



"МИС-РТ"-2022 Сборник №79-1-9 <http://ikar.udm.ru/mis-rt.htm>



Макроскопическая тёмная материя шаровая молния и странное излучение

Чистолинов Андрей Владимирович

к.ф.-м.н. ОИВТ РАН

a-chi@yandex.ru

Период конца 20-го века и начало 21-го – это эпоха больших открытий в области астрофизики и космологии, которым мы в значительной степени обязаны космическим телескопам.

Последние новости:

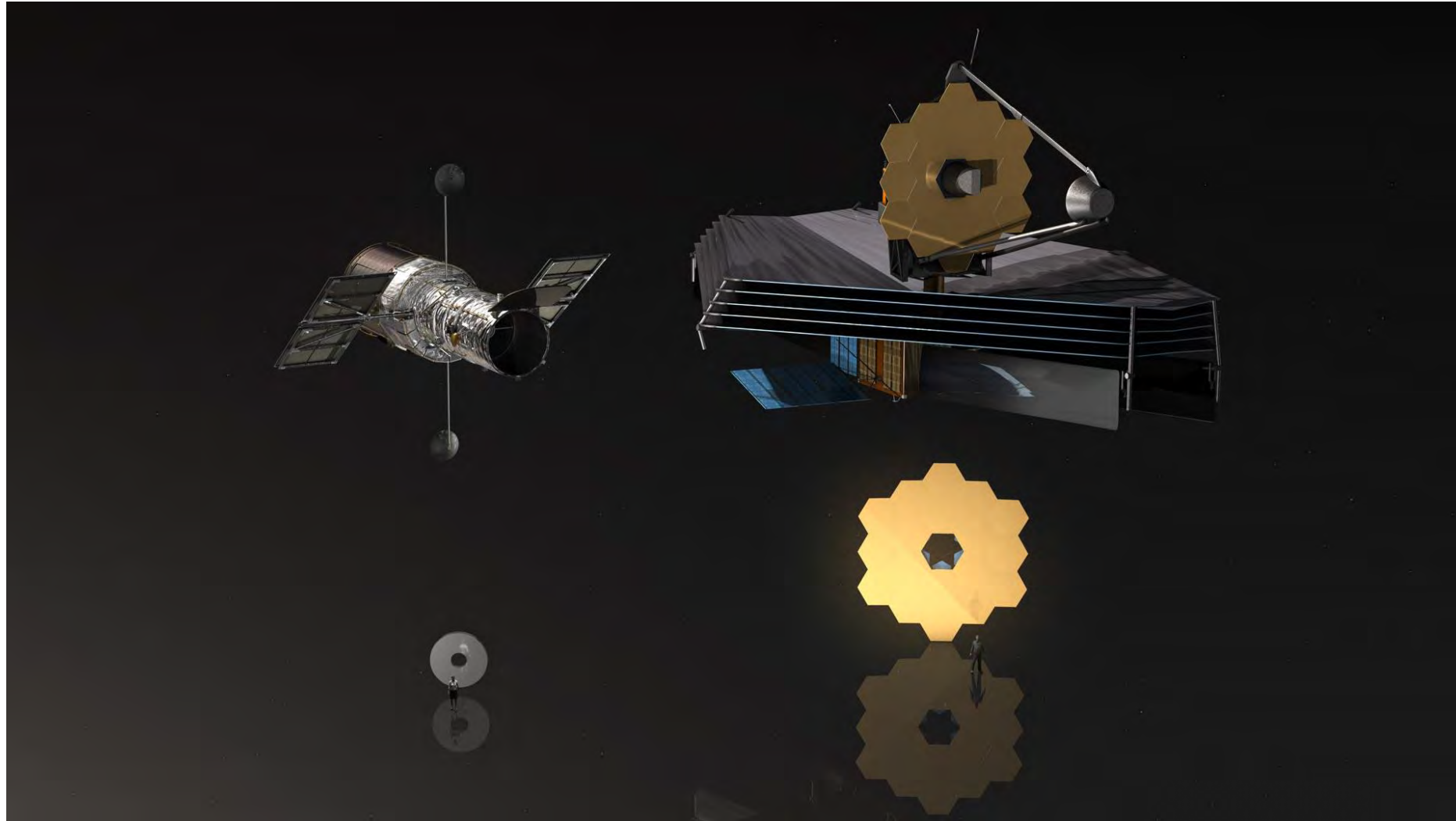
25 декабря 2021 года был произведён запуск нового космического телескопа Джеймс Уэбб, который должен прийти на смену космическому телескопу Хаббл.

24 января 2022 года телескоп успешно вышел на заданную орбиту в точке Лагранжа L_2 системы Солнце — Земля.

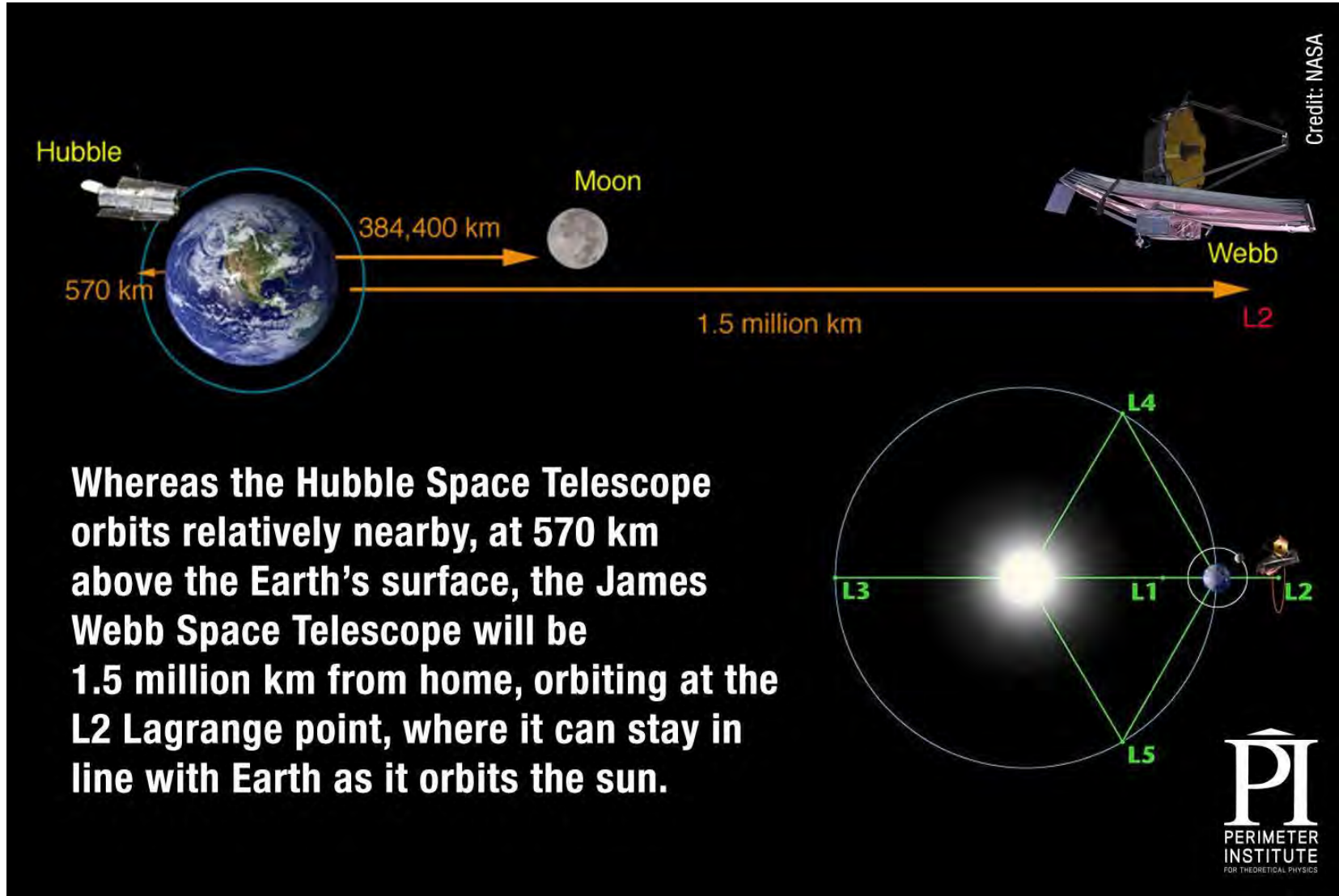
3 февраля 2022 года с помощью телескопа получено первое тестовое изображение.

Летом 2022 года планируется начало научных экспериментов.

Сравнение нового космического телескопа Джеймс Уэбб с космическим телескопом Хаббл



Точка в которой должен быть размещён космический телескоп Джеймс Уэбб



План доклада

1. Тёмная материя.
2. Макроскопическая тёмная материя.
3. Шаровая молния.
4. ХТЯ и странное излучение.
5. Заключение.

Современная научная картина нашего мира

Элементарные частицы стандартной модели



Химические вещества с разными свойствами



Макроскопические объекты, в том числе
биологические объекты и человек



Космические объекты

Объекты «параллельного мира» из тёмной материи

Элементарные частицы тёмной материи



Тёмная материя как непрерывная среда



Космические объекты из тёмной материи



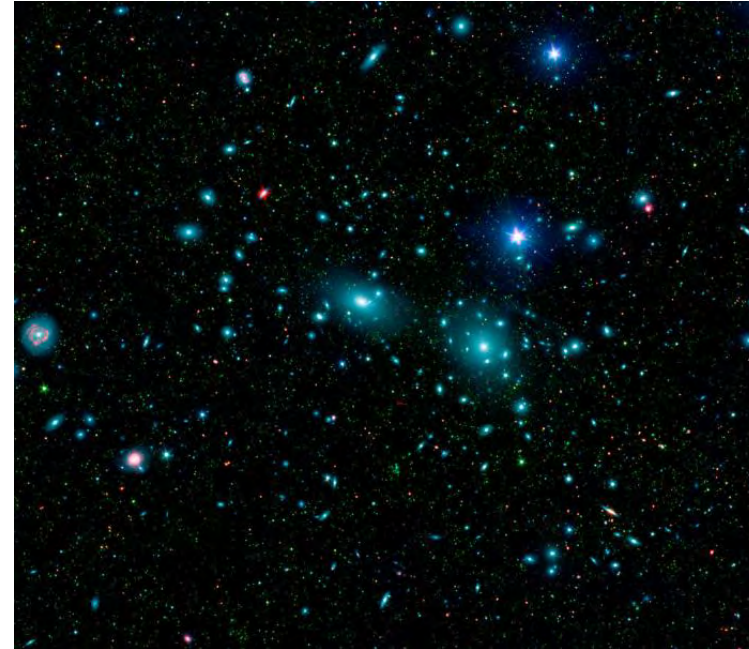
Космологические объекты из тёмной материи

Тёмная материя

Открытие тёмной материи в скоплениях галактик



Фриц Цвикки



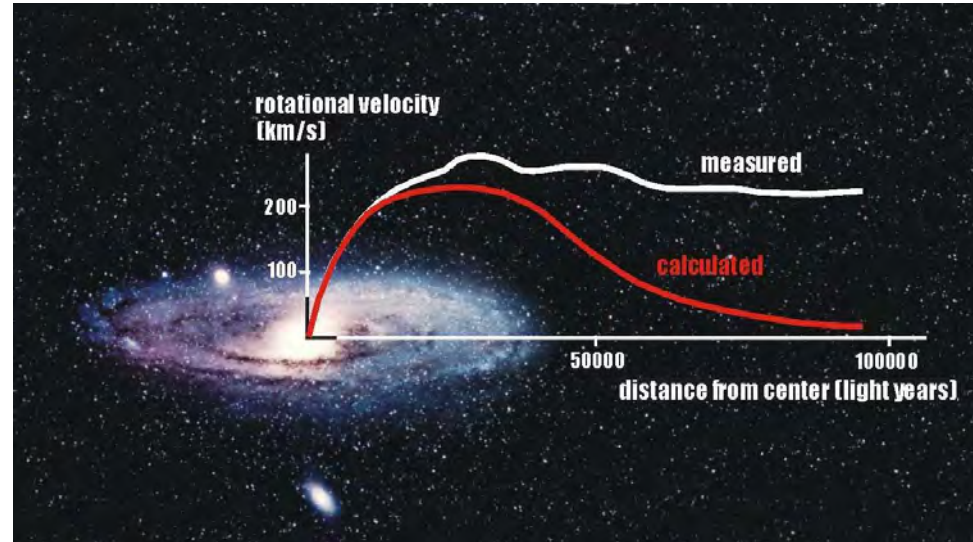
Скопление галактик «Кома»

1933 г. - Ф. Цвикки ввёл понятие тёмной материи для объяснения устойчивости скопления галактик Кома в созвездии Волосы Вероники. Он обнаружил, что для устойчивости этого скопления его полная масса должна быть **в десятки раз** больше, чем масса входящих в него звёзд.

Обнаружение большого количества тёмной материи в галактиках



Вера Рубин



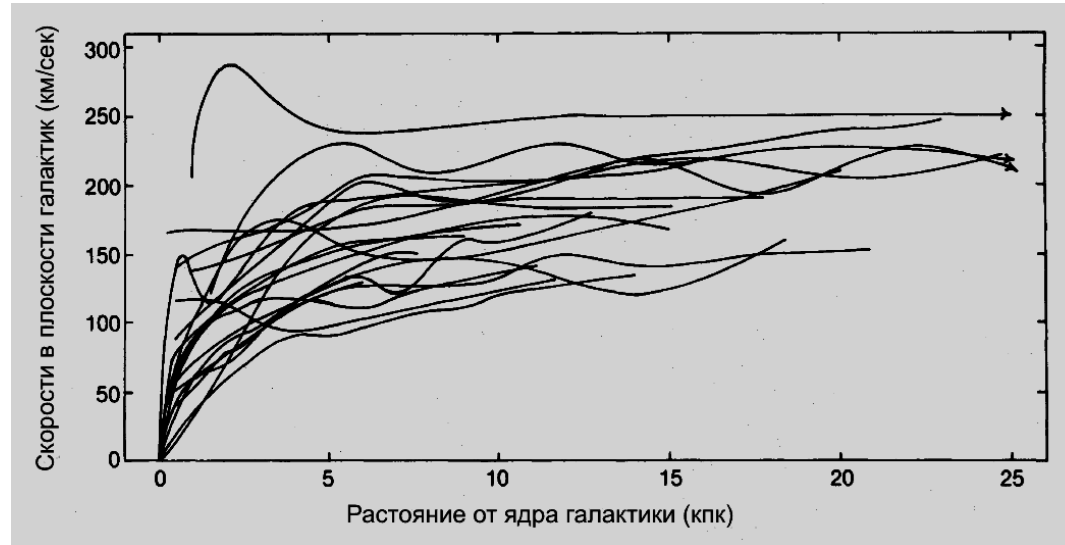
Измеренная и расчётная кривые вращения

1970 г. – **В. Рубин и К. Форд** обнаружили большое количество тёмной материи в галактиках исследуя кривые вращения галактик. Они обнаружили, что полная масса галактик **в несколько раз** больше массы составляющих их звёзд и межзвёздного газа.

