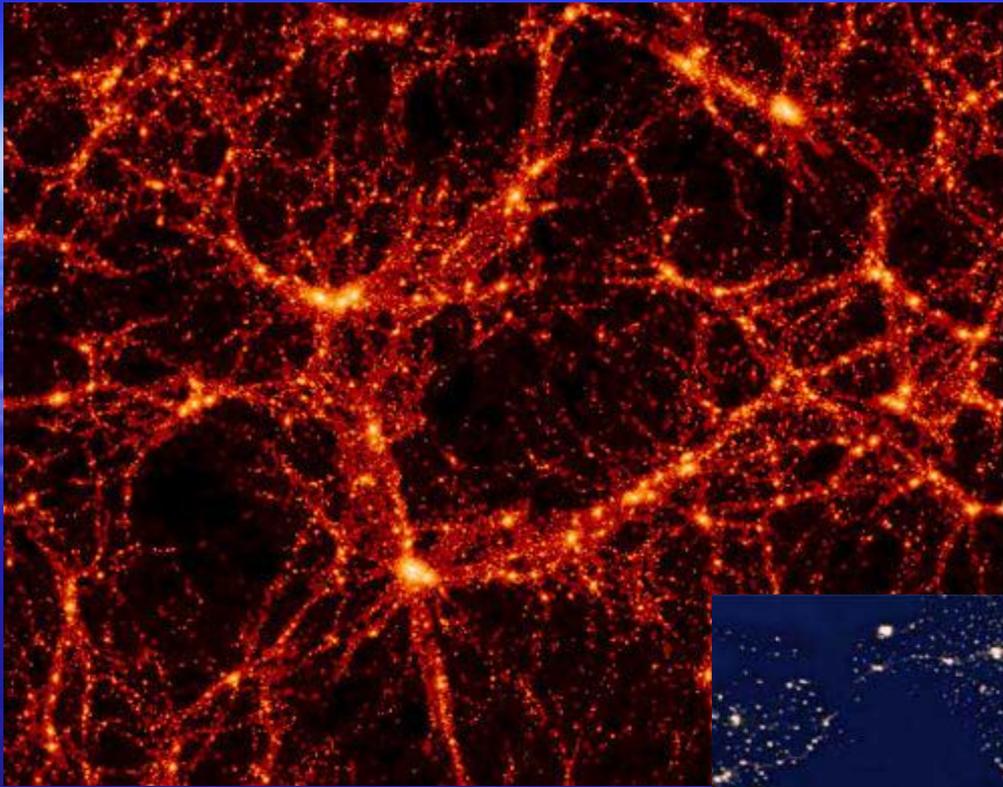
- Λ CDM-модель в космологии
 - Изотропия и однородность
 - Темное вещество
 - Темная энергия (вакуум)
 - Плоская вселенная
 - Ньютоновская + ОТО



Темное вещество

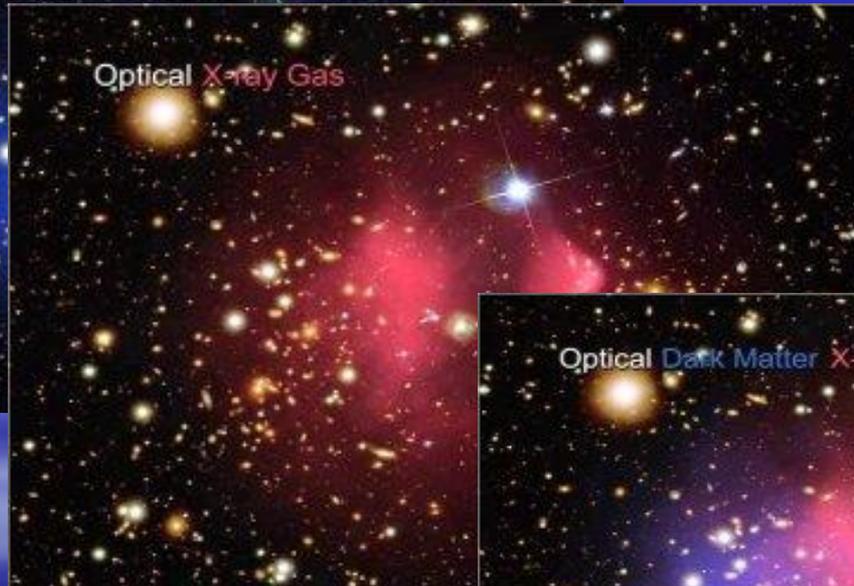
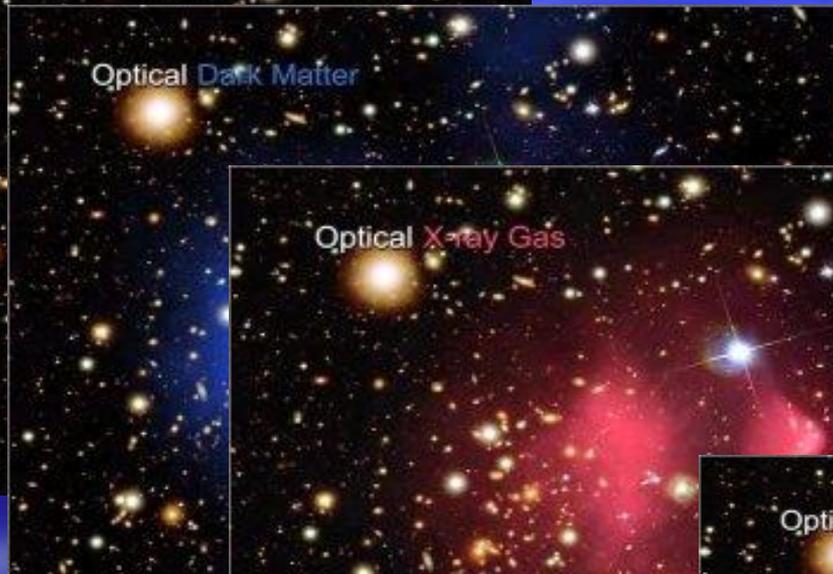
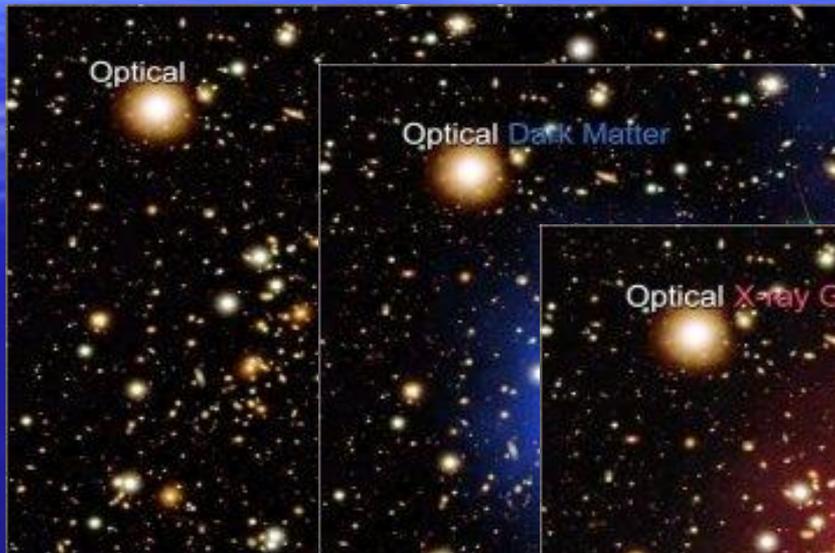
Прекрасная иллюстрация стандартной гипотезы в астрофизике — темное вещество



