

Кроссовер атома водорода: подробный расчёт (Статья 1)

Модель 50/50: масса и антимасса

Автор: Рахматуллин Рустам Ринатович · 05.10.2026 · с. Подлесное, Марковский район · myben@rambler.ru

Читать статью строго рекомендуется после ознакомления с каркасом модели «Модель гипотезы 50/50: масса = антимасса — поле, создающее вещество. Настоящая антиматерия. Часть 1: Каркас модели»: <https://preprints.ru/article/4786>

Введение: что такое кроссовер — простыми словами

Представьте атом водорода — самый простой атом во Вселенной. В модели 50/50 у него есть две стороны:

Масса — фаза вещества, которая притягивает всё вокруг по закону $1/r^2$. Чем ближе — тем сильнее притягивает.

Антимасса — фаза вещества, которая отталкивает. Её вклад растёт с расстоянием ($\propto r$). Чем дальше — тем сильнее отталкивает.

Близко к атому — масса побеждает: притяжение сильнее отталкивания. Далеко от атома — антимасса побеждает: отталкивание сильнее притяжения. Где-то между — они равны. Эта точка равновесия и есть кроссовер.

Для атома водорода кроссовер оказывается на расстоянии 0,53 м (53 см) от атома. Внутри 53 см — атом притягивает. Снаружи — отталкивает. Атом водорода «притягивает» только в радиусе 53 см — дальше его гравитация сменяется антигравитацией.

В предыдущей версии этой статьи кроссовер оценивался в диапазоне 0,40–0,74 м из-за неопределённости в выборе плотности антимассы ρ_- . В данной, переработанной версии показано, что ρ_- — не свободный параметр, а вычисляемая величина. Кроссовер атома водорода — 0,53 м. Одно значение, без подгонки.

Часть 1. Откуда берётся масса атома водорода

1.1. Масса протона

Масса протона — одна из самых точно измеренных величин в физике. Её значение берётся из экспериментов по измерению отношения масс протона и электрона (выполняется в ловушках Пеннинга — устройствах, где заряженные частицы удерживаются комбинацией электрического и магнитных полей).

Точное значение (CODATA 2018/2022):

$$m_p = 1,67262192369 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

Но что это за масса? Из чего она складывается? Протон состоит из трёх кварков — двух u-кварков и одного d-кварка (состав uud). Кварки «склеены» глюонами — переносчиками сильного взаимодействия (КХД — квантовая хромодинамика).

Массы кварков:

$$m_u \approx 2,16 \text{ МэВ}/c^2 = 2,16 \times 10^{-30} \text{ кг}$$

$$m_d \approx 4,67 \text{ МэВ}/c^2 = 4,67 \times 10^{-30} \text{ кг}$$

Сумма масс кварков в протоне (uud):

$$2 \cdot m_u + m_d = 2 \times 2,16 + 4,67 \approx 8,99 \text{ МэВ}/c^2$$

А масса протона — 938,3 МэВ/c². Получается:

Компонент	Значение (МэВ/c ²)	Доля от массы протона
Массы кварков (uud)	≈ 9,0	≈ 0,96%
Энергия КХД (глюоны + кинетическая энергия)	≈ 929,3	≈ 99,04%
Итого (масса протона)	938,3	100%

≈99,04% массы протона — это не «масса» частиц, а энергия сильного взаимодействия. Глюоны (переносчики сильного поля) не имеют массы, но их энергия поля внутри протона эквивалентна массе по формуле $E = mc^2$. Это и есть масса протона.

Для модели 50/50 это важно: масса атома водорода почти целиком — энергия поля, не «твёрдое вещество». Но в 50/50 «вещество» — это носитель, а масса — его проявление. Энергия КХД — это проявление вещества (той стороны листа, что даёт массу).

1.2. Масса электрона

Электрон — элементарная частица, его масса не раскладывается на составляющие.

$$m_e = 9,1093837015 \times 10^{-31} \text{ кг} = 0,511 \text{ МэВ}/c^2$$

Это в 1836 раз меньше массы протона — вклад электрона в массу атома мал.