Обнаружение большого количества тёмной материи в галактиках



Вера Рубин



Измеренные кривые вращения 21 галактики типа Sc

1970 г. – В. Рубин и К. Форд обнаружили большое количество тёмной материи в галактиках исследуя кривые вращения галактик. Они обнаружили, что полная масса галактик **в несколько раз** больше массы составляющих их звёзд и межзвёздного газа.

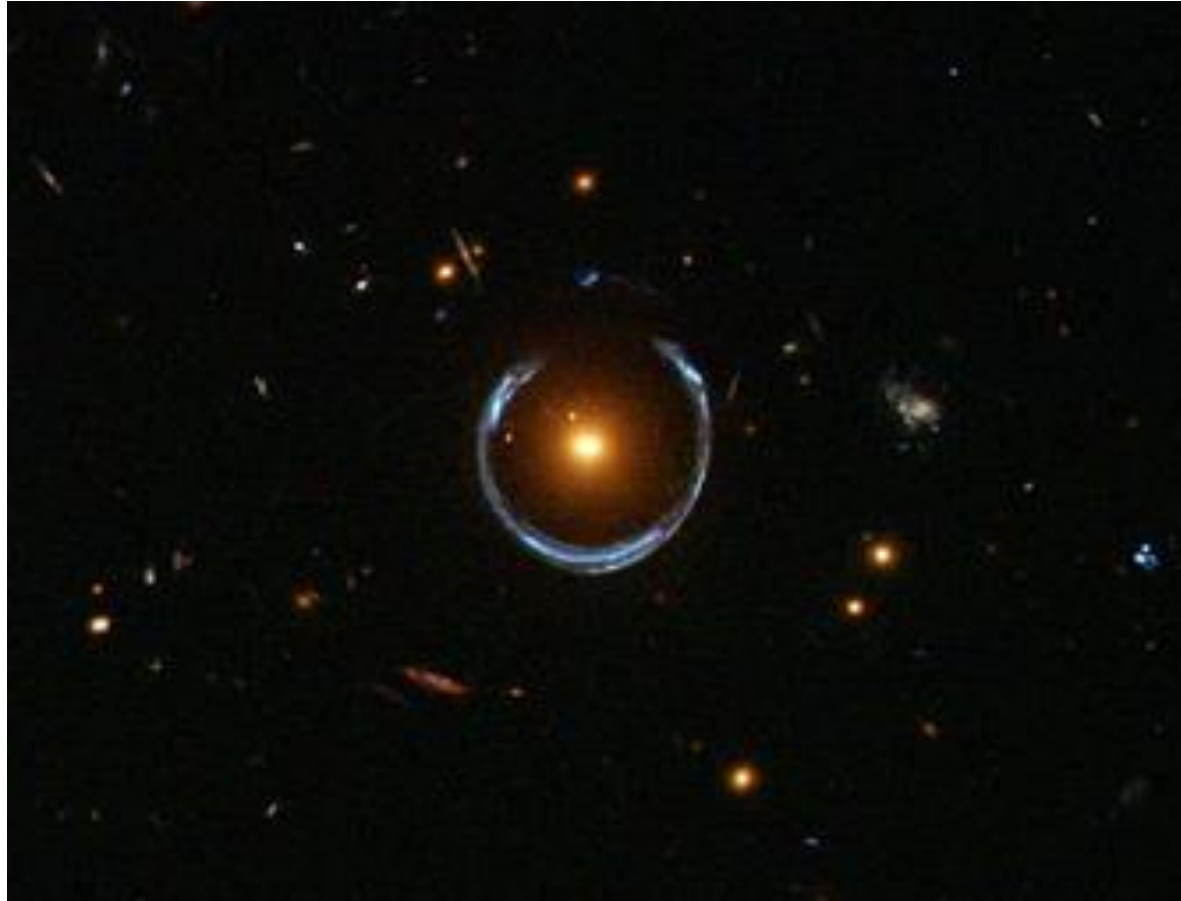
Определение тёмной материи

Тёмная материя – это материя стабильная на масштабах времени существования вселенной, которая взаимодействует гравитационно, но не участвует (или участвует очень слабо) в электромагнитном взаимодействии.

Общая масса тёмной материи во вселенной примерно в 5 раз превосходит массу барионного вещества.

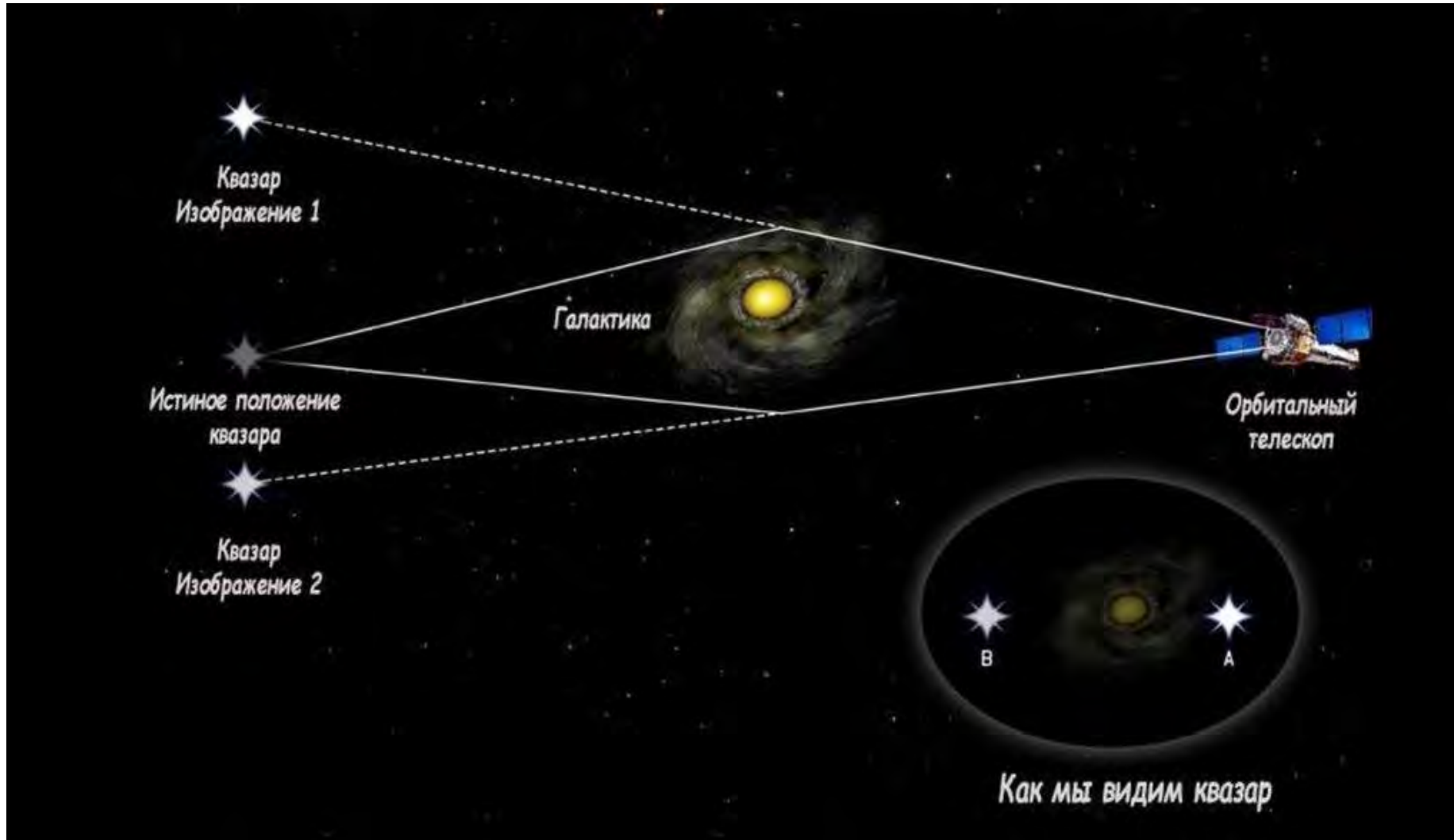
Построение распределения
плотности тёмной материи методом
гравитационного линзирования

Пример сильного гравитационного линзирования



Эффект **сильного гравитационного линзирования**. Рассчитан А. Эйнштейном в 1936 г, обнаружен в 1979 г.

Схема гравитационного линзирования когда удалённый квазар, линзирующая галактика и наблюдатель не находятся на одной прямой



Слабое гравитационное линзирование

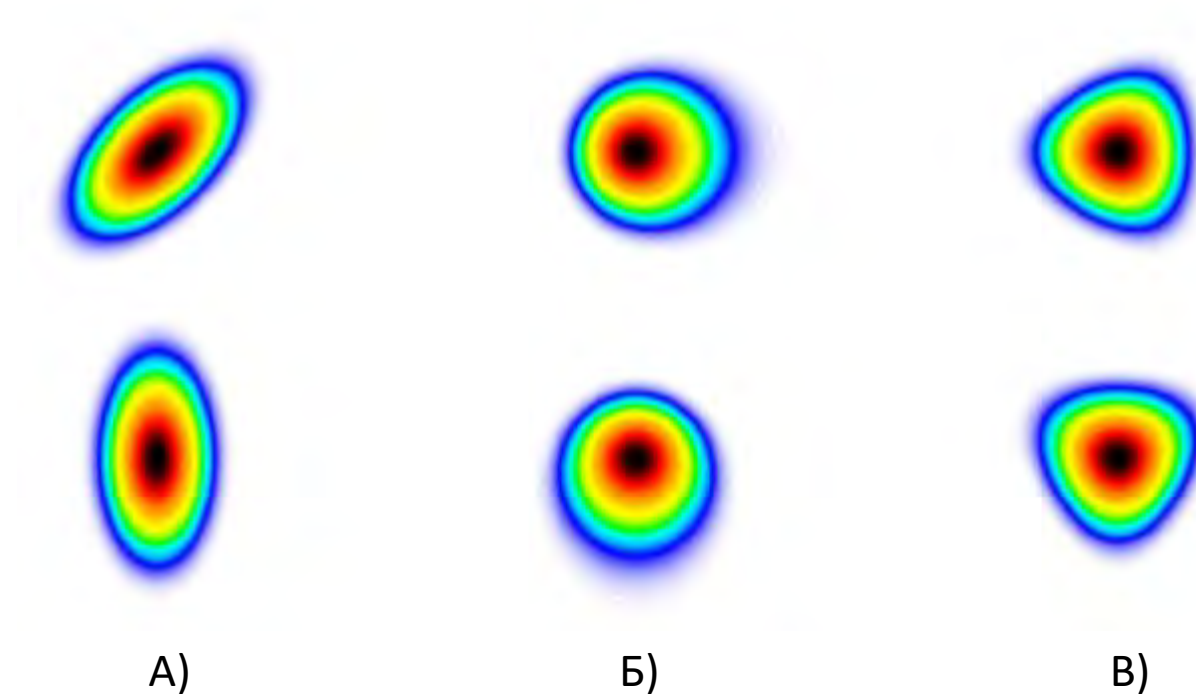
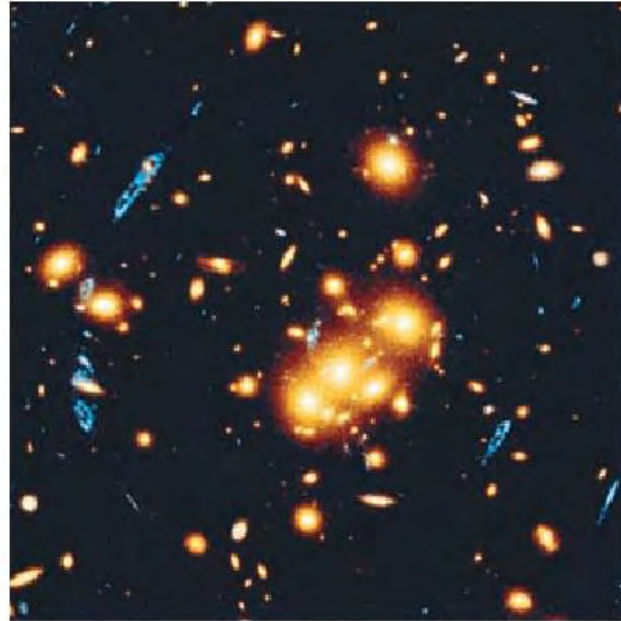


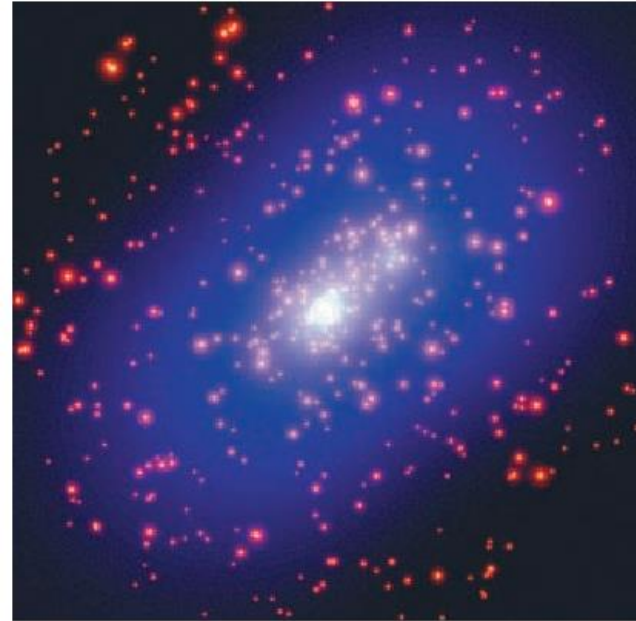
Иллюстрация эффектов **слабого гравитационного линзирования**.

- А) эффект первого порядка - появление вытянутости;
- Б) эффект второго порядка - смещение центра источника;
- В) эффект третьего порядка - треугольная деформация.