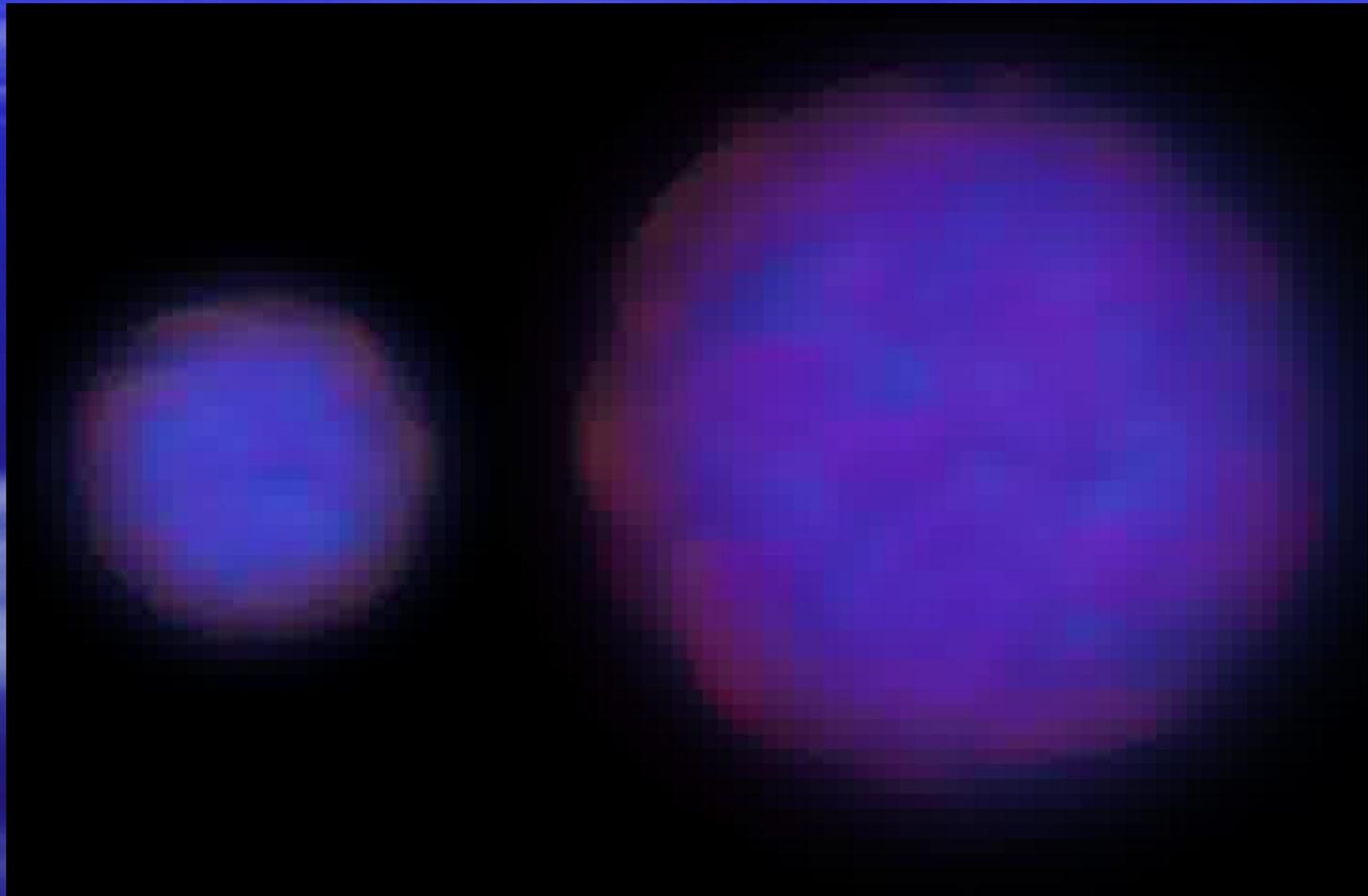


Темное вещество

Сталкивающиеся скопления галактик
1E 0657-56 (Bullet cluster)



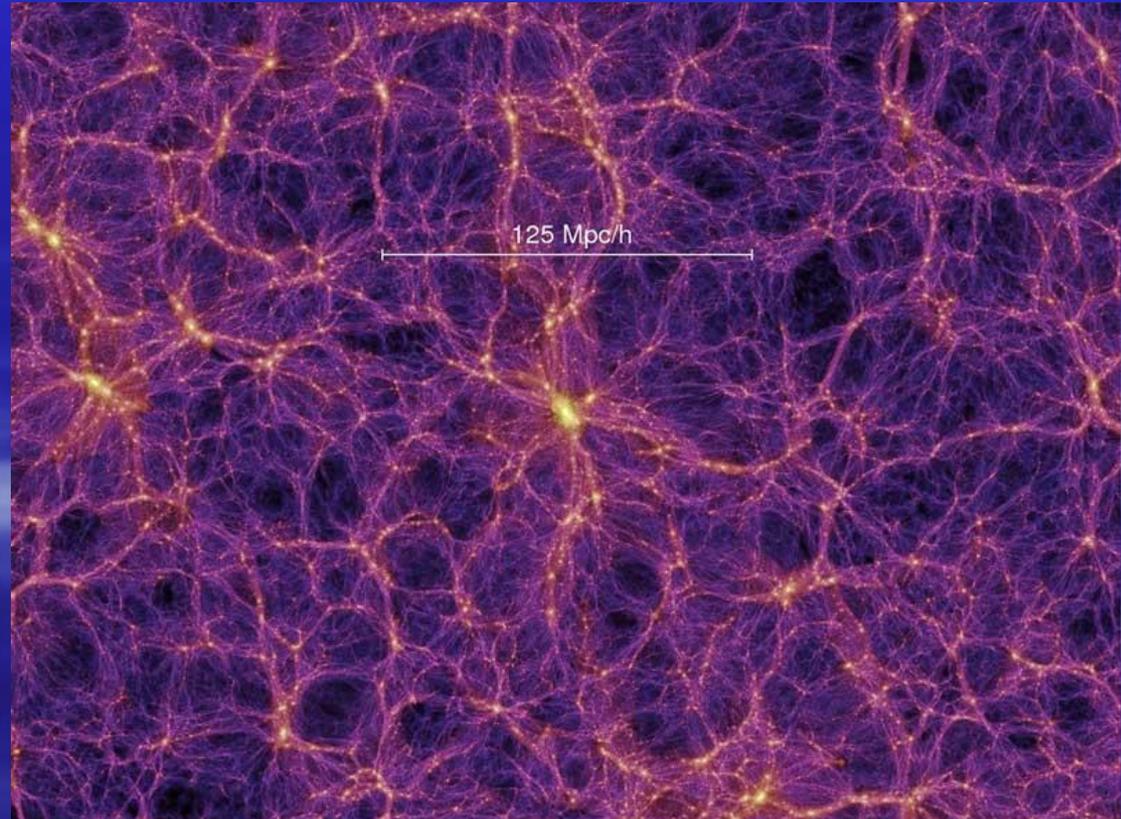
Столкновение скоплений галактик



Скелет вселенной

Крупномасштабная структура формируется в основном темным веществом. Но видим мы галактики, их скопления, горячий газ – т.е., обычное вещество.

Как увидеть сам скелет вселенной?