1.3. Энергия связи

Электрон в атоме водорода связан с протоном энергией ионизации 13,598 эВ. По формуле $E = mc^2$ эта энергия уменьшает массу атома:

$$E_{\text{св}} = 13,598 \text{ эВ} = 2,179 \times 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$\Delta m = E_{\text{св}} / c^2 = 2,42 \times 10^{-35} \text{ кг}$$

Это 0,000001% от массы протона — ничтожно мало, но для точности учитывается.

1.4. Полная масса атома водорода

Итоговая формула:

$$m_H = m_p + m_e - E_{\text{св}}/c^2$$

$$m_H = 1,672622 \times 10^{-27} + 9,109 \times 10^{-31} - 2,42 \times 10^{-35}$$

$$m_H = 1,673533 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

Компонент	Значение (кг)	Доля
Масса протона	$1,672622 \times 10^{-27}$	99,95%
Масса электрона	$9,109 \times 10^{-31}$	0,054%
Поправка на энергию связи	$-2,42 \times 10^{-35}$	0,000001%
Масса атома водорода	$1,673533 \times 10^{-27}$	100%

Часть 2. Плотность антимассы ρ_- — вычисление без свободных параметров

В предыдущей версии статьи ρ_- была оценкой с неопределённостью в 6 раз (от 10^{-27} до $6,35 \times 10^{-27} \text{ кг/м}^3$), что давало кроссовер в диапазоне 0,40–0,74 м. Здесь показано, что эта неопределённость устраняется: ρ_- вычисляется из постулата 50/50 без подгонки.

2.1. Критическая плотность Вселенной

В космологии есть понятие критической плотности — плотности, при которой Вселенная плоская (не расширяется и не сжимается). Она вычисляется через постоянную Хаббла:

$$\rho_{\text{crit}} = 3H_0^2 / (8\pi G)$$

Где:

$H_0 = 67,4 \text{ км/с/Мпк} = 2,184 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ — постоянная Хаббла (Planck 2018)

$G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ — гравитационная постоянная

$$\rho_{\text{crit}} = 3 \times (2,184 \times 10^{-18})^2 / (8\pi \times 6,674 \times 10^{-11})$$

$$\rho_{\text{crit}} = 8,53 \times 10^{-27} \text{ кг/м}^3$$

2.2. Стандартная интерпретация: тёмная энергия

В стандартной космологии (Λ CDM) тёмная энергия составляет ~69% от критической плотности ($\Omega_\Lambda = 0,69$). Её плотность:

$$\rho_\Lambda = \Omega_\Lambda \times \rho_{\text{crit}} = 0,69 \times 8,53 \times 10^{-27} = 5,89 \times 10^{-27} \text{ кг/м}^3$$

Стандартная физика трактует это как космологическую постоянную Λ — свойство пространства, не как вещество с массой. Модель 50/50 трактует иначе — но для вычисления ρ — важен другой шаг.

2.3. Почему $\rho_- = \rho_+$: запертой антимассы не существует

Постулат 50/50: полная масса = полная антимасса. Всегда, в каждом атоме. Это соотношение, а не оценка. Но возникает вопрос: вся ли антимасса «свободна» — то есть вносит вклад в космологическое отталкивание? Или часть антимассы «заперта» внутри кроссовера массивных объектов, подавлена массой и не участвует в расширении?

Предыдущая версия статьи допускала, что часть антимассы может быть заперта. Здесь показано, что это физически невозможно.