Построение распределения тёмной материи методом гравитационного линзирования



а)



б)

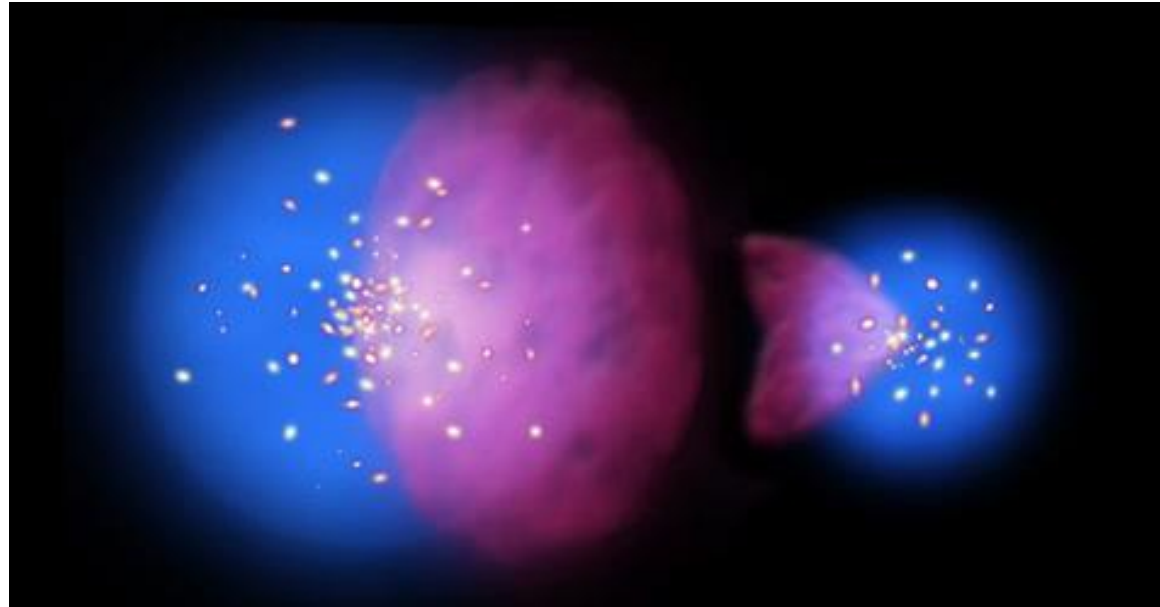
Скопление галактик CL0024 + 1654: а) оптическое изображение скопления, на котором видны искажённые изображения далёких галактик, б) распределение тёмной материи в скоплении – показано голубым цветом.

Скопление галактик 1E 0657-558 Пуля



Скопление галактик Пуля – результат проникающего столкновения двух скоплений галактик. Красный цвет на снимке – облака разогретого межзвёздного газа. Голубой цвет – распределение тёмной материи по данным гравитационного линзирования (получено в 2003 г). 86% массы скопления – тёмная материя.

Схематическое изображение столкновения в скоплении галактик Пуля



Красный цвет на изображении — облака разогретого межзвёздного газа. Голубой цвет — распределение тёмной материи по данным гравитационного линзирования. Яркие точки — галактики.

Отсутствие тёмной материи в центральной зоне говорит об отсутствии взаимодействия облаков тёмной материи при столкновении.

Скопление галактик MACS J0025.4–1222



Скопление галактик MACS J0025.4–1222 - результат проникающего столкновения двух скоплений галактик. Красный цвет на снимке – облака разогретого межзвёздного газа. Голубой цвет – распределение тёмной материи по данным гравитационного линзирования.

Ограничение на сечение взаимодействия объектов тёмной материи из скопления галактик MACS J0025.4–1222



$$\frac{\sigma}{M} < 4 \text{ см}^2/\text{Г}^*,$$

где σ - сечение взаимодействия объектов тёмной материи друг с другом,
 M - масса объектов тёмной материи.

*Блинников С.И. УФН 2014, Т187, №2, с. 194-199.

Тёмная материя в космологических моделях

Этапы становления стандартной космологической модели (Λ CDM модель)

1922 г. А. А. Фридман – создание модели расширяющейся Вселенной

1929 г. Э. Хаббл – **открытие космологического красного смещения**

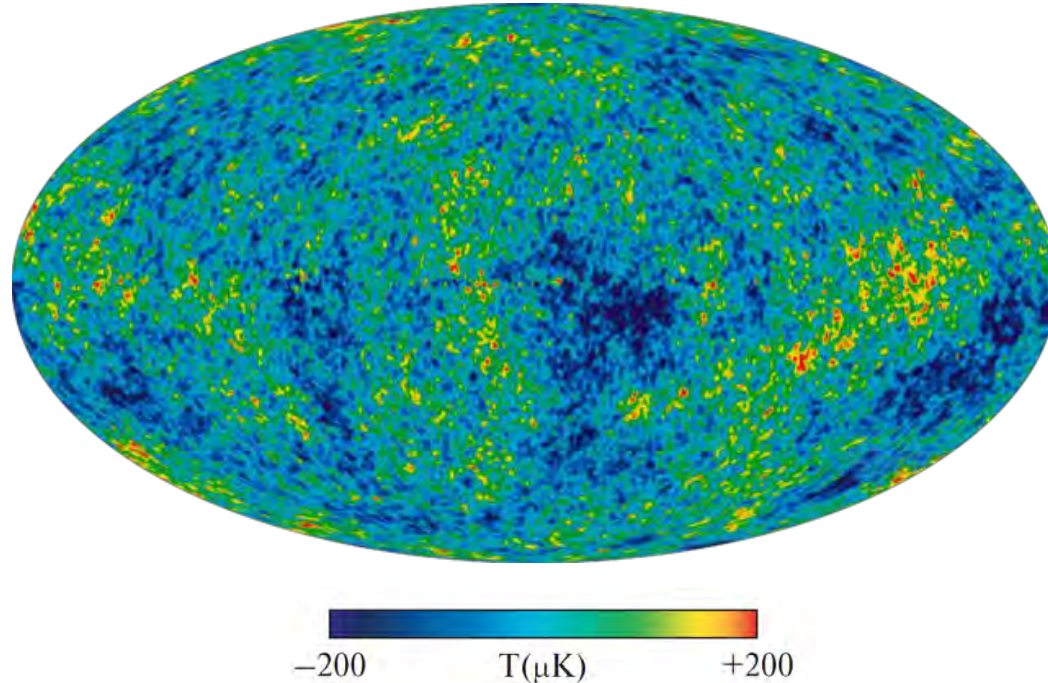
1947 г. Г. А. Гамов – создание модели горячей Вселенной

1965 г. А. Пензиас и Р. Вильсон – открытие реликтового излучения

1992 г. Дж. Смут и Дж. Мазер - **открытие анизотропии реликтового излучения**

1998 г. С. Перлмуттер, Б. Шмидт и А. Рисс – открытие ускорения расширения Вселенной

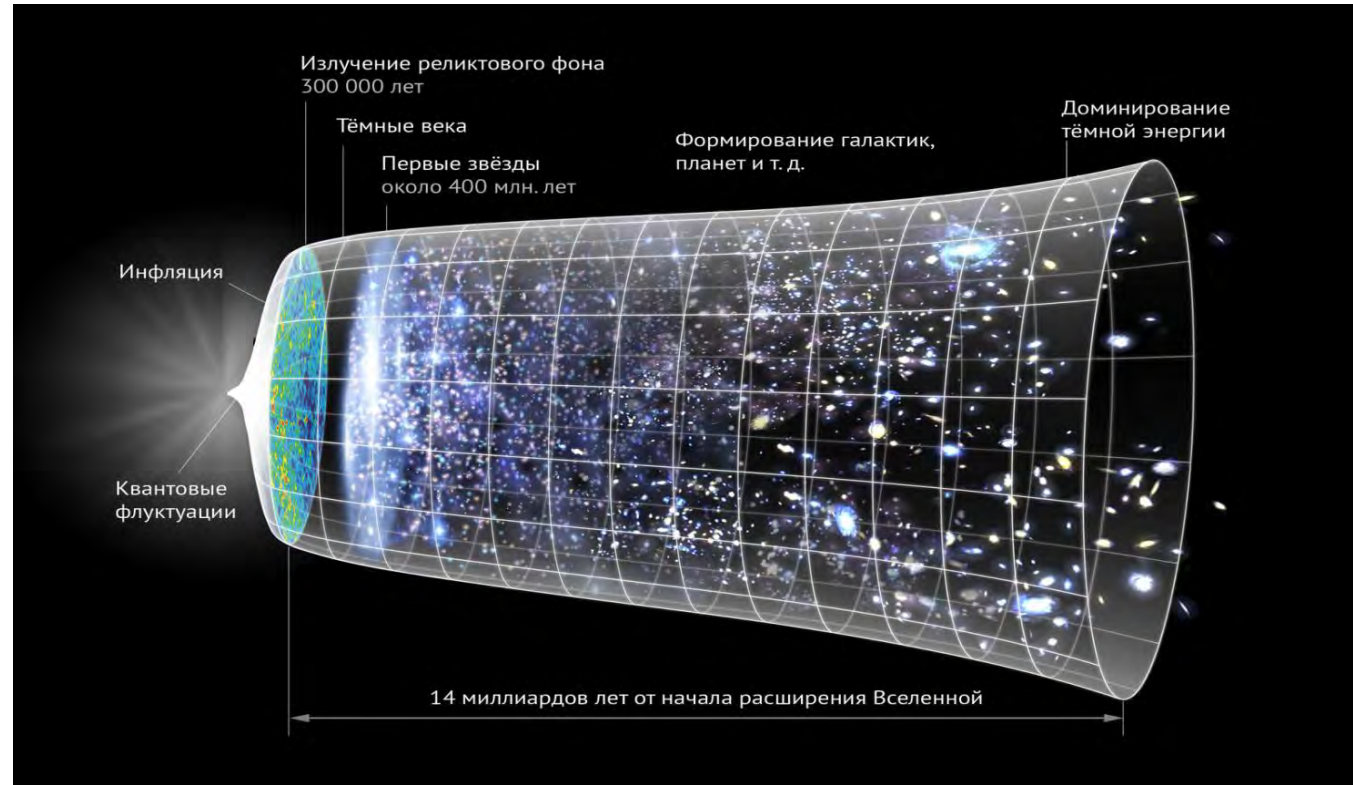
Анизотропия реликтового излучения и стандартная космологическая модель



Карта анизотропии реликтового излучения по данным спутника WMAP 2009 г. $T=2,725$ К

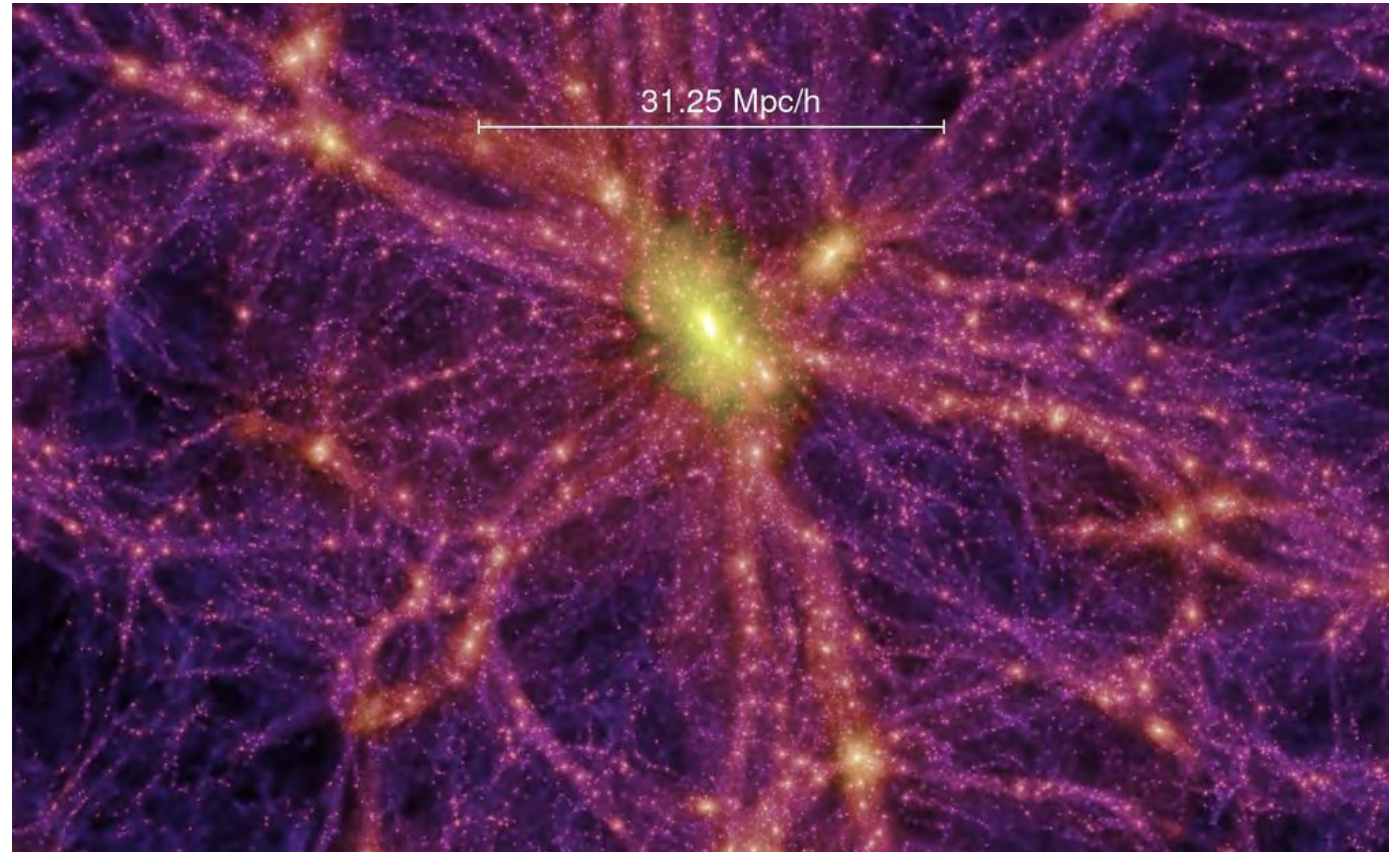
Из данных по анизотропии реликтового излучения следует, что **неоднородности в распределении барионного вещества ранней Вселенной**, существующие в эпоху рекомбинации, в период образования реликтового излучения, составляли $10^{-4} \div 10^{-5}$. К настоящему времени в модели с доминирующей барионной материей они должны были возрасти как масштабный фактор, то есть, в 10^3 раз и **достигнуть уровня $10^{-1} \div 10^{-2}$** . Однако, для образования галактик, скоплений галактик и наблюдаемой крупномасштабной структуры Вселенной неоднородности должны быть ~ 1 .

Роль тёмной материи в стандартной космологической модели



Таким образом, для образования галактик, скоплений галактик и наблюдаемой крупномасштабной структуры Вселенной неоднородности должны быть в $10 \div 100$ раз больше, чем предсказывает модель в которой доминирует барионная материя. **В тёмной материи неоднородности начинают развиваться раньше** из-за отсутствия взаимодействия тёмной материи с излучением. И в эпоху рекомбинации они уже в $10 \div 100$ раз больше, чем неоднородности в барионной материи. **Поэтому галактики, скопления галактик и крупномасштабная структура Вселенной формируются именно из тёмной материи**, а барионная материя затягивается в них гравитационными силами.