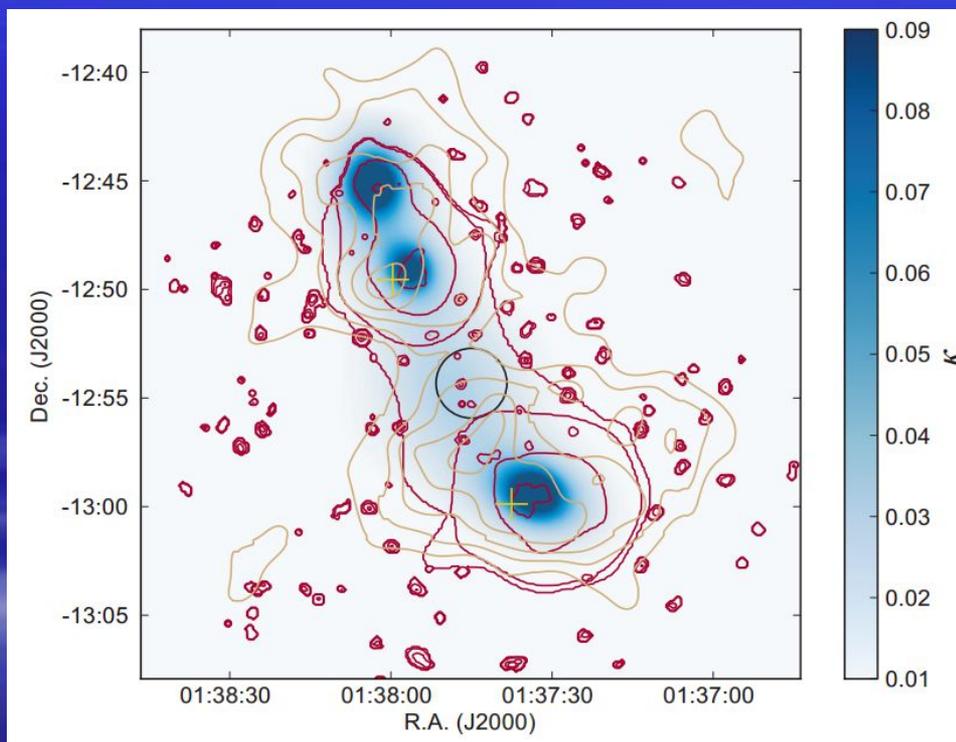
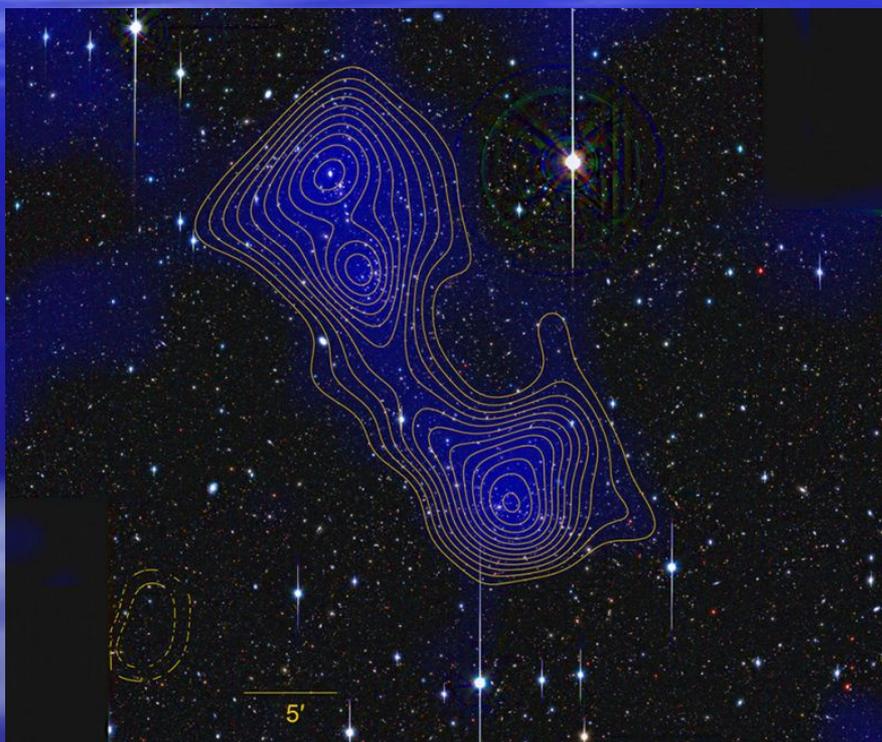
Волокно темного вещества

Скопления A222/223. $z \sim 0.2$ Между скоплениями 18 Мпк.

Распределение массы восстанавливается по линзированию.

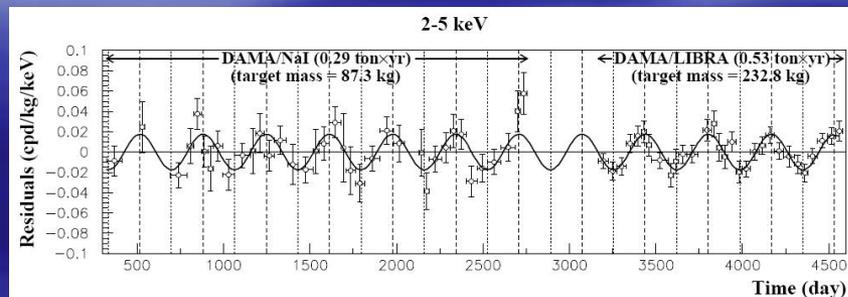
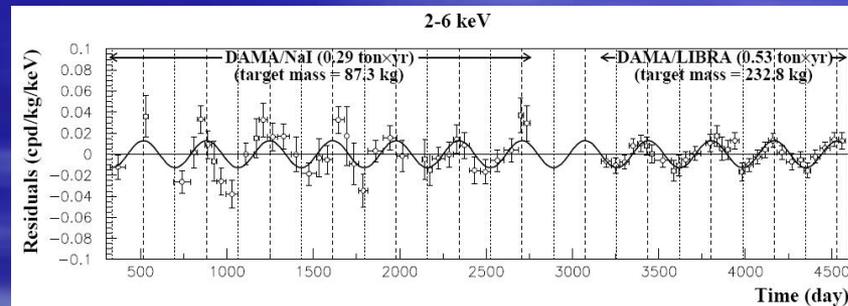
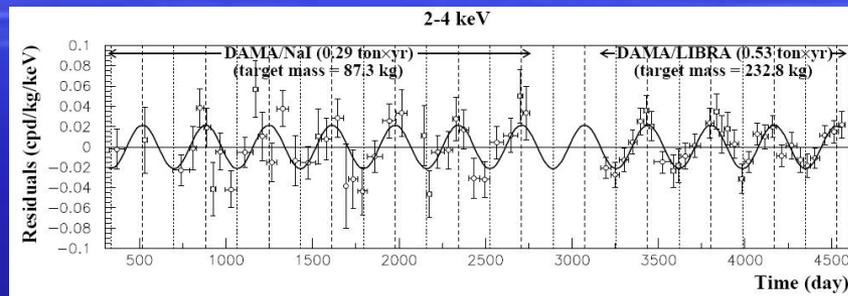
Массы газа не хватает для объяснения массы волокна.

1207.0809



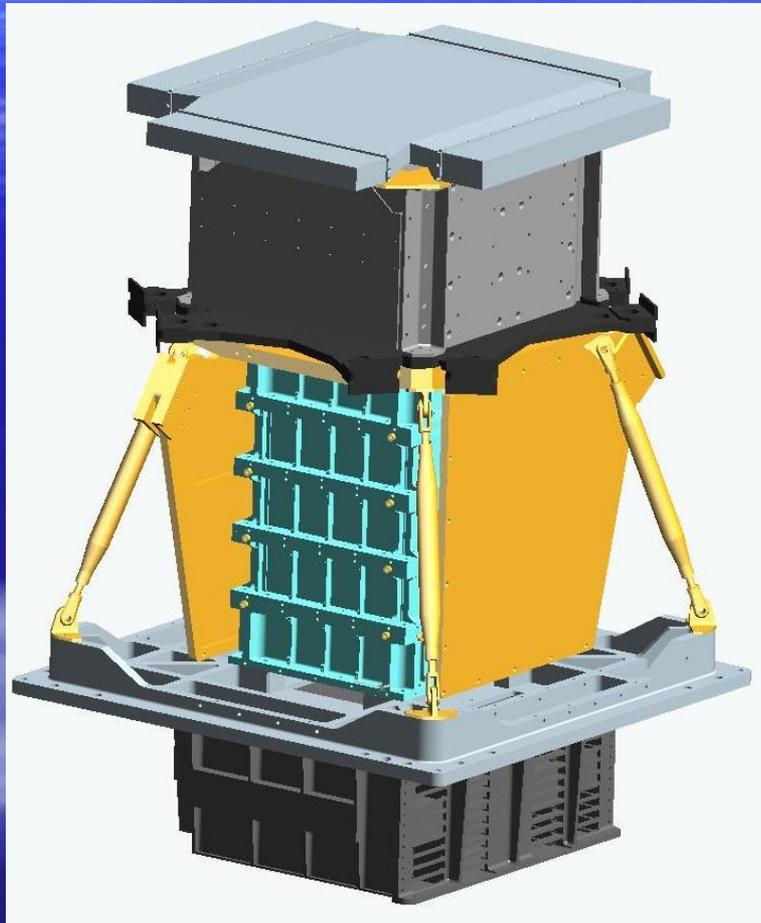
Много нового о скоплениях галактик удастся узнать с помощью российского проекта Спектр-Рентген-Гамма