Запирание антимассы означает, что масса объекта подавляет антимассу внутри своего кроссовера. Полное запирание — это аннигиляция: масса и антимасса гасят друг друга в ноль. Но для этого нужно, чтобы гравитационный радиус объекта (горизонт чёрной дыры) был больше кроссовера:

$$r_s > r_{\text{кр}}$$

где:

$r_s = 2GM/c^2$ — радиус Шварцшильда (горизонт чёрной дыры)

$r_{кр} = (3M/4\pi\rho_-)^{1/3}$ — кроссовер

Пока $r_{кр} > r_s$ — кроссовер находится снаружи горизонта, антимасса свободна, как и масса. Запирание наступает только когда горизонт поглощает кроссовер. Приравняем:

$$(2GM/c^2)^3 = 3M/(4\pi\rho_-)$$

Раскрываем:

$$8G^3M^3/c^6 = 3M/(4\pi\rho_-)$$

$$8G^3M^2/c^6 = 3/(4\pi\rho_-)$$

$$M^2 = 3c^6/(32\pi G^3\rho_-)$$

Откуда масса, необходимая для запирания:

$$M_{зап} = \sqrt{3c^6/(32\pi G^3\rho_-)}$$

Подставляя значения ($c = 2,998 \times 10^8$ м/с, $G = 6,674 \times 10^{-11}$, $\rho_- = \rho_m = 2,69 \times 10^{-27}$ кг/м³):

Параметр	Значение
М _{зап} (масса для запирания)	$1,65 \times 10^{53}$ кг $\approx 8,3 \times 10^{22}$ масс Солнца
Масса вещества наблюдаемой Вселенной	$\Omega_m \times \rho_{crit} \times V = 2,91 \times 10^{52}$ кг $\approx 1,46 \times 10^{22}$ масс Солнца
Отношение М _{зап} / М _{Вселенной}	$\approx 5,7$

Вывод: для запирания антимассы требуется объект в 5,7 раз массивнее всей материи наблюдаемой Вселенной. Это физически невозможно. Ни одна чёрная дыра, ни одно скопление, ни одна структура во Вселенной не достигает даже близко к этому пределу.

Проверка для конкретных объектов — кроссовер всегда на много порядков больше горизонта:

Объект	Радиус Шварцшильда	Кроссовер	$r_{кр} / r_s$
Атом водорода	$2,5 \times 10^{-54}$ м	0,53 м	2×10^{53}
Земля	8,9 мм	8,6 св. лет	9×10^{18}
Солнце	3,0 км	593 св. лет	$1,9 \times 10^{15}$
ЧД (10 М _☉)	30 км	1 280 св. лет	$4,1 \times 10^{14}$
Sgr A* (4,3×10 ⁶ М _☉)	$1,27 \times 10^{10}$ м (0,08 АЕ)	96 000 св. лет	$7,2 \times 10^{10}$

У самого массивного объекта из таблицы — Sgr A* — кроссовер превышает горизонт в 72 миллиарда раз. Запирание невозможно ни для одного реального объекта во Вселенной.

2.4. Итог: $\rho_- = \rho_m$

Поскольку запертой антимассы не существует, вся антимасса свободна. По постулату 50/50 полная антимасса равна полной массе. Значит:

$$\rho_- = \rho_m = \Omega_m \times \rho_{crit}$$

$$\rho_- = 0,315 \times 8,53 \times 10^{-27} = 2,69 \times 10^{-27} \text{ кг/м}^3$$

Это не оценка и не подгоночный параметр. Это прямое следствие постулата 50/50 (равенство массы и антимассы) и доказанной невозможности запирания. Единственный наблюдаемый вход — $\Omega_m = 0,315$ (доля материи во Вселенной, измеренная по реликтовому излучению и крупномасштабной структуре, Planck 2018).

Сравнение с предыдущим подходом:

	Прежний подход	Переработанный
ρ_-	Оценка: $1-9 \times 10^{-27}$ (фактор 6)	Вычислено: $2,69 \times 10^{-27}$
Источник	Внешний (тёмная энергия, крит. плотность)	Внутренний (постулат 50/50 + Ω_m)
Свободных параметров	1 (ρ_-)	0
Кроссовер Н	0,40–0,74 м (диапазон)	0,53 м (одно значение)
Неопределённость	$\pm 40\%$	Только погрешность Ω_m (~3%)

Часть 3. Вывод формулы кроссовера — по шагам

3.1. Два ускорения

В модели 50/50 на любое тело действуют два ускорения:

Ускорение 1 — притяжение от массы (массовая фаза):

Ньютоновский закон. Масса М создаёт ускорение, падающее с расстоянием как $1/r^2$.

$$g_m = G \cdot M / r^2 \quad (\text{падает с расстоянием})$$

Ускорение 2 — отталкивание от антимассы (фоновая антимасса):

Антимасса распределена по Вселенной с плотностью ρ_- . Внутри сферы радиуса r находится антимасса $m_- = (4/3)\pi r^3 \cdot \rho_-$. Она создаёт ускорение, растущее с расстоянием (чем больше сфера — больше антимассы внутри).

$$g_a = G \cdot m_- / r^2 = (4\pi/3) \cdot G \cdot \rho_- \cdot r \quad (\text{растёт с расстоянием})$$

3.2. Точка равновесия — кроссовер

Кроссовер — где притяжение равно отталкиванию:

$$G \cdot M / r^2 = (4\pi/3) \cdot G \cdot \rho_- \cdot r$$

Сокращаем G с обеих сторон:

$$M / r^2 = (4\pi/3) \cdot \rho_- \cdot r$$

Умножаем обе части на r^2 :

$$M = (4\pi/3) \cdot \rho_- \cdot r^3$$

Выражаем r^3 :

$$r^3 = 3M / (4\pi \cdot \rho_-)$$

Извлекаем кубический корень:

$$r_{кр} = (3M / (4\pi \cdot \rho_-))^{(1/3)}$$

3.3. Почему кубический корень?

Потому что одна сила падает ($1/r^2$), а другая растёт (r). Их пересечение — решение уравнения, где r стоит в степени 2 с одной стороны и в степени 1 с другой. После переноса получается r^3 . Кубический корень означает: чтобы увеличить кроссовер в 2 раза, нужно увеличить массу в 8 раз ($2^3 = 8$).

Это ключевое отличие от горизонта чёрной дыры, который растёт линейно с массой ($r_s \propto M$). Кроссовер растёт как $M^{(1/3)}$ — гораздо медленнее.

Часть 4. Подробный расчёт для атома водорода

Исходные данные:

Параметр	Обозначение	Значение	Источник
Масса атома водорода	$M = m_H$	$1,673533 \times 10^{-27}$ кг	CODATA (эксперимент)
Плотность антимассы	ρ_-	$2,69 \times 10^{-27}$ кг/м ³	$\rho_- = \Omega_m \times \rho_{crit}$ (вывод из 50/50)
Гравитационная	G	$6,674 \times 10^{-11}$	CODATA

постоянная		(эксперимент)
------------	--	---------------

Расчёт по шагам:

Шаг 1. Числитель: 3М

$$3 \times 1,673533 \times 10^{-27} = 5,0206 \times 10^{-27} \text{ кг}$$

Шаг 2. Знаменатель: 4п · ρ-

$$4 \times \pi \times 2,69 \times 10^{-27} = 3,380 \times 10^{-26} \text{ кг/м}^3$$

Шаг 3. Отношение: r³

$$r^3 = 5,0206 \times 10^{-27} / 3,380 \times 10^{-26} = 0,1485 \text{ м}^3$$

Шаг 4. Кубический корень: r_кр

$$r_{кр} = (0,1485)^{(1/3)} = 0,5297 \text{ м}$$

Ответ: r_кр ≈ 0,53 м ≈ 53 см

4.1. Сравнение с размерами атома

Масштаб	Значение	Сравнение с кроссовером
Радиус ядра (протона)	$8,8 \times 10^{-16} \text{ м}$	в 10^{15} раз меньше
Радиус атома (Боровский)	$5,29 \times 10^{-11} \text{ м}$	в 10^{10} раз меньше
Кроссовер	0,53 м	—
Длина волны де Бройля (тепловой)	$\sim 10^{-10} \text{ м}$	в 10^9 раз меньше

Кроссовер атома водорода — 53 см. Атом — 0,5 нанометра. Ядро — 1 фемтометр. Кроссовер в 10 миллиардов раз больше самого атома, в 600 триллионов раз больше ядра. Это значит: атом водорода «притягивает» (масса доминирует) в сфере радиусом 53 см, а дальше — отталкивает (антимасса доминирует).