Пример компьютерного моделирования на основе Λ CDM модели



Модель Миллениум (2005 г) фрагмент крупномасштабной структуры вселенной.
Цветом показано распределение тёмной материи.

Доказательства существования тёмной материи*

- 1. Скорости вращения облаков газа или галактик спутников вокруг большой галактики не уменьшаются при удалении от светящегося центра, а выходят на постоянный уровень.** Это указывает на то, что вокруг центра галактики имеется невидимое вещество, плотность которого убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до центра галактики.
- 2. Определение полной массы скоплений по гравитационному линзированию** показывает, что невидимого вещества в скоплениях примерно в 5 раз больше, чем видимого.
- 3. Равновесие горячего газа в галактических кластерах** требует примерно в 5 раз больше вещества, чем непосредственно наблюдается.
- 4. Результаты количественного анализа формирования крупномасштабной структуры** также требуют доминирующей роли тёмной материи.
- 5. Данные анализа флуктуаций температуры микроволнового фона** указывают на невозможность развития наблюдаемых неоднородностей в настоящее время без доминирующего влияния тёмной материи во вселенной.

*А.Д. Долгов УФН 2014 Т. 184, № 2, с. 211-221.

Природа тёмной материи

1. Тёмная материя как поток частиц

Стандартная модель физики элементарных частиц

масса→	$\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ ГэВ}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$
заряд→	$2/3$	$2/3$	$2/3$	0	0
спин→	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	0
	u верхний	c очарованный	t истинный	g глюон	H бозон Хиггса
КВАРКИ	$\approx 4.8 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 95 \text{ МэВ}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ ГэВ}/c^2$	0	
	$-1/3$	$-1/3$	$-1/3$	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	d нижний	s странный	b прелестный	γ фотон	
	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ МэВ}/c^2$	$1.777 \text{ ГэВ}/c^2$	$91.2 \text{ ГэВ}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	e электрон	μ мюон	τ тау	Z Z бозон	
ЛЕПТОНЫ	$< 2.2 \text{ эВ}/c^2$	$< 0.17 \text{ МэВ}/c^2$	$< 15.5 \text{ МэВ}/c^2$	$80.4 \text{ ГэВ}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	ν_e электронное нейтрино	ν_μ мюонное нейтрино	ν_τ тау нейтрино	W W бозон	
				КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ	

Стандартная модель физики элементарных частиц **не содержит частиц** из которых могла бы состоять тёмная материя.

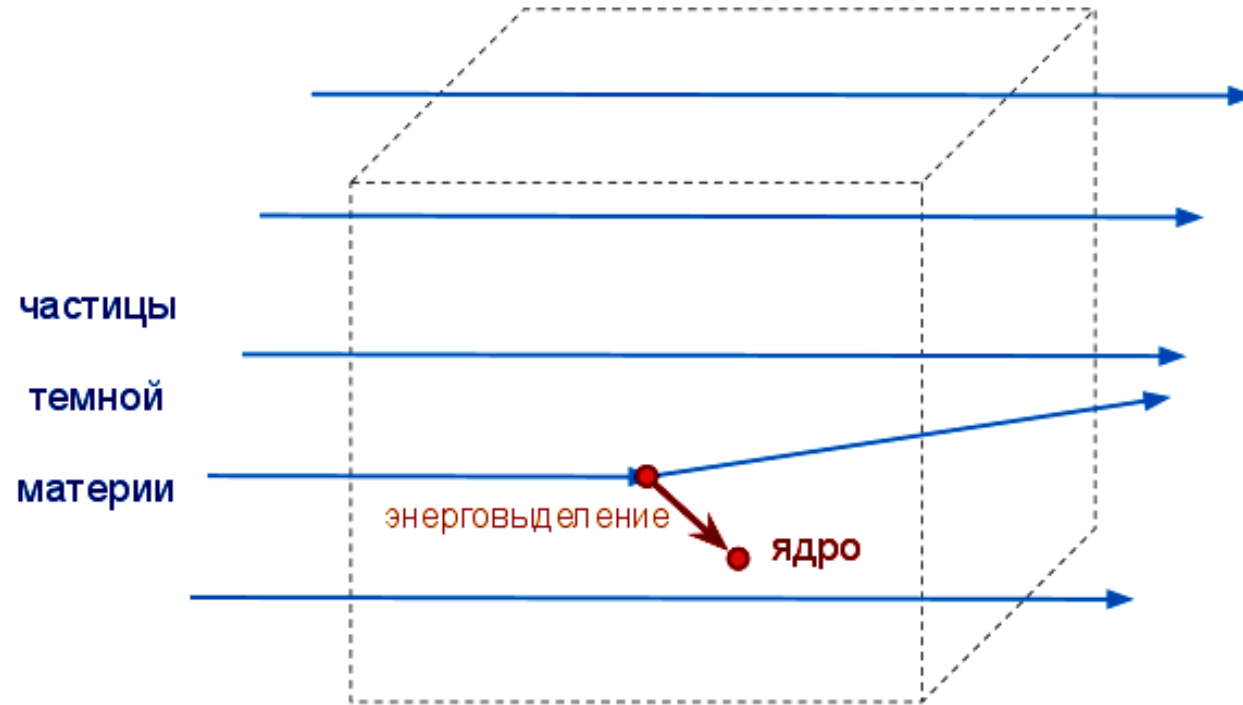
Наиболее известные кандидаты на роль частиц тёмной материи*

Частицы	Масса
Аксионы	10^{-5} эВ
Стерильные нейтрино	10 кэВ
Зеркальные частицы	1 ГэВ
WIMP	100 ГэВ
Сверхмассивные частицы	10^{13} ГэВ
Монополи, дефекты	10^{19} ГэВ

Самый популярный кандидат →

*В.Н. Лукаш, Е.В. Михеева УФН 2007, Т.177, №9, с. 1023-1028.

Схема поиска WIMP частиц в экспериментах в подземных лабораториях



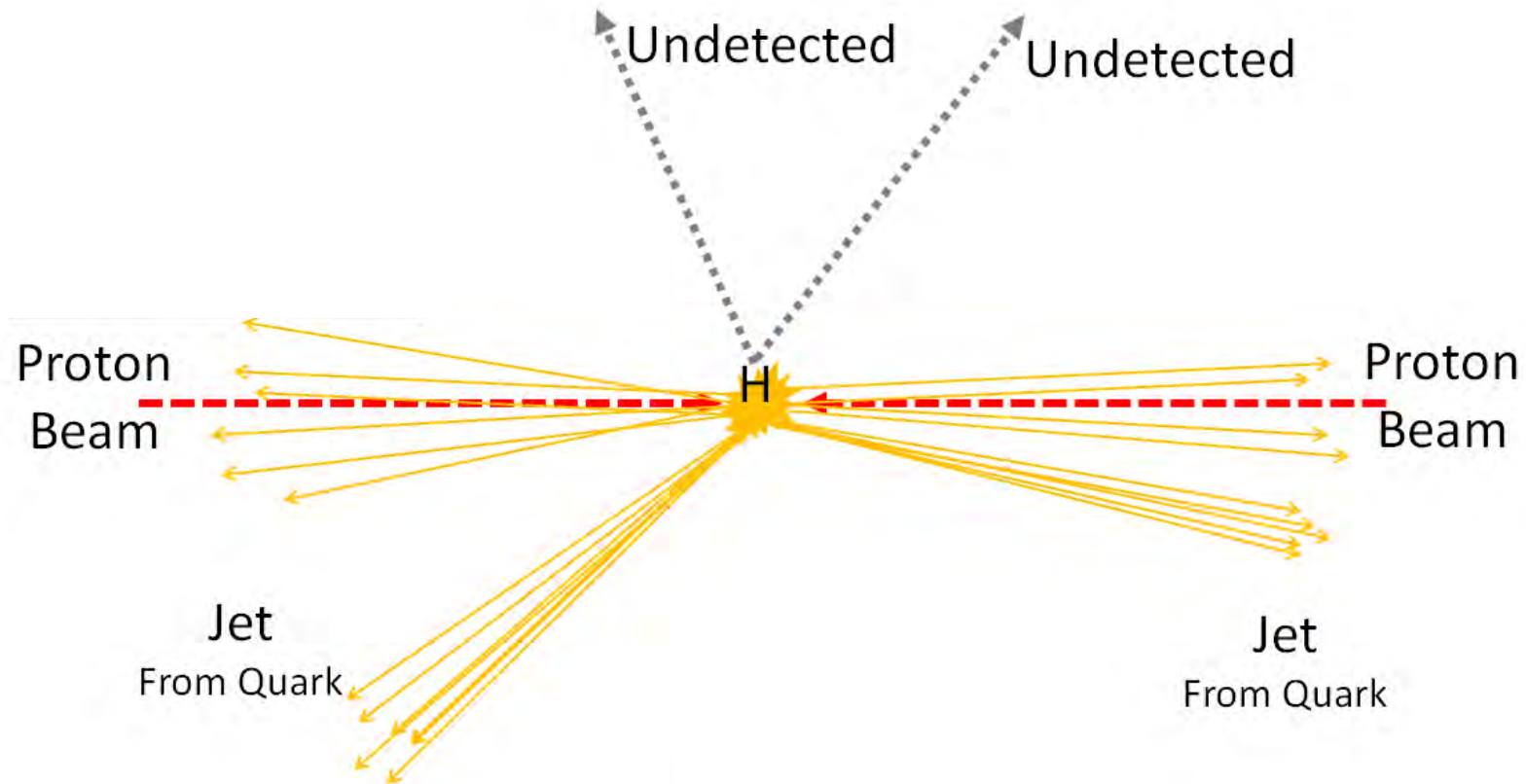
Поиск частиц тёмной материи по энерговывделению в веществе мишени при столкновении с частицей тёмной материи.

Экспериментальные установки по поиску частиц тёмной материи (преимущественно WIMP)



Расположение установок по поиску частиц тёмной материи по состоянию на 2013 г.
Жёлтым цветом – названия лабораторий, белым цветом – названия установок.

Схема поиска частиц тёмной материи в экспериментах на коллайдерах



Поиск частиц тёмной материи по недостающему поперечному импульсу.

Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе – основное место поисков частиц тёмной материи

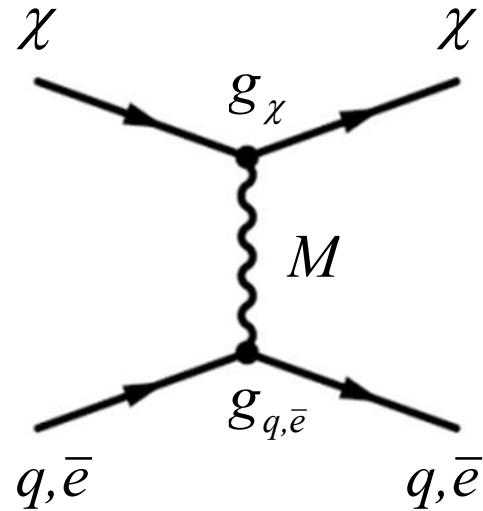
В настоящее время в экспериментах на коллайдерах активно ведутся поиски как частиц тёмной материи, так и **нового типа взаимодействия**, которое может обеспечивать **связь между барионной и тёмной материей**.



Существует даже установленный термин: **тёмный фотон** (введён в 2008 г) для векторной частицы – переносчика такого взаимодействия.

Пример такого эксперимента - эксперимент NA64 по поиску тёмных фотонов на ускорителе SPS в ЦЕРНе (2017г).

Фейнмановская диаграмма взаимодействия частицы тёмной материи с частицей обычной материи

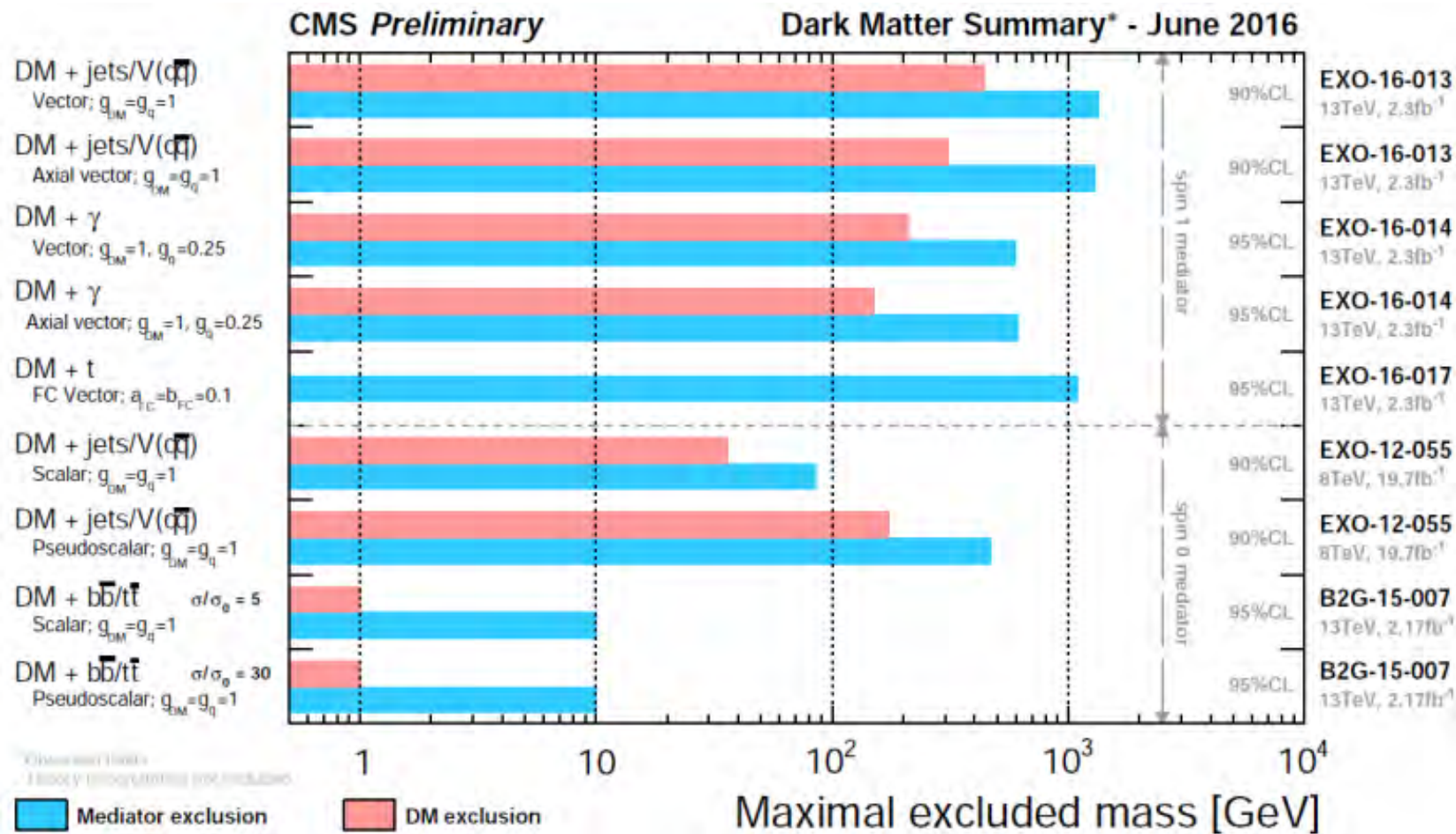


где χ – частица тёмной материи,

q, \bar{e} - частица обычной материи: кварк или электрон,

M – частица медиатор, которая обеспечивает связь между тёмной и обычной материей.