Прямые поиски темной материи в лабораториях на Земле

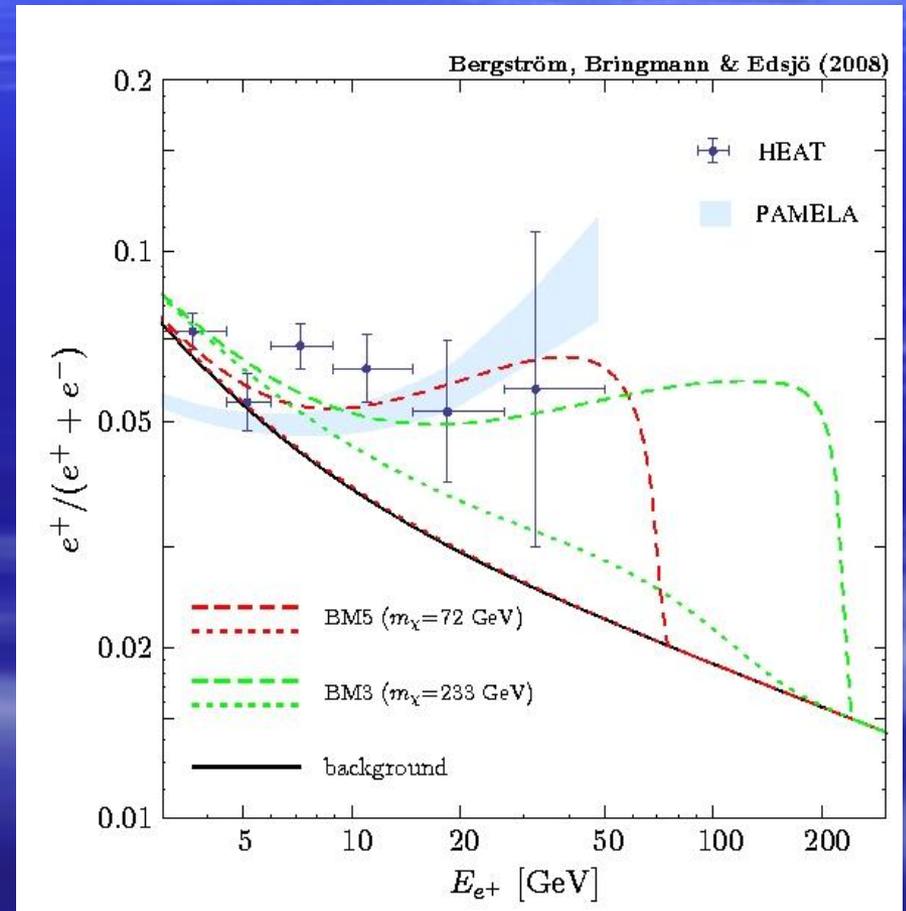


Эксперимент DAMA/LIBRA

Поиски следов аннигиляции



Приборы PAMELA

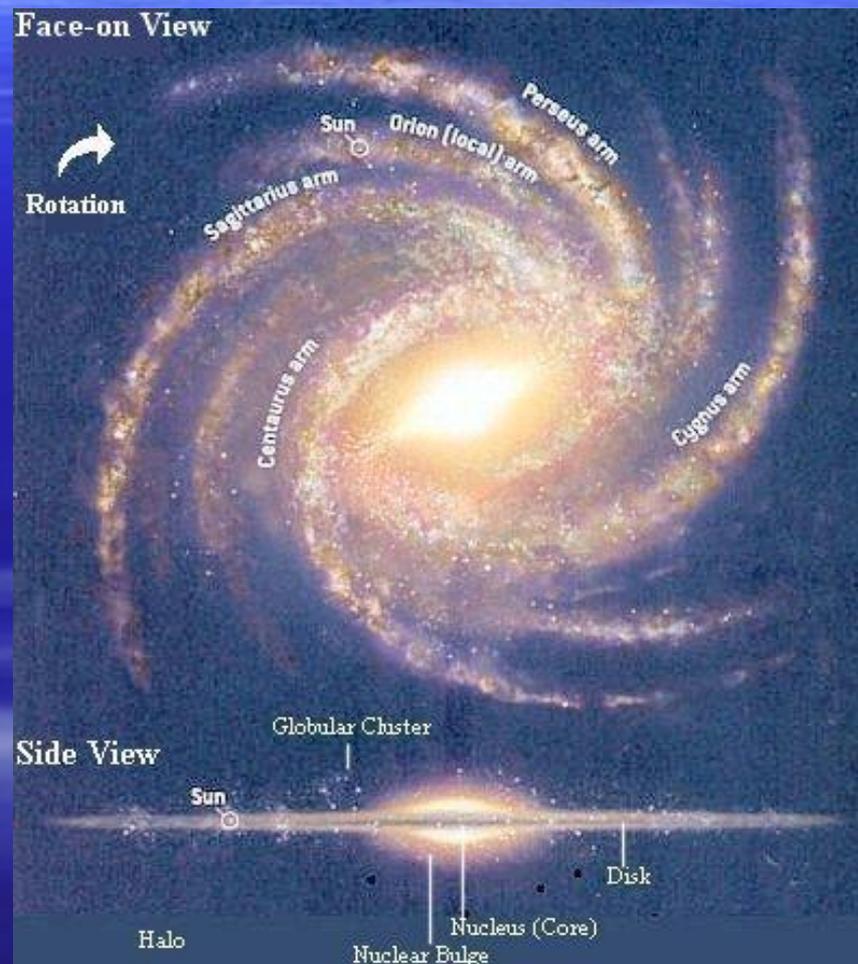


Избыток позитронов

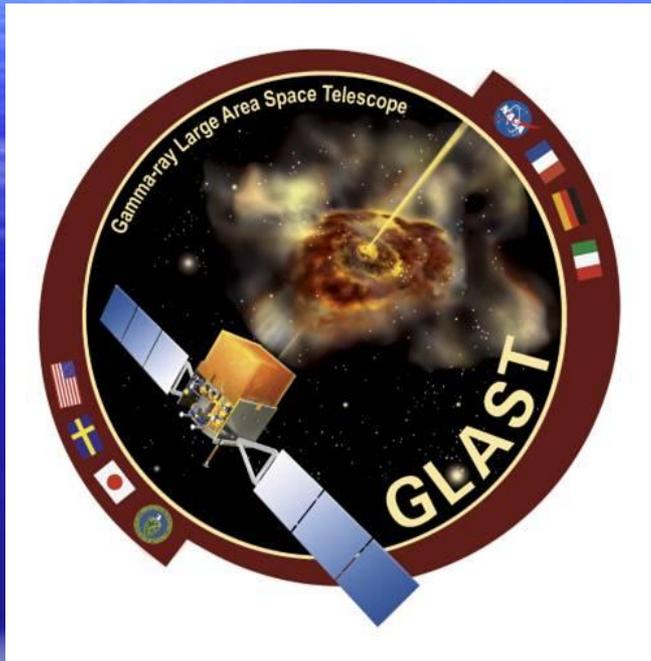
Поиск следов аннигиляции - 2



Поиск гамма-квантов, образующихся в результате аннигиляции частиц темной материи в нашей Галактике. Поток будет больше от центральной части нашего звездного острова.