4.2. Кроссоверы для разных объектов

Для сравнения — кроссоверы разных тел при $\rho_- = \rho_m = 2,69 \times 10^{-27} \text{ кг/м}^3$:

Объект	Масса	Кроссовер r_кр
Атом водорода	$1,67 \times 10^{-27} \text{ кг}$	0,53 м (53 см)
Человек (70 кг)	70 кг	1,84 млн км
Земля	$5,97 \times 10^{24} \text{ кг}$	8,6 св. лет
Солнце	$1,99 \times 10^{30} \text{ кг}$	593 св. лет
ЧД (10 М _☉)	$1,99 \times 10^{31} \text{ кг}$	1 280 св. лет
Sgr A* (4,3×10 ⁶ М _☉)	$8,56 \times 10^{36} \text{ кг}$	96 000 св. лет
Млечный Путь (барионы, 5×10 ¹⁰ М _☉)	$9,95 \times 10^{40} \text{ кг}$	2,19 млн св. лет (670 КПК)

Закономерность: чем массивнее объект, тем дальше его кроссовер — но рост идёт как кубический корень (в 8 раз больше массы — в 2 раза больше кроссовер). Поэтому у ЧД 10 масс Солнца кроссовер всего в 2,15 раза дальше, чем у Солнца, хотя масса в 10 раз больше.

Часть 5. Что означает кроссовер физически

5.1. Внутри кроссовера

На расстоянии меньше $r_{кр}$ масса доминирует. Например, на расстоянии 1 нм от атома водорода (типичное межатомное расстояние):

$$g_m = G \cdot M / r^2 = 1,12 \times 10^{-19} \text{ м/с}^2$$

$$g_a = (4\pi/3) \cdot G \cdot \rho \cdot r = 7,52 \times 10^{-46} \text{ м/с}^2$$

Притяжение сильнее отталкивания в $1,4 \times 10^{26}$ раз. Антимасса ничтожна — атом ведёт себя как чисто массивное тело.

5.2. На кроссовере

Силы равны. Чистый ноль. Ни притяжения, ни отталкивания. Тело, помещённое точно на кроссовер, не чувствует гравитационного влияния атома.

Важно: равновесие на кроссовере — не пустота и не абсолютный ноль. На кроссовере две силы не исчезают — они равны по модулю и противоположны по направлению, их сумма — ноль. Но каждая сила в отдельности не ноль. Кроме того, кроссовер определён для конкретного объекта: это точка, где притяжение именно этого объекта сравнивается с фоновым отталкиванием. Другие объекты в этой же точке вносят свой вклад — их притяжение не обнуляется. Кроссовер атома водорода на 0,53 м означает лишь, что на этом расстоянии атом перестаёт доминировать над фоном. Земля, Солнце, галактика на этом же расстоянии — продолжают тянуть. Кроссовер — не точка тишины, а точка, где конкретный объект теряет голос.

5.3. Снаружи кроссовера

На расстоянии $2r_{кр}$ (1,06 м от атома):

$$g_m = G \cdot M / (2r_{кр})^2 = 1,02 \times 10^{-37} \text{ м/с}^2$$

$$g_a = (4\pi/3) \cdot G \cdot \rho \cdot (2r_{кр}) = 8,02 \times 10^{-37} \text{ м/с}^2$$

Отталкивание в 8,0 раза сильнее притяжения. Атом «отталкивает» — антимасса доминирует.

Но абсолютные значения смехотворно малы — на уровне 10^{-37} м/с². Кроссовер атома водорода — не эффект, который можно измерить в лаборатории. Это теоретическая граница, показывающая, что даже у атома есть предел гравитационного влияния.

Часть 6. Есть ли доказательства?