Экспериментальные ограничения на параметры тёмной материи в различных каналах поиска



По состоянию на сегодняшний день: несмотря на огромные усилия и огромные затраченные средства за более чем 20 лет поисков частицы тёмной материи не обнаружены.

Являются ли различные объекты рассматриваемые исследователями ХТЯ тёмной материей?

1. Холодные нейтрино (Пархомов А.Г.)
2. Монополи (Уруцкоев Л.И.)
3. Эрзионы (Бажутов Ю.Н.)
4. Гидрино (Миллс Р.)
5. Тёмный водород (Зателепин В.Н.)
6. Флюксы (Родионов Б.У.)
7. Связанная материя (Чистолинов А.В.)
8. Странное излучение (Уруцкоев и др.)

Являются ли различные объекты рассматриваемые исследователями ХТЯ тёмной материей?

1. Холодные нейтрино (Пархомов А.Г.) - да
2. Монополи (Уруцкоев Л.И.) - ?
3. Эрзионы (Бажутов Ю.Н.) - нет
4. Гидрино (Миллс Р.) - нет
5. Тёмный водород (Зателепин В.Н.) - нет
6. Флюксы (Родионов Б.У.) - нет
7. Связанная материя (Чистолинов А.В.) - да
8. Странное излучение (Уруцкоев и др.) - ?

2. Макроскопическая тёмная материя

Первая теория макроскопической тёмной материи или тёмной материи в конденсированной фазе

Первая теория макроскопической тёмной материи - **теория зеркальной материи** - была создана И. Ю. Кобзарёвым, Л.Б. Окунем и И.Я. Померанчуком в 1966 г*. Мотивом создания этой теории было восстановление CP-симметрии.

В этой теории впервые была рассмотрена возможность существования тёмной материи в конденсированной фазе.

В настоящее время эта теория продолжает рассматриваться как один из кандидатов на роль теории тёмной материи.**

*Кобзарёв И.Ю., Окунь Л.Б., Померанчук И.Я. ЯФ 1966, 3, 1154.

**Блинников С.И. УФН 2014, Т184, №2, с. 194-199.

Введение понятия макроскопической тёмной материи как обобщения широкого класса моделей тёмной материи

«Есть две возможности относительно природы темной материи: (I) она по своей природе слабо взаимодействует или (II) **она эффективно слабо взаимодействует, потому что объекты из которых она состоит массивны и, следовательно, имеют гораздо меньшую концентрацию.** Частота столкновений объектов темной материи с барионами пропорциональна $\Gamma \sim n_X \sigma_X v$ (произведению концентрации объектов тёмной материи, сечения взаимодействия и характеристической скорости).

Поскольку концентрация объектов тёмной материи равна $n_X = \rho_X / M_X$ (отношению средней плотности тёмной материи к массе объектов тёмной материи), а ρ_X фиксирована для любого сценария темной материи, частота столкновений пропорциональна σ_X / M_X , эту величину мы будем называть **приведённым сечением**. Обычно считается, что темная материя слабо взаимодействует с барионным веществом потому, что σ_X мало; это возможность (I). Но **в равной степени тёмная материя может эффективно слабо взаимодействовать с барионным веществом, если M_X очень велико;** это случай (II), и это то, что нас интересует в данной работе.»*

*D. M. Jacobs, G. D. Starkman and B. W. Lynn Macro dark matter MNRAS **450**, 3418–3430 (2015).

Введение понятия макроскопической тёмной материи как обобщения широкого класса моделей тёмной материи

«Хотя конкретные теории имеют свою привлекательность, мы считаем разумным попытаться понять феноменологию общего класса моделей, в которых темная материя сильно взаимодействует сама с собой и с обычной материей; другими словами, вероятность её взаимодействия определяется преимущественно геометрией и кинематикой. Существующие ограничения для сильно взаимодействующей темной материи покрывают большие области пространства параметров, что побудило нас рассмотреть массивных кандидатов с радиусом R_X , намного большим любой микроскопической шкалы длины, например, Комптоновской длины волны электрона или радиуса Бора.

Тогда мы можем игнорировать любые квантово-механические аспекты рассеяния, и любое короткодействующее взаимодействие будет просто закодировано в геометрическом поперечном сечении тёмной материи $\sigma_X = \pi R_X^2$. Как правило, для этих типов моделей эффективное поперечное сечение и масса лучше всего выражаются в квадратных сантиметрах и граммах соответственно. Мы назвали такую тёмную материю **макроскопической темной материей**, а объекты из такой тёмной материи **макросами**.»*

*D. M. Jacobs, G. D. Starkman and B. W. Lynn Macro dark matter MNRAS **450**, 3418–3430 (2015).

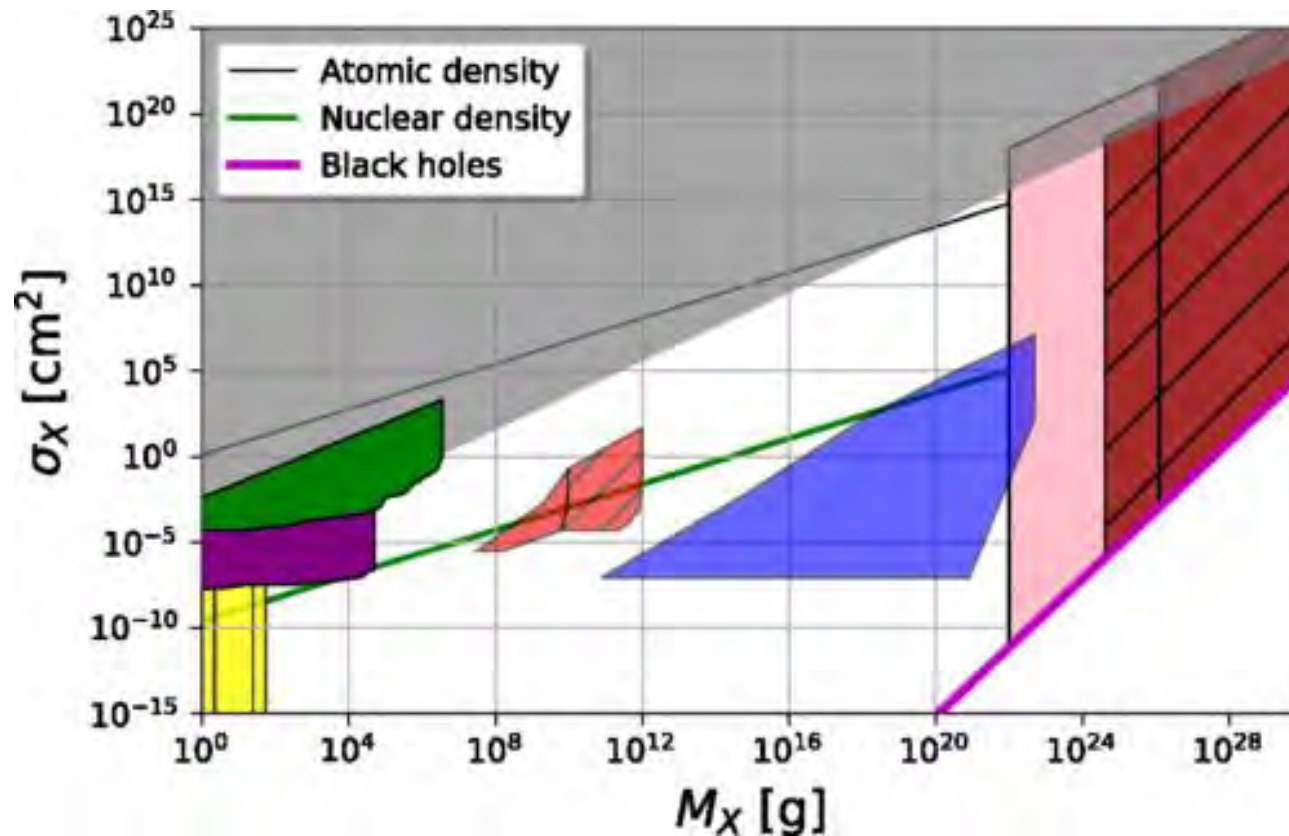
Частота соударения объектов тёмной материи с Землёй

«Учитывая, что локальная плотность темной материи составляет около $7 \times 10^{-25} \text{ г/см}^3$ (Берингер и др. 2012 г.), а характерная скорость темной материи составляет около $10^{-3} c$, **объекты темной материи с массой порядка 10^{18} г** (масса астероида из обычной материи диаметром около 10 км) **будут падать на Землю примерно раз в миллиард лет.** При меньших массах частота будет выше, но природа тёмной материи имеет большое значение в отношении того, будут ли такие события наблюдаться людьми или остались ли какие-то исторические записи, которые могут быть обнаружены.»*

Согласно оценке авторов* **частота столкновения объектов макроскопической тёмной материи с Землёй равна $\Gamma [\text{год}^{-1}] = 6,9 \times 10^8 / M_X [\text{г}]$** , где M_X - масса объектов тёмной материи.

*D. M. Jacobs, G. D. Starkman and B. W. Lynn Macro dark matter MNRAS **450**, 3418–3430 (2015).

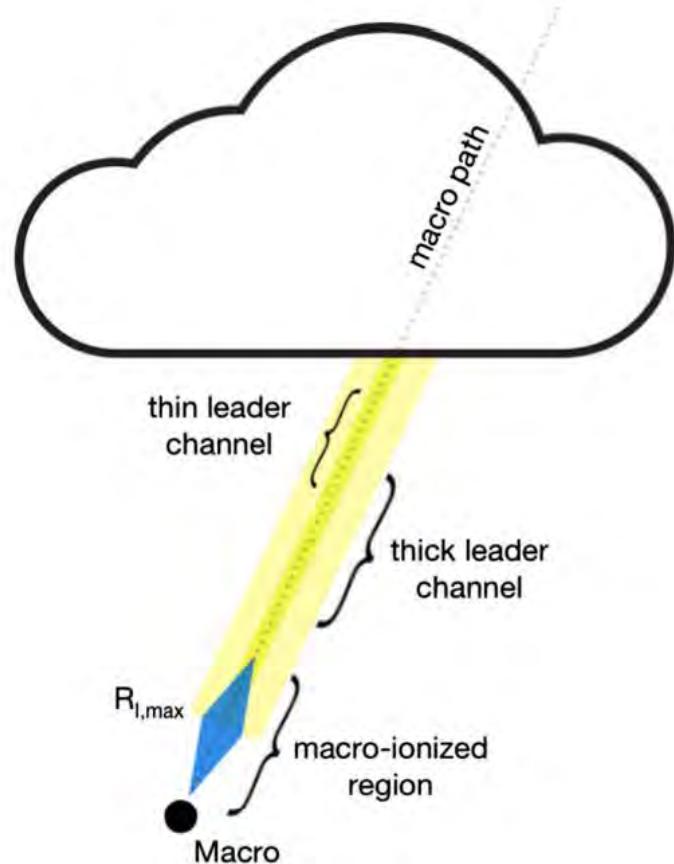
Ограничения на сечение и массу макросов



«Объекты в области в правом нижнем углу исключаются, так как они были бы плотнее черных дыр. Серая область исключена из-за отсутствия влияния на неоднородности в ранней вселенной; желтая **из-за отсутствия следов на древней слюде**; красная из-за отсутствия сверхвыпешек нейтронных звезд; голубая из-за отсутствия превращения белых карликов в сверхновые; фиолетовая из-за **отсутствия человеческих травм или смертей**; зеленая из-за **отсутствия быстро движущихся болидов**; темно-бордовая из-за отсутствия событий микролинзирования в направлении Большого Магелланова облака и центра нашей Галактики; розовая из-за отсутствия событий микролинзирования в направлении галактики M31.»*

*J. S. Sidhu and G. D. Starkman Phys. Rev. D **101**, 083503 (2020).

Возможность создания линейного ионизационного канала макросом



«При прохождении достаточно большого макроса через атмосферу образуется **прямой канал ионизированной плазмы**. Если сечение макроса $\sigma_x \gtrsim 6 \times 10^{-9} \text{ см}^2$, то при атмосферных условиях, способствующих возникновению молнии (например, гроза), плазменного канала будет достаточно для того, чтобы инициировать удар молнии.

Эта макроиндуцированная **молния была бы чрезвычайно прямой и, следовательно, очень заметной**. Ни ветер, ни магнитогидродинамические неустойчивости существенно не испортили бы её прямолинейность.

Мы оцениваем область пространства макропараметров, которую можно исследовать путем поиска прямых молний, исходя из количества гроз, происходящих на Земле. Мы также оцениваем пространство параметров, которое можно исследовать, внимательно наблюдая за Юпитером, например, используя зонд Юпитера.»*

*N. Starkman, H. Winch, J. S. Sidhu and G. Starkman Phys. Rev. D **103**, 063024 (2021).

Что произойдёт с макросом если пролетев некоторый путь в атмосфере Земли он остановится.

1. Если плотность вещества макроса много больше плотности воздуха, то после торможения он продолжит падение под действием гравитации Земли, достигнет её поверхности, и продолжит падение к центру со скоростью которая будет определяться балансом между силой тяжести и силой трения между веществом макроса и горной породой.
2. Если плотность вещества макроса меньше, либо порядка плотности воздуха, то после торможения он может остаться висеть в воздухе, возможно медленно опускаясь или двигаясь вместе с воздушными потоками.

При этом **вещество макроса после торможения в атмосфере будет очень горячим**, так как значительная часть кинетической энергии макроса превратится в его тепловую энергию.

Поскольку материя макроса не может испускать электромагнитного излучения и сравнительно слабо взаимодействует с атомарным веществом **макрос медленно отдаёт тепловую энергию атомарному веществу и будет оставаться горячим длительное время.**

Слабое взаимодействие с атомарным веществом будет приводить также к тому, что воздух в объёме макроса будет слабо нагреваться, однако, **из-за высокой температуры макроса возможна ионизация и возбуждение молекул воздуха в объёме макроса.**

Последнее может приводить к электромагнитному излучению в том числе в оптическом диапазоне по которому такой макрос может быть обнаружен.