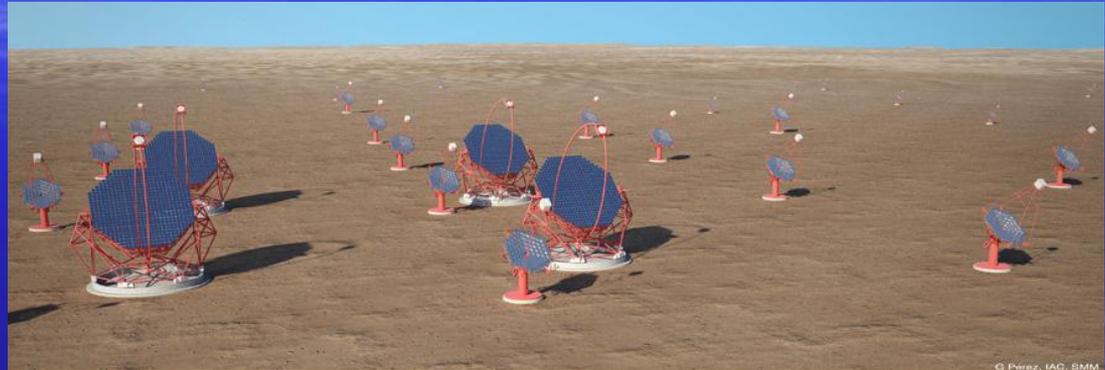


Гамма-телескопы

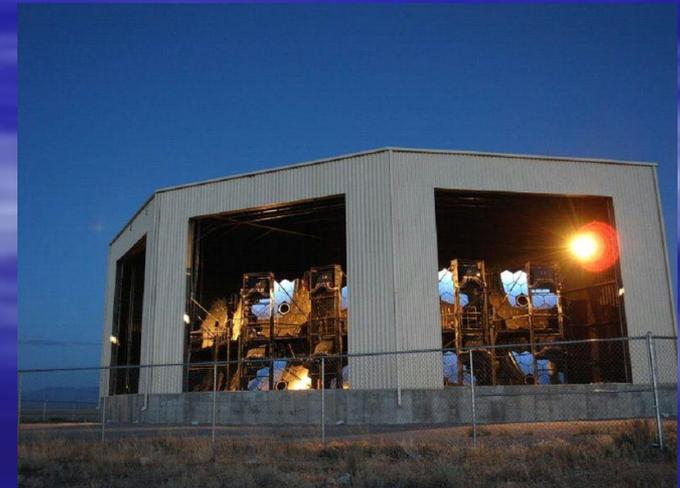


В 2008 году состоялся запуск гамма-обсерватории GLAST, получившей затем имя Fermi. Одной из важнейших задач этого проекта является обнаружение гамма-лучей, возникающих при аннигиляции частиц темного вещества.

Строятся новые наземные гамма-телескопы



Проект Cerenkov Telescope Array

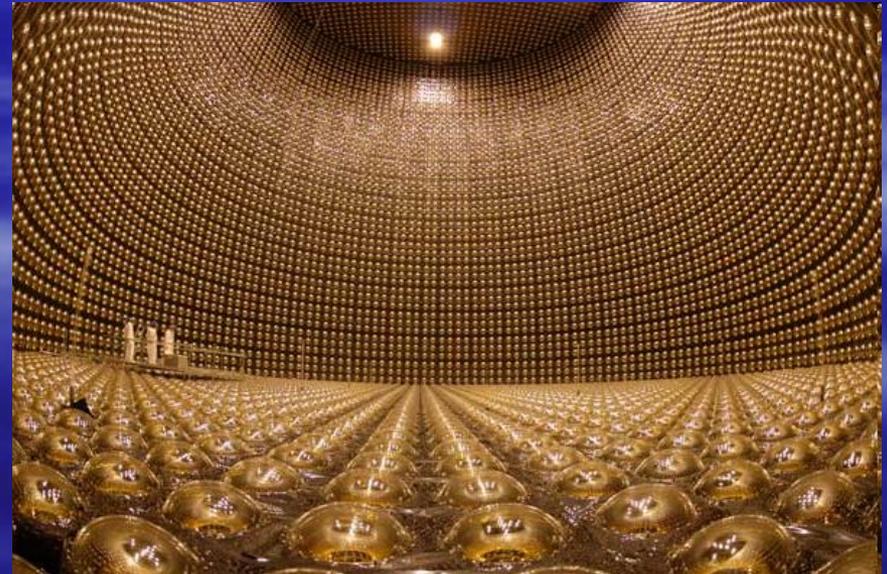
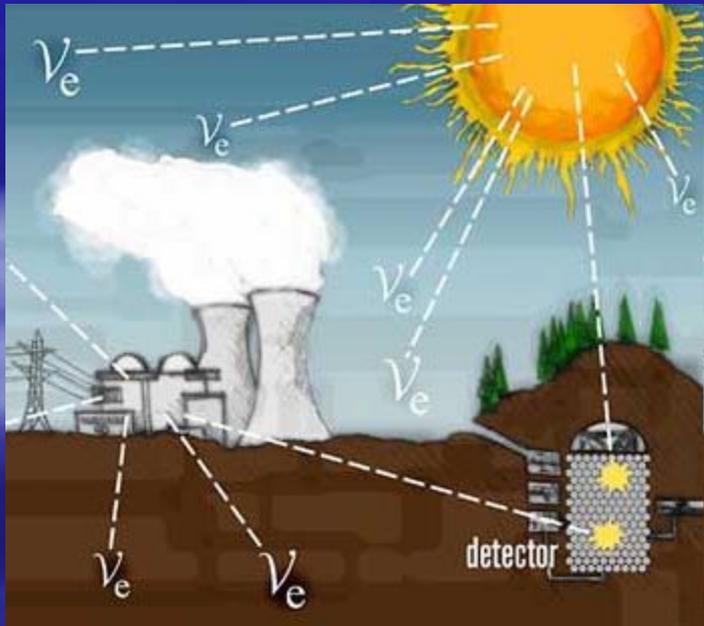


Telescope array

Нейтрино

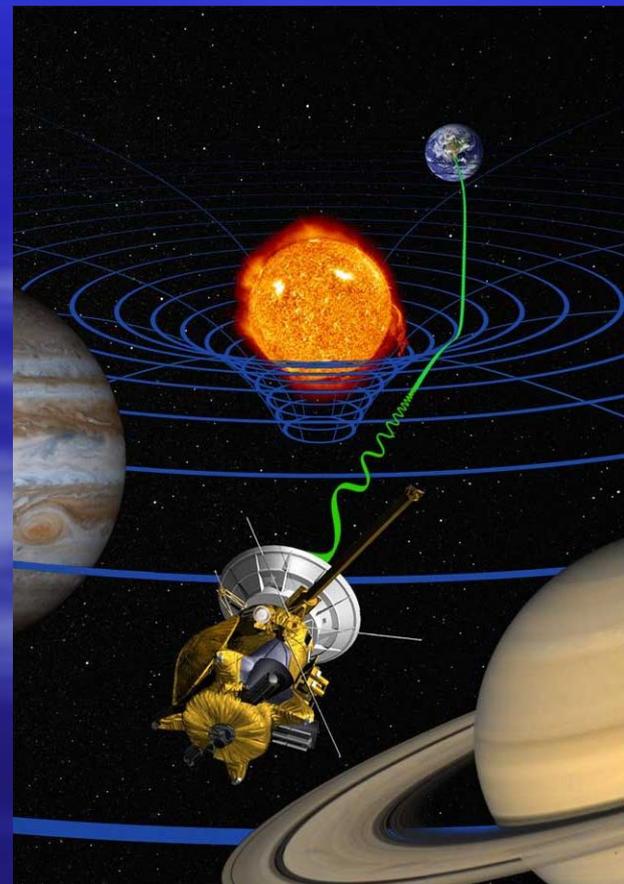
В момент появления гипотеза нейтрино конкурировала с нарушением закона сохранения энергии в некоторых процессах!

Гипотеза стала утверждением. Затем, объект гипотезы стал инструментом.



Тесты ОТО

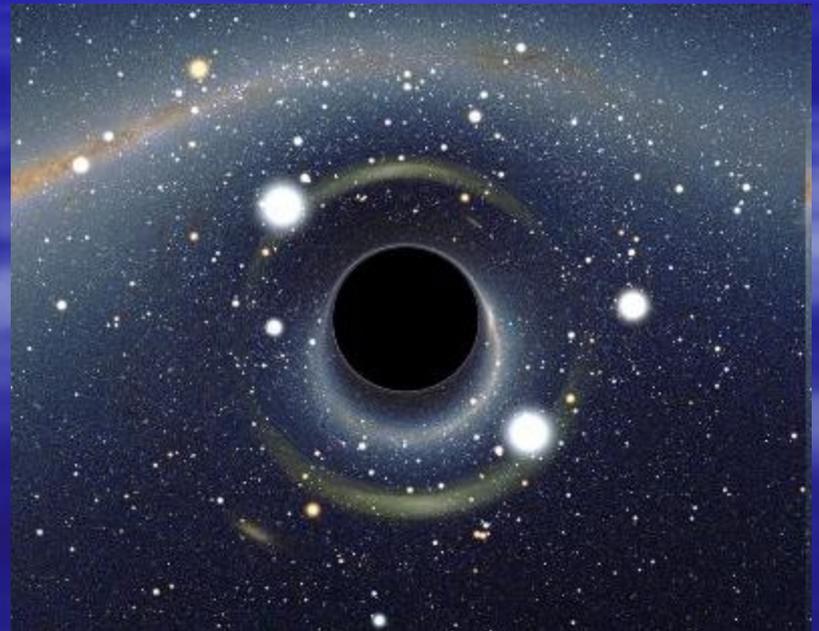
Постоянно идут тесты Общей Теории Относительности.
Постоянно идут работы над созданием новой теории.