6.1. Прямые доказательства

Что ищем	Статус	Комментарий
Граница гравитационного влияния атома (53 см)	Нет	Эффект $\sim 10^{-37}$ м/с ² — неизмерим
Переход притяжения в отталкивание у любого тела	Нет	На лабораторных масштабах антимасса ничтожна
Конечный радиус гравитации Земли (~8,6 св. лет)	Нет	Земля слишком мала для проверки

6.2. Косвенные подтверждения

1. Иерархия структур во Вселенной (Мясников)

В работе В. М. Мясникова описан «антигравитационный радиус» — расстояние, где ньютоновское притяжение тела равно хаббловскому отталкиванию. Это концептуально тот же кроссовер: $GM/r^2 = H^2 r$. Мясников вычислил антигравитационные радиусы:

Объект	Антиграв. радиус (Мясников)	Кроссовер (50/50, $\rho_- = \rho_m$)
Солнце	~ 320 св. лет	593 св. лет
Галактика (Млечный Путь, барионы $5 \times 10^{10} M_\odot$)	~ 1,18 млн св. лет	2,19 млн св. лет

Отношение кроссовера 50/50 к радиусу Мясникова постоянно и равно $(2/\Omega_m)^{1/3} \approx 1,85$ для любого объекта. Это не совпадение для конкретных масс, а систематический множитель, обусловленный разницей формул: Мясников использует $H^2 r$, 50/50 — $(4\pi/3)G\rho_- r$. При подстановке $\rho_- = \rho_m = \Omega_m \times 3H_0^2 / (8\pi G)$ множитель становится $(2/\Omega_m)^{1/3}$ — константой, зависящей только от Ω_m .

Мясников заметил: эти радиусы совпадают с наблюдаемой иерархией структур — характерными расстояниями между звёздами, галактиками. В стандартной физике (гравитация бесконечна) эта иерархия не имеет естественного объяснения.

Важно: сравнение проведено для одинаковых масс — барионной массы Солнца ($1\text{ M}_\odot$) и барионной массы Млечного Пути ($5 \times 10^{10}\text{ M}_\odot$). Использование полной массы галактики (с тёмной материей $\sim 1,5 \times 10^{12}\text{ M}_\odot$) некорректно, поскольку модель 50/50 отрицает существование тёмной материи как отдельной сущности.

2. Ослабление тёмной энергии — DESI 2025

В марте 2025 года коллаборация DESI опубликовала результаты по 15 млн галактик: тёмная энергия, по-видимому, слабеет со временем (значимость 2,8–4,2 σ). В стандартной Λ CDM космологическая постоянная Λ постоянна — ослабление неожиданно. В модели 50/50 уравнение состояния антимассы отлично от $w = -1$ (подробно — в главе 14 каркаса), поэтому эволюция «тёмной энергии» со временем естественна. Ранее это объяснялось запиранием антимассы в чёрных дырах, но, как показано в части 2.3, запираание невозможно. Правильное объяснение — в модифицированном уравнении Фридмана (каркас, глава 14), где $\rho \propto a^{-3}$ (как и масса), что даёт $w \neq -1$ и эволюционирующую тёмную энергию без свободных параметров.

3. Края галактик и войды

В 50/50 гравитация каждого тела конечна — до кроссовера. Наблюдения: у галактик есть характерные размеры, а за ними — «пустоты» (войды), где галактик почти нет. В стандартной модели это объясняется начальными флуктуациями. В 50/50 — естественной границей влияния.