Светящийся шарик плавающий в воздухе или шаровая молния как часто такое явление наблюдается очевидцами (данные американских опросов 1966 г)

1. **Рейл 1966 г.**, опрос в НАСА: из **1764** опрошенных видели шаровую молнию **180** человек, что составляет **10%** .
2. **Мак-Нелли 1966 г.**, узкий опрос в Ок-Ридже: из **1962** опрошенных видели шаровую молнию **110** человек, что составляет **6%**.
3. **Мак-Нелли 1966 г.**, расширенный опрос в Ок-Ридже: из **15923** опрошенных видели шаровую молнию **513** человек, что составляет **3%**.

Итого, согласно данным обоих опросов, из **17687** опрошенных видели шаровую молнию **693** человека, что составляет **4%**.

То есть, согласно этим опросам около **4%** людей взрослого возраста (или один из каждых двадцати пяти человек) видели шаровую молнию хотя бы раз в жизни.

Аргументы в пользу того, что шаровая молния является макросом:

1. Прохождение шаровой молнии сквозь стекло без его разрушения



Схема движения шаровой молнии в помещении*
1- розетка, 2- телевизионная антенна.

Впервые прохождение шаровой молнии сквозь стекло без его разрушения описано в книге **В.Бранда** «Шаровая молния» в **1923 г.**

По данным **А.И. Григорьева (2010 г.)** из **5315** собранных им случаев наблюдения шаровой молнии в **42** случаях отмечалось прохождение шаровой молнии сквозь стекло без его разрушения и только в **26** случаях было отмечено прохождение шаровой молнии через сделанное ей отверстие в стекле.**

*Bychkov V.L., Nikitin A.I. and others. Ball lightning passage through a glass without breaking it. // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 150(2016) 69-76.

** Григорьев А.И. Шаровая молния. Ярославль. ЯрГУ. 2010.

2. Объёмный характер взаимодействия шаровой молнии с плотным веществом в частности с древесиной и грунтом



Пудовкин А.К. Шаровая молния в
Новосибирском Академгородке //
УФН 1996. Т. 166. № 11 С. 1253-1254.

**Фрагмент
переплавленного грунта
после контакта с ШМ**



Дмитриев М.Т. и др.
// ЖТФ 1981. Т12
с.2567-2572

Необходимые и достаточные условия длительной левитации макроса в воздухе

1. **Плотность вещества** макроса меньше, либо порядка плотности воздуха.
2. **Медиаторные силы** взаимодействия материи макроса с воздухом много больше гравитационных (1):

$$\frac{F_M}{F_{гр.}} \gg 1 \quad (1)$$

где F_M - короткодействующая сила взаимодействия связанной материи с атомарной (сила медиатор), действующая на единицу объёма связанной материи,

$F_{гр.}$ - гравитационная сила, действующая на единицу объёма связанной материи.

3. Связанная макроскопическая
тёмная материя
(tied macroscopic dark matter)

Определение связанной макроскопической тёмной материи (СМТМ)

Будем называть макроскопическую тёмную материю связанной, если короткодействующие силы взаимодействия этой материи с атомарным веществом много больше гравитационных (1):

$$\frac{F_M}{F_{гр.}} \gg 1 \quad (1)$$

где F_M - короткодействующая сила взаимодействия связанной материи с атомарной (сила медиатор), действующая на единицу объёма связанной материи,
 $F_{гр.}$ - гравитационная сила, действующая на единицу объёма связанной материи.

$$F_M = \frac{dE_M}{dx} = \frac{d(\bar{\gamma} n_v)}{dx} = \bar{\gamma} \frac{dn_v}{dx} \quad (2)$$

Где E_M - энергия связи связанной материи с плотным атомарным веществом на единицу объёма связанной материи, обусловленная действием силы медиатора,
 n_v - концентрация молекул атомарного вещества (в частности воздуха),
 $\bar{\gamma}$ - энергия связи (посредством поля медиатора) связанной материи и атомарного вещества в расчёте на одну молекулу атомарного вещества.

Характерный градиент концентрации воздуха вблизи поверхности Земли

Из-за наличия силы тяжести плотность воздуха меняется с высотой.

Барометрическая формула для воздуха вблизи поверхности Земли (3):

$$\frac{n_{\epsilon}}{n_{\epsilon 0}} = e^{\frac{mg}{kT_a}(x-x_0)} \quad (3)$$

где x - координата по вертикальной оси,

m - масса молекулы воздуха,

T_a - температура воздуха.

Из (3) можно получить **градиент концентрации молекул воздуха вблизи поверхности Земли (4):**

$$\frac{dn_{\epsilon}}{dx} = \frac{\rho_{\epsilon} g}{kT_a} \quad (4)$$

где ρ_{ϵ} - плотность воздуха.

Подставляя значение градиента концентрации (4) в (2) находим (5):

Критерий связанности макроскопической тёмной материи и атомарного вещества

$$F_M = \bar{\gamma} \frac{dn_\epsilon}{dx} = \bar{\gamma} \frac{\rho_\epsilon g}{kT_a} \quad (5)$$

$$F_{zp.} = \rho g \quad (6)$$

где ρ - плотность СМТМ.

Подставляя (5) и (6) в критерий связанности материи (1) получаем (7):

$$\frac{F_M}{F_{zp.}} = \frac{\rho_\epsilon}{\rho} \frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \gg 1 \quad (7)$$

Откуда следует (8):

$$\boxed{\frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \gg \frac{\rho}{\rho_\epsilon}} \quad (8)$$

Ограничение сверху на энергию связи СМТМ с атомарной материей

Исходя из распределения Больцмана находим соотношение концентраций молекул воздуха вблизи границы связанной материи:

$$\frac{n_{\epsilon 2}}{n_{\epsilon 1}} = e^{\frac{\bar{\gamma}}{kT_a}} \quad (9)$$

Исходя из того, что граница связанной материи в воздухе визуально не наблюдается находим:

$$1 \gg \frac{n_{\epsilon 2} - n_{\epsilon 1}}{n_{\epsilon 1}} \approx \frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \quad (10)$$

Откуда следует (11):

$$\boxed{1 \gg \frac{\bar{\gamma}}{kT_a}} \quad (11)$$

Ограничение на энергию связи СМТМ с атомарной материей и плотность СМТМ

Объединяя выражения (11) и (8) получаем (12):

$$1 \gg \frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \gg \frac{\rho}{\rho_v} \quad (12)$$

Ограничение на энергию связи СМТМ с атомарной материей и плотность СМТМ

Из (12) с учётом астрофизических ограничений получаем (14):

$$1 \gg \frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \gg \frac{\rho}{\rho_v} \gg 10^{-7} \quad (14)$$

Ограничение на энергию связи СМТМ с атомарной материей и плотность СМТМ

Из (12) с учётом астрофизических ограничений получаем (14):

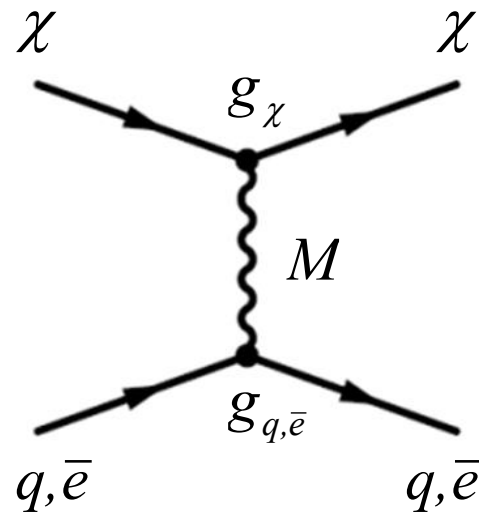
$$1 \gg \frac{\bar{\gamma}}{kT_a} \gg \frac{\rho}{\rho_v} \gg 10^{-7} \quad (14)$$

Условие ненаблюдаемости
границы связанной
материи в воздухе

Условие связанности с
воздухом при атм.
давлении

Условие накладываемое на
связанную материю
астрофизическими
ограничениями

Согласование модели связанной материи с ускорительными экспериментами



$$U = -K_M \frac{e^{-r/R}}{r} \quad (15)$$

Энергия взаимодействия
соответствующая этой
диаграмме

Рассмотрим модельное взаимодействие частицы барионной материи и частицы связанной материи (частицы СМТМ), которое описывается единственной фейнмановской диаграммой, изображённой на рисунке. В общем случае такое взаимодействие описывается потенциалом Юкавы (15).

Согласование модели связанной материи с ускорительными экспериментами

Энергия взаимодействия одной частицы барионной материи с одной частицей СМТМ:

$$U = -K_M \frac{e^{-r/R}}{r} \quad (15)$$

где K_M - константа связи частицы барионной материи с частицей СМТМ посредством поля медиатора, R – радиус взаимодействия.

Для того, чтобы найти энергию взаимодействия одной частицы барионной материи с СМТМ как с непрерывной средой необходимо умножить энергию взаимодействия (15) на концентрацию частиц СМТМ и проинтегрировать полученную величину по всему объёму. Пусть n_c – концентрация частиц СМТМ, тогда энергия взаимодействия одной частицы барионной материи с СМТМ равна (16):

$$E = \int_V U n_c dV = - \int_0^\infty 4\pi r^2 n_c K_M \frac{e^{-r/R}}{r} dr = -4\pi K_M n_c \int_0^\infty r e^{-r/R} dr = -4\pi K_M n_c R^2 \quad (16)$$

Легко заметить, что E по абсолютной величине – это не что иное как $\bar{\gamma}$ - энергия связи связанной материи и атомарного вещества в расчёте на одну молекулу атомарного вещества, таким образом, результат преобразования (16) можно записать как (17):

$$\bar{\gamma} = 4\pi K_M n_c R^2 \quad (17)$$

Согласование модели связанной материи с ускорительными экспериментами

Из соотношения (17) можно выразить константу связи K_M через энергию связи связанной материи и атомарного вещества в расчёте на одну молекулу атомарного вещества $\bar{\gamma}$ (18):

$$K_M = \frac{\bar{\gamma}}{4\pi n_c R^2} \quad (18)$$

Пусть $\bar{\gamma} = 10^{-3} kT$, $n_c = 10^{28} \text{ м}^{-3}$, $R = 1 \text{ мм}$, тогда

$$\frac{K_M}{K_{эл}} = 10^{-19} \quad (19)$$

где K_M - константа связи частицы барионной материи с частицей СМТМ посредством поля медиатора, $K_{эл} = \bar{e}^2 / 4\pi\epsilon_0$ - электромагнитная константа связи для двух частиц с зарядом равным заряду электрона.

Это означает, что СМТМ может достаточно интенсивно взаимодействовать с атомарным веществом как конденсированная среда, но при этом очень слабо взаимодействовать с частицами стандартной модели на уровне отдельных частиц. Это может создать большие трудности для обнаружения частиц СМТМ и частиц поля медиатора в экспериментах на коллайдерах и даже сделать такое обнаружение технически невозможным в обозримом будущем.

Согласование модели связанной материи с ускорительными экспериментами

При определённых предположениях относительно характера взаимодействия **ни частица медиатор, ни частицы СМТМ не смогут быть обнаружены в современных экспериментах на коллайдерах уже при:**

$$\frac{K_M}{K_{эл}} = 10^{-10} \quad (20)$$

Это отношение может быть получено, например, при вполне умеренной концентрации частиц СМТМ и при наноразмерном радиусе взаимодействия :

$$\bar{\gamma} = 10^{-3} kT, \quad n_c = 10^{28} \text{ м}^{-3}, \quad R = 30 \text{ нм.}$$

Конечно не исключено, что рано или поздно следы СМТМ удастся обнаружить в экспериментах на коллайдерах. Однако, поскольку **главная отличительная особенность СМТМ состоит в преобладании коллективных эффектов взаимодействия частиц над индивидуальными**, более перспективными представляются эксперименты при энергиях ≤ 1 эВ, так как только при таких энергиях эти коллективные эффекты могут проявиться.

Распространённость связанной материи на планете Земля

Степень распространённости связанной материи на нашей планете можно оценить исходя из **распределения шаровых молний по месту возникновения.**

Возникновение шаровых молний только на металлических проводниках – говорило бы о наличии СМТМ только в наиболее плотном веществе.

Возникновение шаровых молний при ударе линейной молнии в другие среды говорит о наличии СМТМ также и в этих средах.

Рождение шаровых молний в облаках говорит о том, что существует некоторое количество СМТМ, находящееся вне плотной атомарной среды. Однако, это количество очень невелико.

Распределение шаровых молний по месту возникновения (1138 случаев)*

Место возникновения	Процент случаев
На металлическом проводнике	65,6%
В канале разряда линейной молнии	8,4%
В месте удара линейной молнии	8,2%
В облаках	4,3%
Другое	13,5%

*Григорьев А.И. Шаровая молния. Ярославль. ЯрГУ. 2010.

Распространённость связанной материи на планете Земля

Согласно нашему предположению **объём связанной материи на планете Земля в точности равен объёму плотной атомарной материи планеты**, то есть, равен $1,083207 \cdot 10^{12} \text{ км}^3$. Причины этого нужно искать в истории формирования Земли.

Можно показать, что из критерия связанности СМТМ (1) следует, что **медиаторная энергия связи связанной материи с плотным атомарным веществом на единицу объёма связанной материи E_M много больше гравитационной энергии связи связанной материи с Землёй на единицу объёма связанной материи $E_{гр.}$** (21):

$$\frac{E_M}{E_{гр.}} \gg 1 \quad (21)$$

Предполагается, что связанная материя содержалась в значительном объёме в газопылевом облаке из которого образовалась Земля. Поэтому, **молодая прото-Земля была не только заполнена связанной материей ещё на этапе формирования, но и имела атмосферу из связанной материи** в тот период, когда газовая атмосфера планеты ещё отсутствовала.

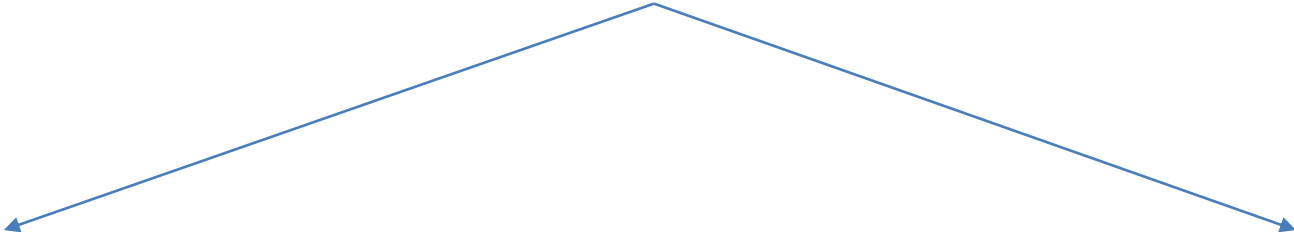
Поскольку медиаторная энергия связи связанной материи с плотным атомарным веществом много больше гравитационной энергии связи, то **за счёт интенсивных столкновений крупных протопланетных тел при формировании Земли, а также за счёт испарения с горячей поверхности планеты, атмосфера из связанной материи могла быть утеряна**, и связанная материя осталась только в плотном атомарном веществе.