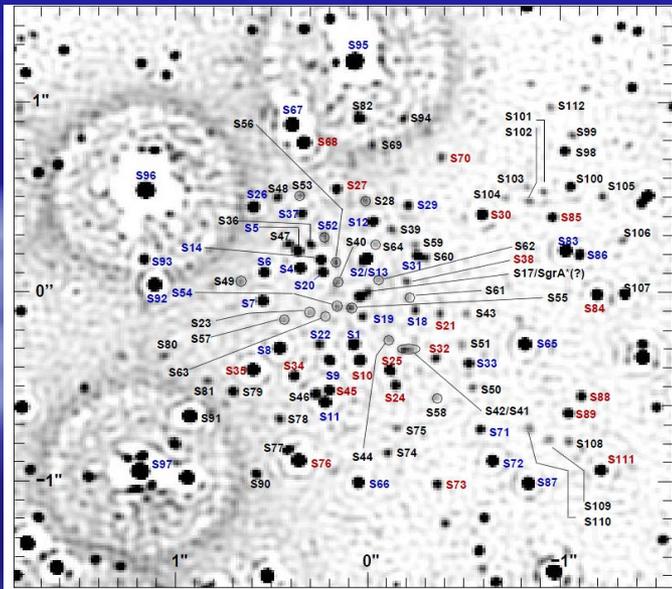
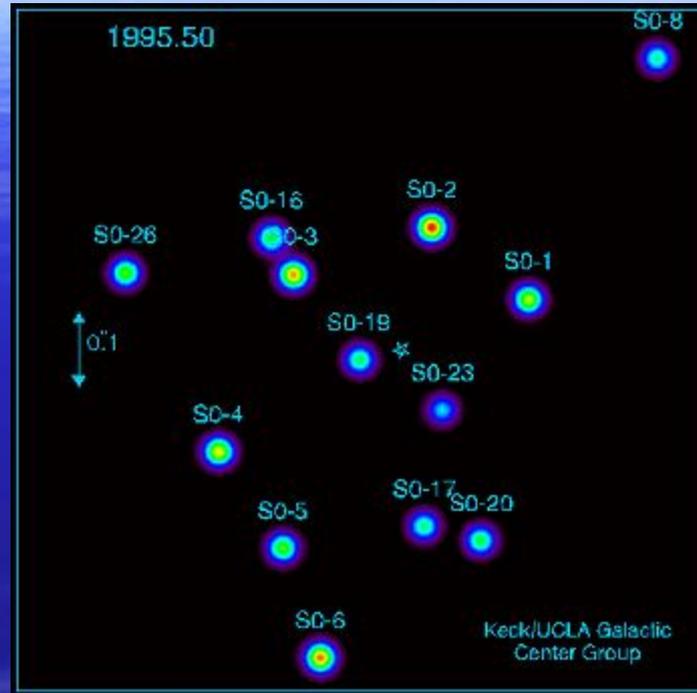
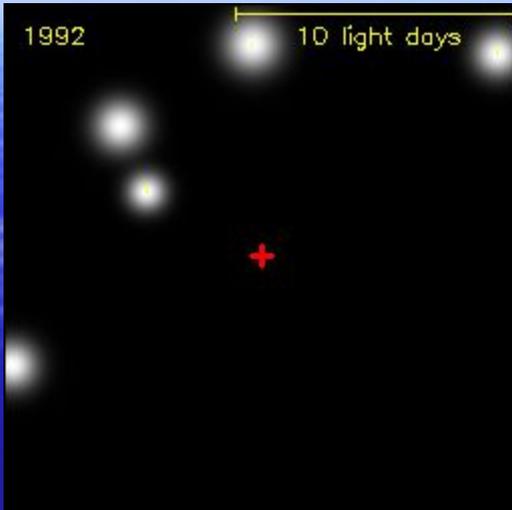
Черные дыры

Черные дыры для астрофизиков и «на самом деле»

«Черная дыра в источнике Лебедь X-1 –
это самая консервативная гипотеза»
(Э. Салпитер)



Sgr A*



Темный компактный объект с массой несколько миллионов солнечных

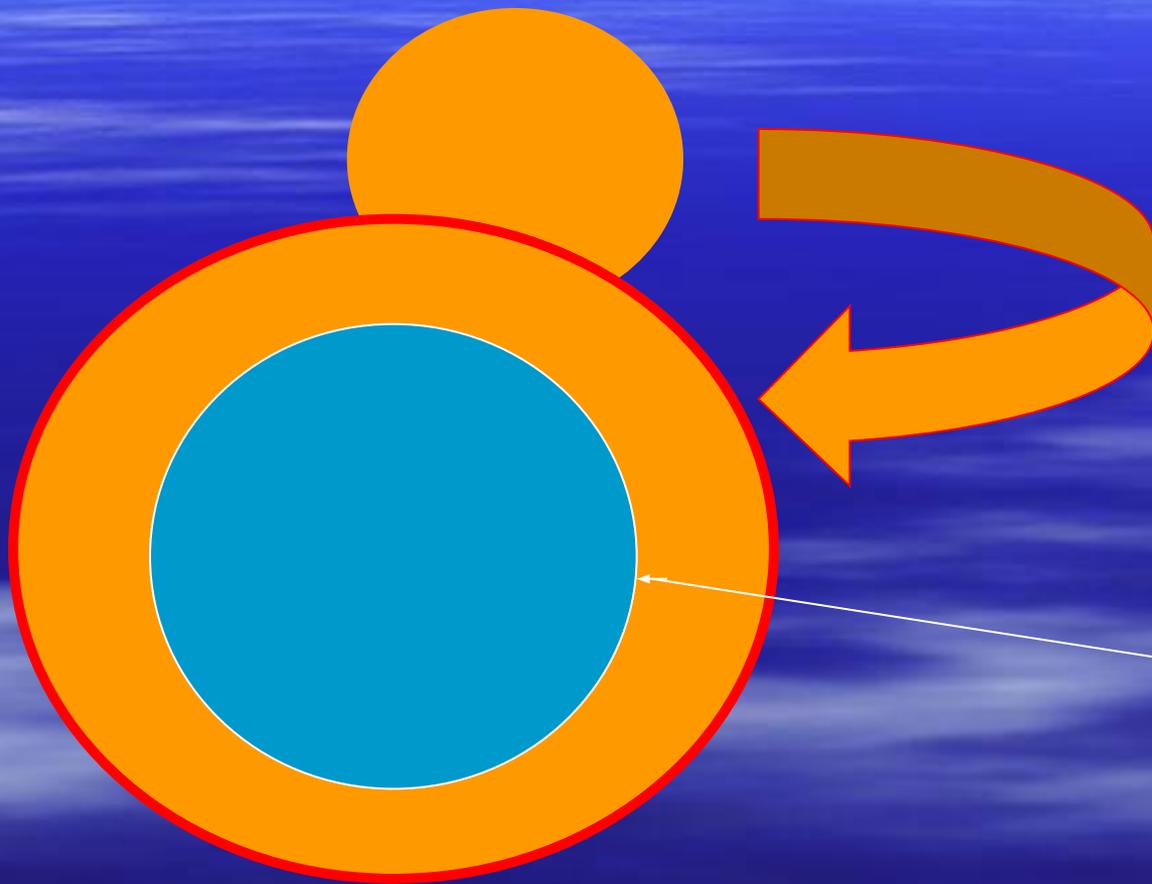
В Sgr A* нет горизонта?



Наблюдается только излучение от потока, но не от поверхности.