6.3. Сводка

Уровень	Что есть	Доказывает?
Прямое наблюдение кроссовера	Ничего	Нет
Иерархия структур (Мясников)	Совпадение масштабов, множитель 1,85	Косвенно
DESI 2025 (эволюция тёмной энергии)	2,8–4,2 σ	Косвенно, не окончательно
Края галактик, войды	Наблюдаются	Косвенно, не однозначно
Теория	Согласована с 50/50, 0 свободных параметров	Внутренне непротиворечива

Часть 7. Сводка

Параметр	Значение	Источник
Масса протона	$1,672622 \times 10^{-27}\text{ кг}$	CODATA (ловушки Пеннинга)
Масса электрона	$9,109 \times 10^{-31}\text{ кг}$	CODATA (ловушки

		Пеннинга)
Энергия связи H	13,598 эВ	Спектроскопия
Масса атома H	$1,673533 \times 10^{-27}$ кг	$m_p + m_e - E_{\text{св}}/c^2$
H_0	67,4 км/с/Мпк	Planck 2018
ρ_{crit}	$8,53 \times 10^{-27}$ кг/м ³	$3H_0^2/(8\pi G)$
Ω_m	0,315	Planck 2018 (наблюдение)
$\rho_- = \rho_m$	$2,69 \times 10^{-27}$ кг/м ³	$\Omega_m \times \rho_{\text{crit}}$ (вывод из 50/50)
М _{зап} (масса для запираия)	$8,3 \times 10^{22}$ М $\odot$	$\sqrt{(3c^6/(32\pi G^3 \rho_-))}$
М _{Вселенной} (вещество)	$1,46 \times 10^{22}$ М $\odot$	$\Omega_m \times \rho_{\text{crit}} \times V$
М _{зап} / М _{Вселенной}	5,7	Запирание невозможно
r _{кр} (атом H)	0,5297 м $\approx$ 53 см	$(3M/4\rho_-)^{1/3}$

Кроссовер атома водорода — 0,53 м. Это не измеренная величина, а теоретическое предсказание модели 50/50. Расчёт опирается на: (1) точно измеренную массу атома (из CODATA), (2) плотность антимассы, выведенную из постулата 50/50 без свободных параметров ($\rho_- = \rho_m = \Omega_m \times \rho_{\text{crit}}$), (3) доказанную невозможность запираия антимассы (требует объект в 5,7 раз массивнее Вселенной), (4) формулу равновесия двух ускорений. Прямых доказательств нет — эффект слишком слаб для лаборатории. Косвенные — иерархия структур (множитель 1,85 к результату Мясникова, выводимый аналитически), эволюция тёмной энергии (DESI 2025), края галактик — согласуются с предсказанием.

Приложение. Что изменилось по сравнению с предыдущей версией

1. ρ_- перестала быть свободным параметром. Раньше — оценка с неопределённостью в 6 раз ($1-6,35 \times 10^{-27}$). Теперь — вычисленное значение $2,69 \times 10^{-27}$, выводимое из постулата 50/50 и наблюдаемой Ω_m .
2. Добавлено доказательство невозможности запираия. Показано, что запираие антимассы требует объекта в 5,7 раз массивнее наблюдаемой Вселенной. Ни один реальный объект не достигает этого предела. Значит, вся антимасса свободна, и $\rho_- = \rho_m$ по самому постулату.
3. Кроссовер атома водорода — одно значение (0,53 м) вместо диапазона (0,40–0,74 м). Неопределённость $\pm 40\%$ устранена; остаётся только погрешность Ω_m ($\sim 3\%$).
4. Объяснение DESI 2025 (ослабление тёмной энергии) исправлено. Ранее объяснялось запираием антимассы в чёрных дырах — теперь показано, что это невозможно. Правильное объяснение — модифицированное уравнение Фридмана (каркас, глава 14), где $\rho_- \propto a^{-3}$ даёт $w \neq -1$.

5. Множитель к результату Мясникова получен аналитически: $(2/\Omega_m)^{1/3} = 1,85$ — константа для любого объекта, не случайное совпадение для конкретных масс.

6. Согласовано с каркасом модели. Постоянная Хаббла $H_0 = 67,4$ км/с/Мпк (Planck 2018) используется во всём документе — как в каркасе. Все кроссоверы, $M_{\text{зап}}$ и плотности пересчитаны для этого значения. Кроссовер Млечного Пути в таблице Мясникова использует барионную массу ($5 \times 10^{10} M_{\odot}$) — без тёмной материи, которой в модели 50/50 не существует.