Проблемы связанные с холодной трансмутацией ядер (ХТЯ)

«Скажем так: сейчас отношение к холодному ядерному синтезу без энтузиазма, но вполне терпимое...» В. Рубаков "Огонёк" 04.10.2016.

Валерий Рубаков - физик-теоретик, академик РАН, заместитель председателя Комиссии РАН по борьбе с лженаукой 2013-2018 г.г.

Две проблемы связанные с ХТЯ



Проблема трансмутации ядер
при низких температурах и
давлениях

Проблема странного излучения, которое
не удаётся идентифицировать ни с
каким известным видом частиц

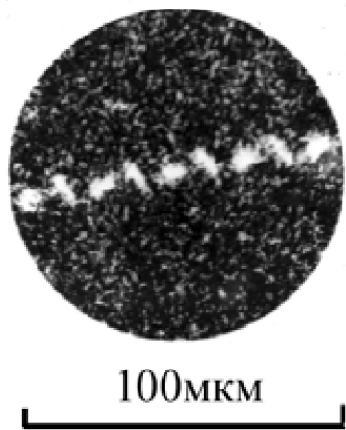
Исследователи которые наблюдали странное излучение в виде периодического следа («тракторный след»)*

1. Л. И. Уруцкоев
2. М. И. Солин
3. С. В. Адаменко
4. И. Б. Савватимова
5. В. А. Скворцов
6. Н. Г. Ивойлов
7. А. С. Агапов
8. А. Л. Шишкин
9. В. А. Жигалов
10. В. А. Чижов
11. К. А. Fredericks

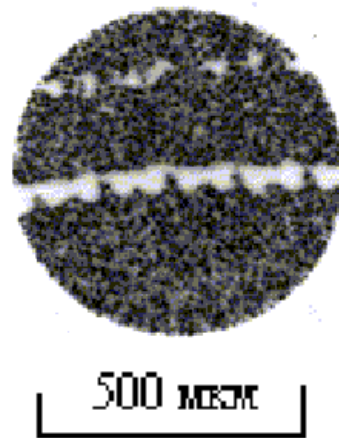
*Жигалов В.А. ЖФНН 2015, №9(3), с. 55-62.

Свойства странного излучения

Способность оставлять след, идущий вдоль поверхности твёрдого тела, в том числе, **при ориентации поверхности перпендикулярно направлению на источник излучения** (Л. И. Уруцкоев, С. В. Адаменко, В. А. Скворцов).



Л. И. Уруцкоев



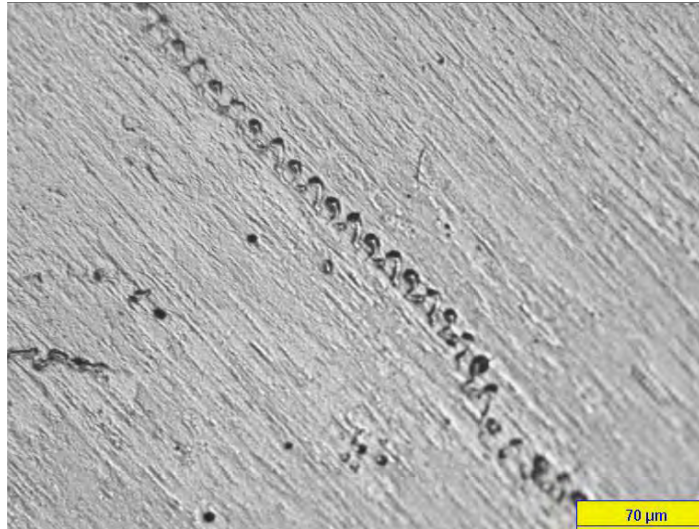
Л. И. Уруцкоев



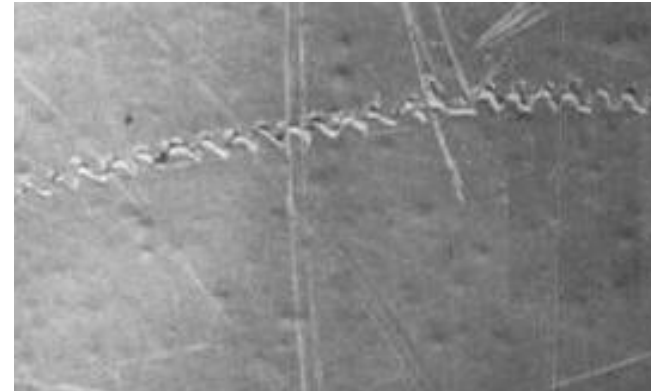
С.В. Адаменко

Свойства странного излучения

Способность оставлять следы на поверхности **фотоматериалов** (Л. И. Уруцкоев, В. А. Скворцов), **пластиковых трековых детекторов** типа CR 39 (В. А. Скворцов) и даже **металлов** (И. Б. Савватимова, М. И. Солин, С. В. Адаменко).



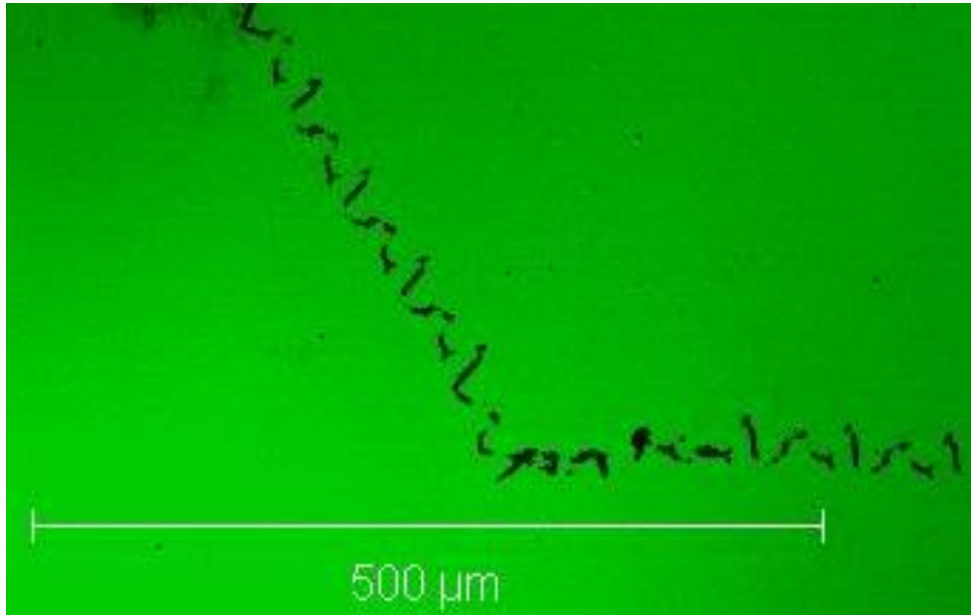
И. Б. Савватимова



М. И. Солин x75

Свойства странного излучения

Способность следа совершать колебания в направлении **перпендикулярном направлению движения**, в плоскости поверхности детектора. Типичные значения амплитуды колебаний 20-100 мкм.



В. А. Скворцов



Солин x250

Странное излучение – это новая частица?

Допустим, что странное излучение – это какая-то новая частица. Тогда, из того, что странное излучение оставляет след на фотоматериале следует, что эта частица достаточно сильно взаимодействует с атомарным веществом. А из этого следует, что эта частица должна с высокой степенью вероятности рождаться при столкновении частиц высоких энергий на ускорителях, при условии, что удвоенная энергия покоя этой частицы меньше энергии сталкивающихся частиц. **Однако, этого не наблюдается.** Следовательно, удвоенная энергия покоя этой частицы должна быть больше энергии сталкивающихся частиц в пучках современных ускорителей. То есть, **её масса в энергетических единицах должна составлять не менее нескольких сотен ГэВ.**

Частицы такой массы очевидно не могут рождаться в экспериментах, в ходе которых наблюдается странное излучение, так как характерные энергии в этих экспериментах порядка 1 эВ. И даже в ядерных превращениях, которые, как предполагается сопровождают эти эксперименты, так как характерные энергии ядерных превращений порядка нескольких МэВ.

Таким образом, **эти частицы должны содержаться в большом количестве в обычном веществе и вылетать из него при определённых теплофизических процессах.** То есть, они должны быть стабильны, их должно быть много во Вселенной и при этом они должны достаточно сильно взаимодействовать с атомарным веществом. Но, если это так, то **такие частицы должны в большом количестве наблюдаться в космических лучах.**

Поскольку это не так, необходимо заключить, что наше исходное предположение – ошибочно. То есть, странное излучение – не может быть новой частицей.

Странное излучение – это макрос?

Однако, **ничто не мешает странному излучению быть макросом**, то есть, объектом, состоящим из большого количества частиц.

Макрос как целое может достаточно сильно взаимодействовать с атомарным веществом, чтобы оставить след на фотоматериале. Но, поскольку **макрос состоит из большого количества частиц, каждая из которых очень слабо взаимодействует с атомарным веществом**, такие частицы могут очень редко рождаться при столкновениях частиц, составляющих атомарную материю, и, таким образом, их будет очень трудно обнаружить в экспериментах на ускорителях.

Поскольку отдельные частицы, составляющие макрос, очень слабо взаимодействуют с атомарным веществом, они также не могут рождаться в экспериментах, в ходе которых наблюдается странное излучение.

Для того, чтобы породить странное излучение, эти частицы должны содержаться в большом количестве в плотном атомарном веществе и вылетать из него в виде макросов при определённых теплофизических процессах. Таким образом, **частицы из которых состоит макрос должны быть стабильны и их должно быть достаточно много в плотном атомарном веществе.**

Экспериментальные указания на природу странного излучения

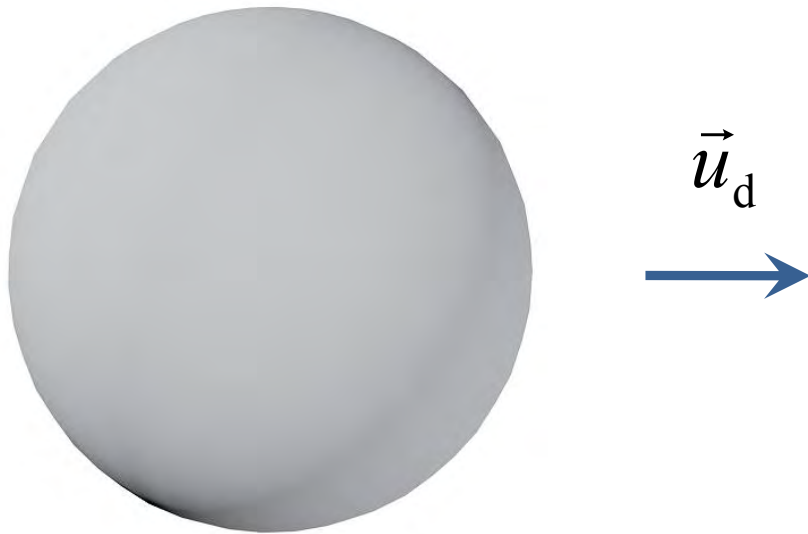
- 1. Периодические треки странного излучения имеют макроскопическое сечение 20-100 мкм,**
- это указывает на то, что их оставляют макроскопические объекты с такими же характерными размерами.
- 2. Периодические треки странного излучения имеют индивидуальный характер,** – это говорит о том, что они оставлены не микроскопическими, а макроскопическими объектами!

Модель странного излучения

«Если идея не кажется безумной, от нее не будет никакого толку.»

Нильс Бор

1. Странное излучение в воздухе – компактный объект связанной материи (макрос)



$R \approx 10 \div 50 \text{ мкм}$

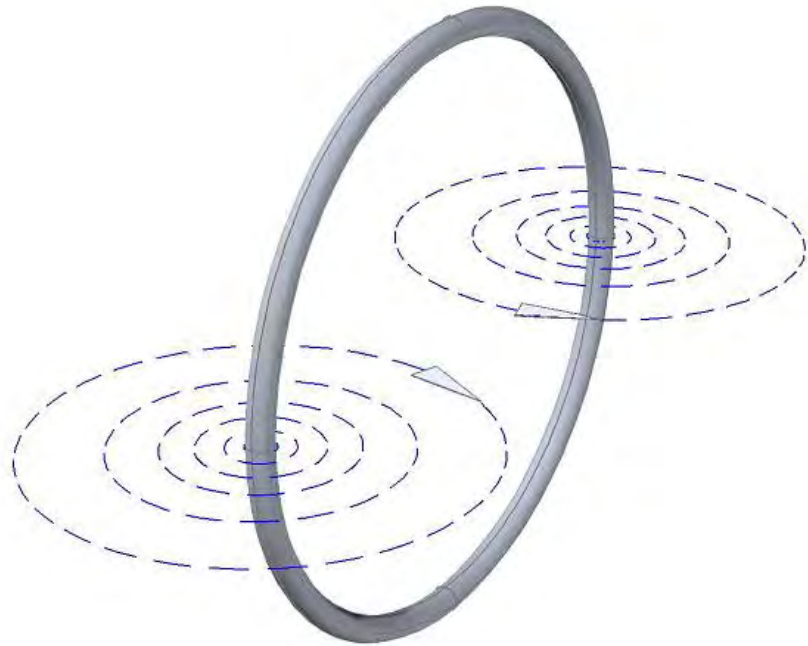
Энергия и импульс частицы странного излучения в воздухе:

$$E_d = \frac{2}{3} \pi \rho R^3 u_d^2 + 4 \pi \sigma R^2 \quad (22)$$

$$I_d = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 u_d \quad (23)$$

где ρ – плотность связанной материи,
 R – радиус макроса,
 u_d – скорость макроса,
 σ – коэффициент поверхностного натяжения СМТМ.