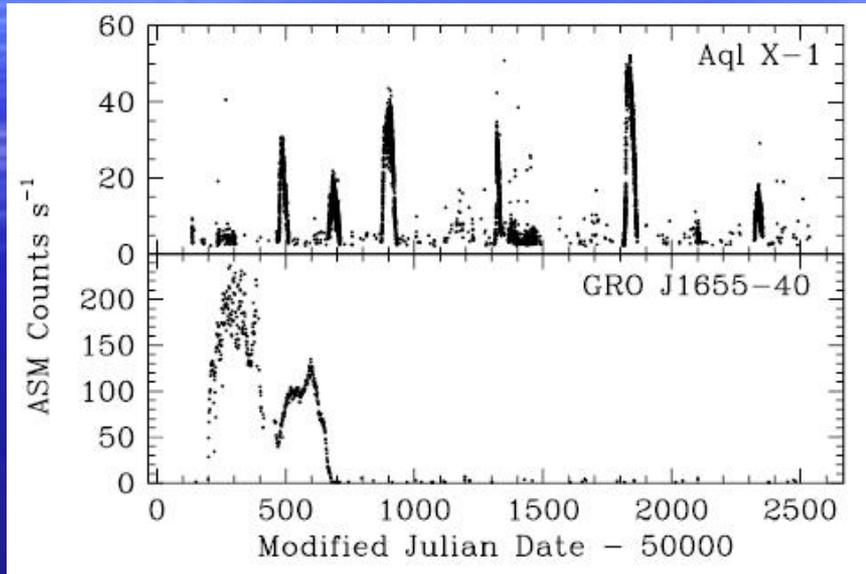
Наиболее легко это объясняется наличием горизонта.

Рентгеновский барстер



Растут температура
и плотность

Двойные системы



НЗ

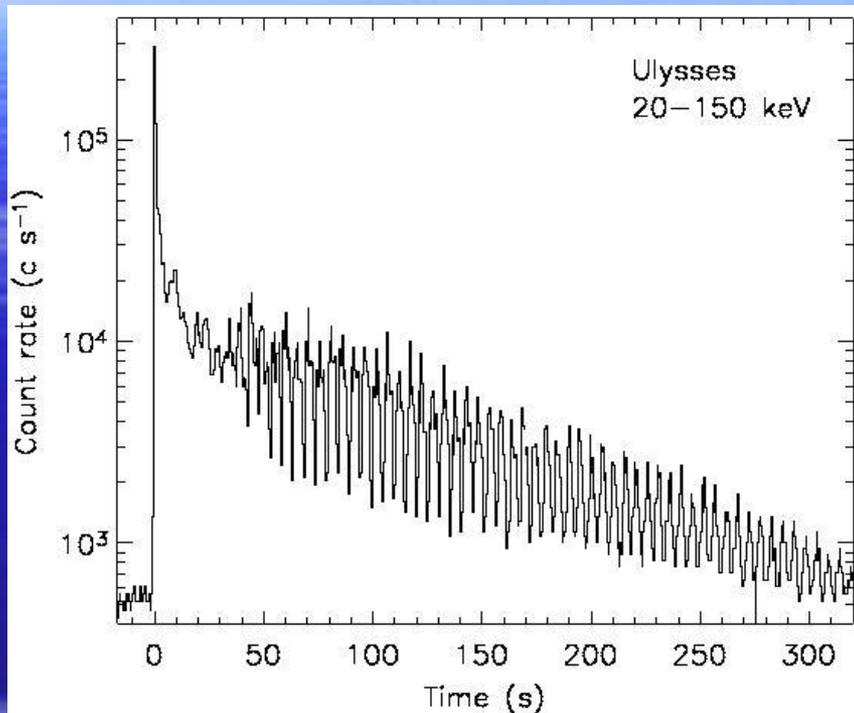


У кандидатов в черные дыры нет барстерных вспышек, хотя, если бы не было горизонта, то они должны были бы быть в ряде потенциальных альтернативных моделей.

ЧД



Магнитары



**Гигантская вспышка источника
мягких повторяющихся гамма-всплесков**

Нейтронные звезды, чья активность (включая вспышечную) связана с выделением энергии магнитного поля (токов).

Сверхсильные магнитные поля (в сотни раз больше, чем у обычных радиопульсаров, у которых оно в тысячи миллиардов раз сильнее, чем на Земле или Солнце).

Напрямую доказать наличие сверхсильного поля трудно. Зато такая модель может объяснить большой комплекс явлений, что не могут сделать альтернативы.

Наверное, все проще!

Альтернативы черным дырам

- рождение
- разные массы (от солнечной до миллиардов солнечных)
- данные по Sgr A* и отсутствию вспышек в двойных

Выход: экстремально экзотические состояния вещества и их возникновение в известных процессах

Альтернативы стандартным моделям требуют большей экзотики.

Альтернатива темной материи

- кривые вращения галактик
- скопления галактик
- Bullet cluster
- рост структуры

Выход: темные поля

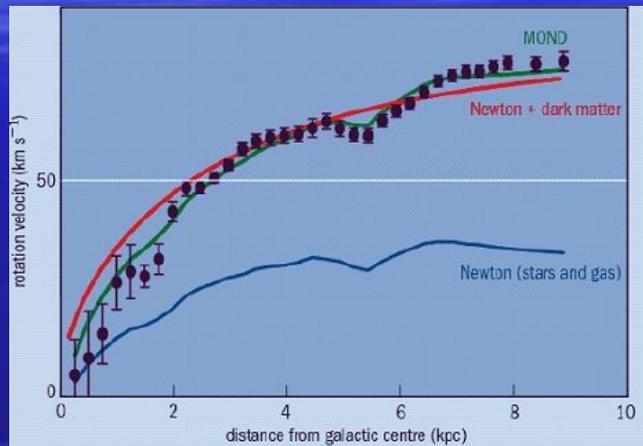
Яркие перья



Нестандартные модели

MOND

Альтернатива
темной материи



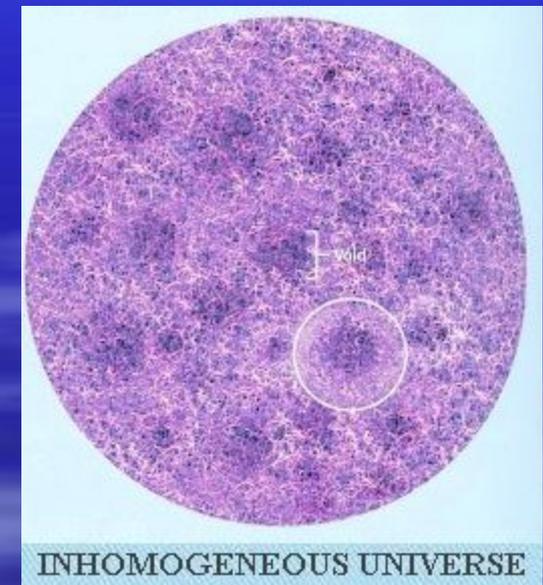
Гравистары и тп.