2. Странное излучение в конденсированном атомарном веществе - вихревое кольцо в связанной макроскопической материи



$$R \approx 10 \div 50 \text{ мкм}$$

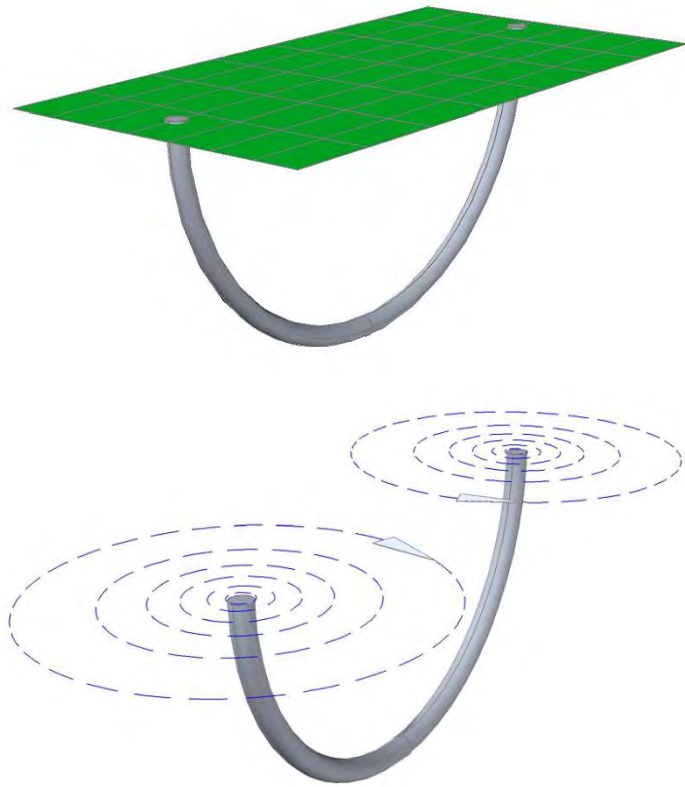
Энергия и импульс частицы странного излучения в плотной среде:

$$E_r = 2\pi^2 \rho_s \frac{\hbar^2}{m^2} R \ln \frac{8R}{r_c} \quad (24)$$

$$I_r = 2\pi^2 \rho_s \frac{\hbar}{m} R^2 \quad (25)$$

где m – масса частицы СМТМ,
 R – радиус вихревого кольца,
 r_c – радиус вихревой нити.

3. Странное излучение на поверхности конденсированного атомарного вещества – вихревое полукольцо в связанной макроскопической материи



$$R \approx 10 \div 50 \text{ мкм}$$

Энергия и импульс частицы странного излучения на поверхности плотной среды:

$$E_{r/2} = \pi^2 \rho_s \frac{\hbar^2}{m^2} R \ln \frac{8R}{r_c} \quad (26)$$

$$I_{r/2} = \pi^2 \rho_s \frac{\hbar}{m} R^2 \quad (27)$$

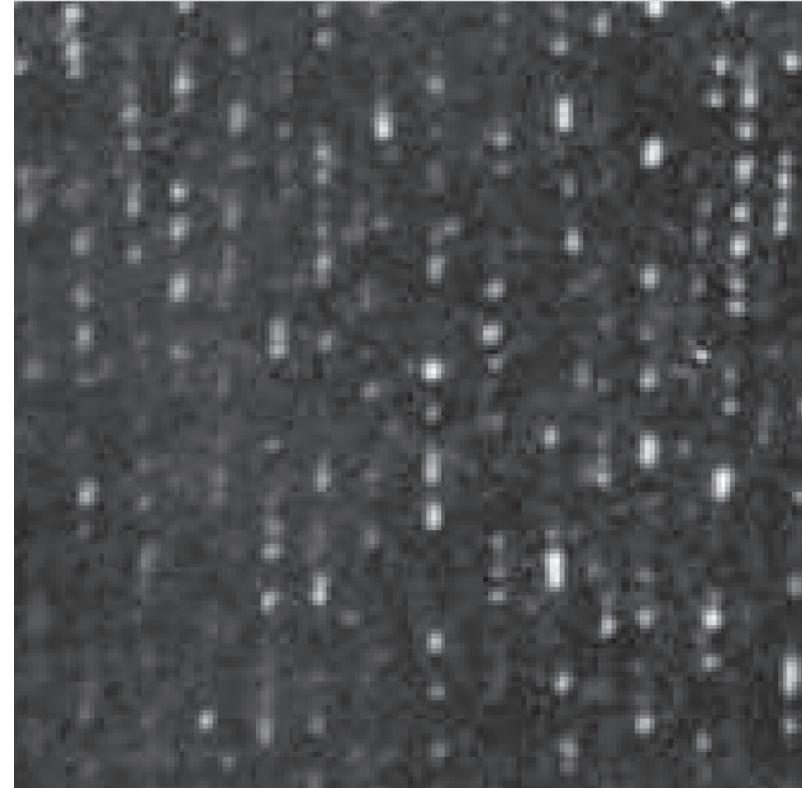
где R – радиус вихревого полукольца.

Именно такие объекты, как предполагается и оставляют треки в виде периодического следа на поверхности разных детекторов.

Пример визуализации вихрей в сверхтекучем гелии благодаря захвату ими частиц твёрдого водорода



а)

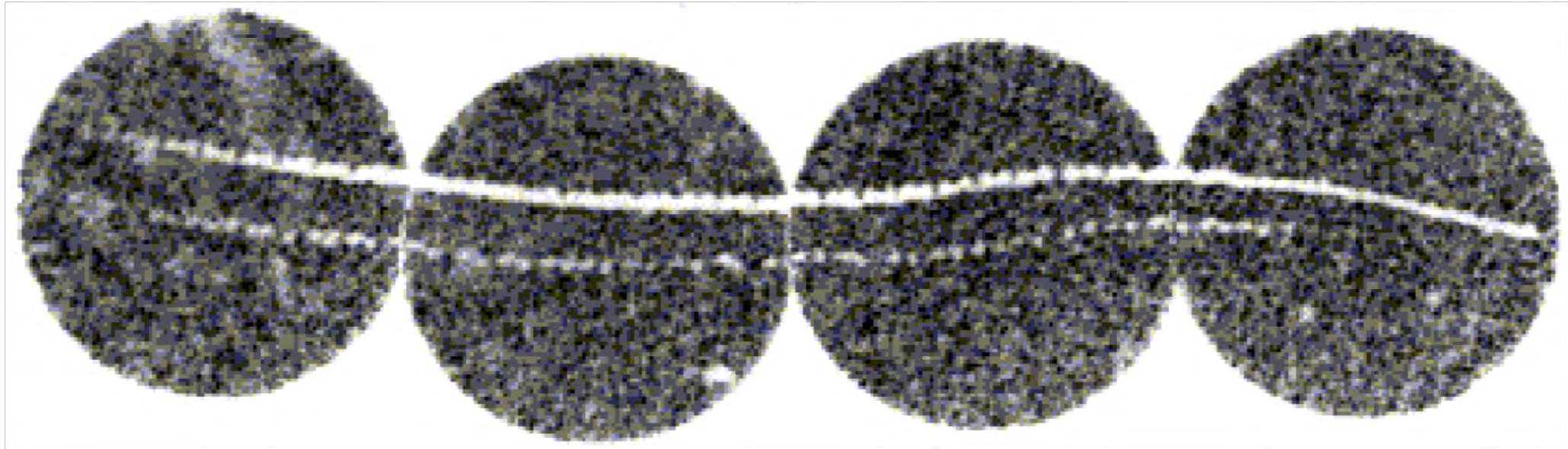


б)

Вихри в сверхтекучем гелии, маркированные частицами твёрдого водорода: а) при отсутствии вращения, б) при наличии вращения сверхтекучей компоненты.

G.P. Bewley, D.P. Lathrop, K.R. Sreenivasan Visualization of quantized vortices, Nature 441, 558 (2006).

Двойной периодический след странного излучения из работы Л.И. Уруцкого*

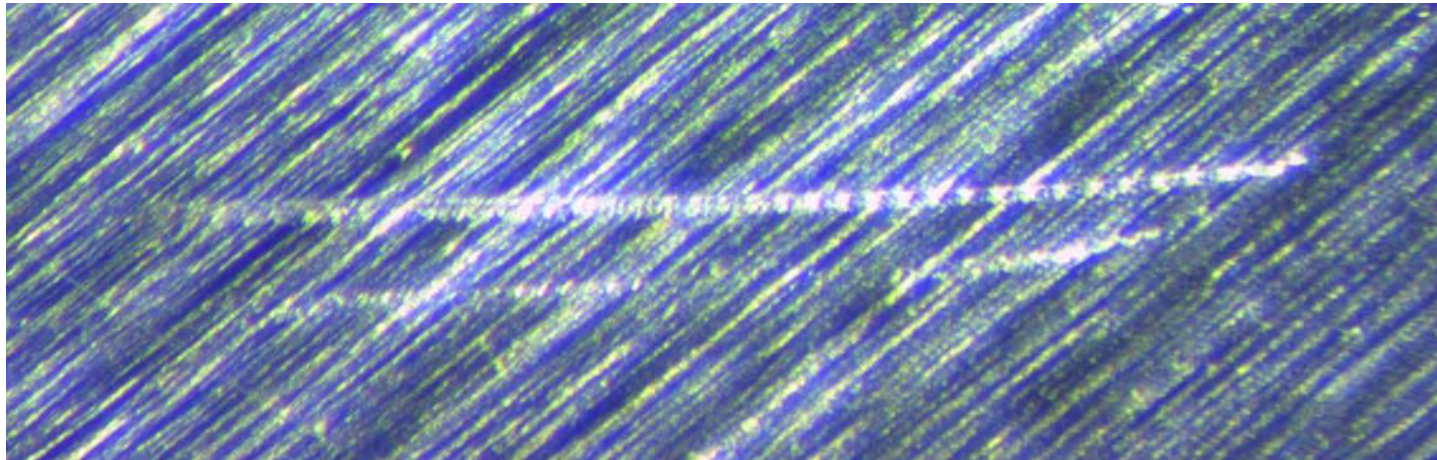


«Для этого типа треков характерно наличие **второго параллельного следа**, отличающегося по интенсивности почернения и длине от основного.» Л.И. Уруцкий*

Расстояние между следами на фотоплёнке: 140 мкм в левой части снимка и 100 мкм в правой части.

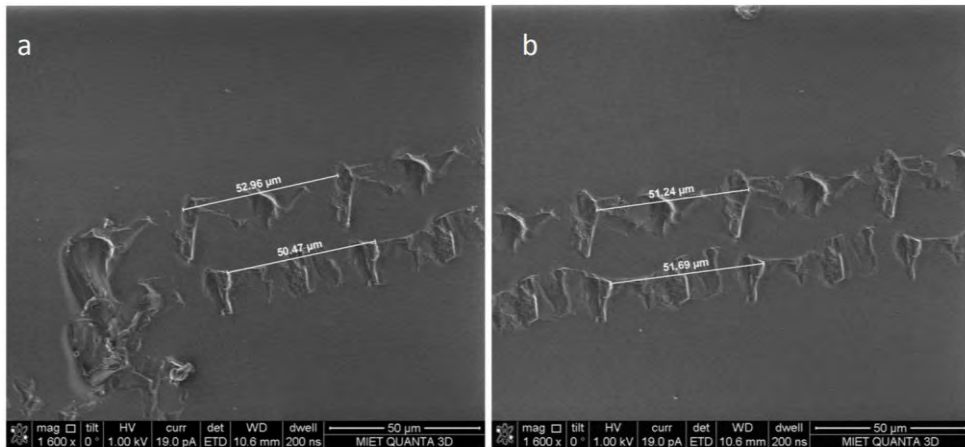
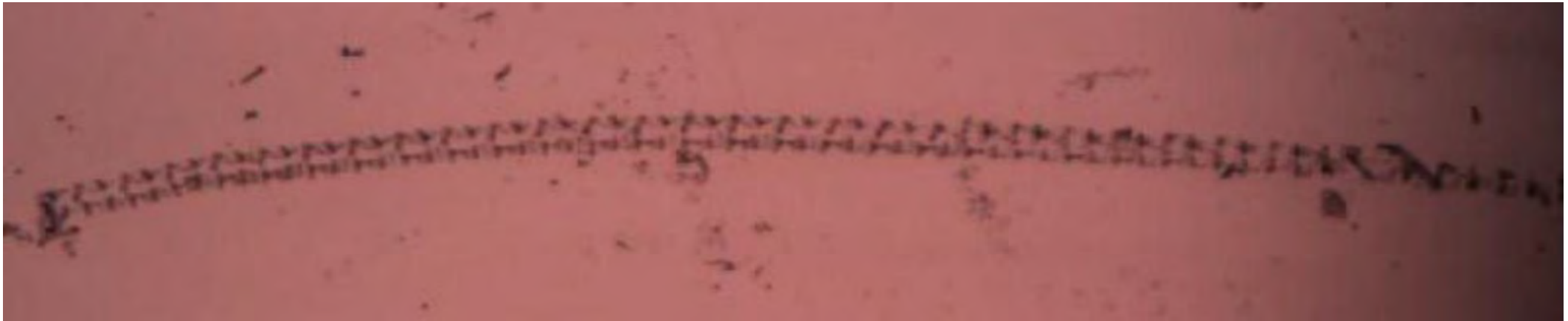
*Л.И. Уруцкий, В.И. Ликсонов, В.Г. Циноев Прикладная физика. 2000. № 4. с. 83-100.

Двойной периодический след странного излучения из презентации В.А. Чижова



Двойной след странного излучения на металлической поверхности из доклада В.А. Чижова на семинаре 09.03.2022. Расстояние между следами около 50 мкм.

Двойной периодический след странного излучения из презентации В.А. Жигалова



Двойной след странного излучения на поверхности CD диска из доклада В.А. Жигалова на семинаре 16.03.2022. Расстояние между следами около 40 мкм.

АСМ снимки высокого разрешения: а - начальной и б - центральной частей следа.

Энергия частиц странного излучения

Наиболее вероятный диапазон энергии частиц странного излучения **согласно расчётам на основе предлагаемой модели:**

$$100 \text{ МэВ} \leq E \leq 1000 \text{ МэВ}$$

Энергия частиц странного излучения по данным Л.И. Уруцкого:* $E \approx 700$ МэВ.

Энергия частиц странного излучения по данным К. А. Фредерикса:**

№	Е, МэВ	№	Е, МэВ
1	105	10	86
2	93	11	386
3	497	12	601
4	1314	13	491
5	81	14	683
6	898	15	153
7	166	16	199
8	2161	17	107
9	56	18	116

*Л.И. Уруцкий, В.И. Ликсонов, В.Г. Циноев Прикладная физика. 2000. № 4. с. 83-100.

**К.А. Fredericks. Possible detection of tachyon monopoles in photographic emulsions. 2013.

Заключение

1. Существует **большой набор наблюдательных данных**, связанных как с астрофизическими объектами, так и с картиной эволюции вселенной как целого, которые **удаётся согласованного объяснить только с помощью предположения о существовании тёмной материи**.
2. Один из возможных кандидатов на роль тёмной материи – **макроскопическая тёмная материя**.
3. Один из видов макроскопической тёмной материи – **связанная материя** – **может в буквальном смысле слова окружать нас**.
4. Существуют аргументы в пользу того, что и **странное излучение и шаровая молния**, – это **проявления связанной материи**.

Спасибо за внимание