Альтернатива
черным дырам



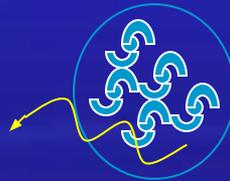
Локальный войд

Альтернатива
темной энергии

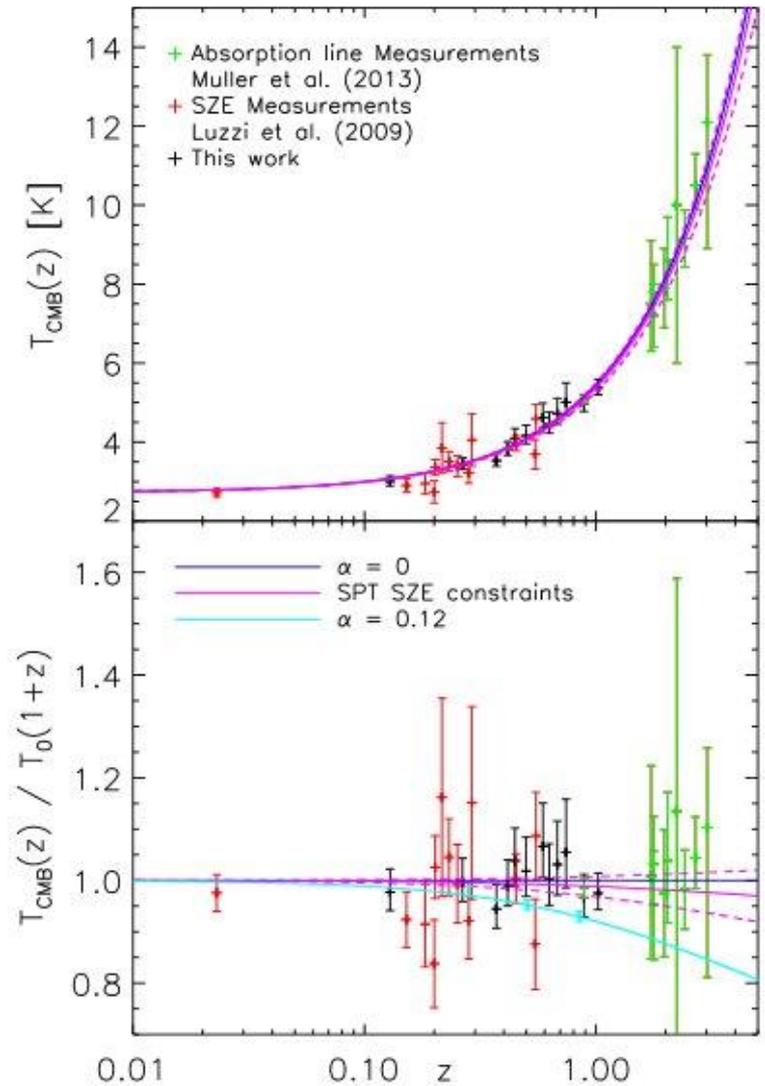


Ключевые факты

- Измерение температуры реликта на раз



По
По



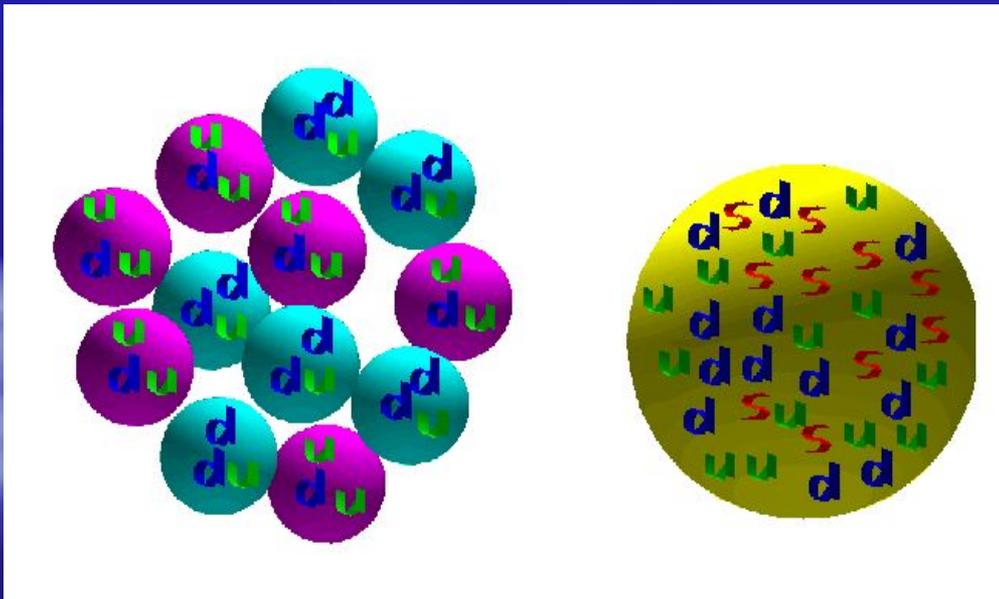
Наборы данных

Наличие комплекса данных, позволяет отбрасывать альтернативы, объясняющие лишь один аспект.

- Gravastar & Co.: черные дыры разных масс, состояния
- альтернативы магнитарам: вспышки, спокойные состояния, эволюция
- альтернативные космологии: СМВ, структура, нуклеосинтез, динамика
- MOND: галактики+скопления

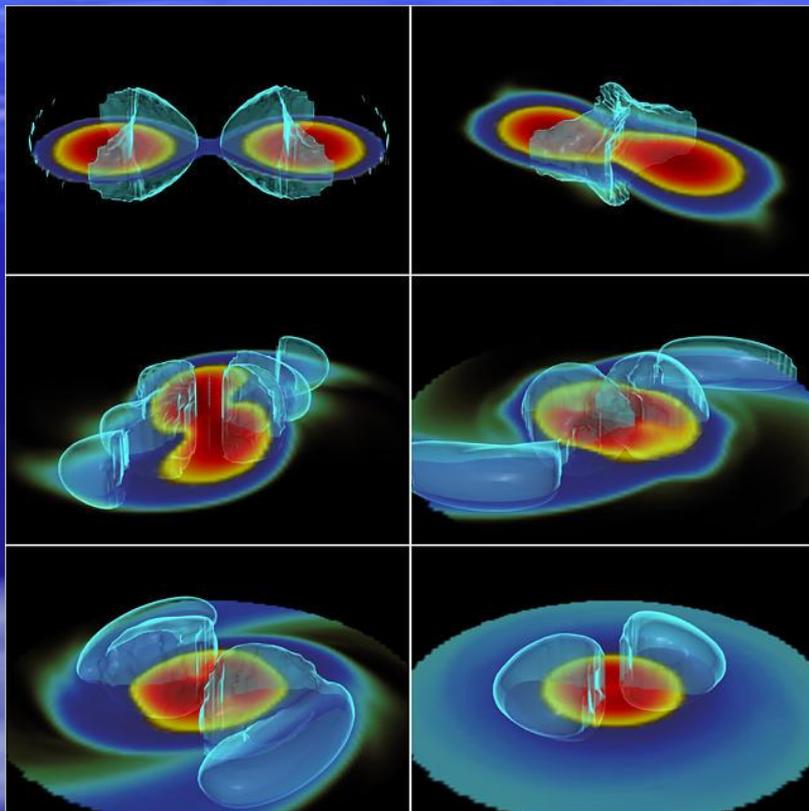
Странное вещество и страпельки

Кварковое вещество – «самодостаточно».
Для его устойчивости не нужна гравитация.
Т.е., могут существовать как странные звезды,
Так и маленькие комочки, капельки.



Страпельки могут встречаться
в космических лучах.
Это будут частицы с
большой массой, но с зарядом
относительно небольшим.

Странная кварковая эпидемия



Если в недрах компактных объектов есть кварковое вещество, то после слияний оно будет выбрасываться. Далее, струйки могут попадать в другие нейтронные звезды, превращая их в кварковые...

Чем же темное вещество лучше НЛО?

Темное вещество – это самая консервативная гипотеза, объясняющая большой комплекс наблюдательных данных и связанная с рядом стандартных моделей.

Гипотеза внеземных НЛО – это экстравагантное объяснение набора неподтвержденных данных, находящаяся в противоречии с несколькими стандартными гипотезами.

Где почитать

ТрВ-Наука N40, стр. 6 (октябрь 2009)

ТрВ-Наука N41, стр. 10 (ноябрь 2009)

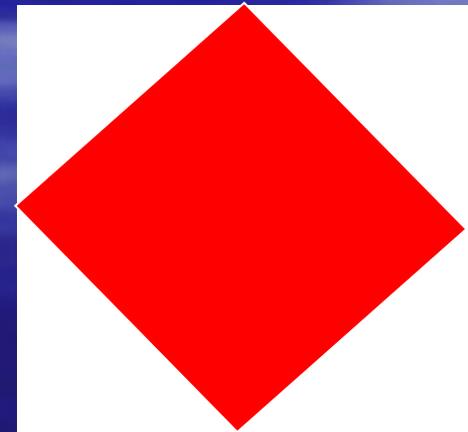
<http://trv-science.ru>

Где спросить:

<http://sergepolar.livejournal.com>

Где посмотреть:

<http://www.polit.ru/lectures/2010/04/19/astro.html>



До новых встреч



<http://xray.sai.msu.ru/~polar/>