

## ЗНАЧЕНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ И ЕЕ АНИЗОТРОПИИ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ ВСЕЛЕННОЙ

**Аннотация:** В статье названы факторы, влияющие на значение тонкой структуры барионной и темной материи Вселенной в ходе ее эволюции. К ним относятся температура, давление и поляризация темной материи под действием пятого взаимодействия в направлении (l, b) ~ (303°, - 27°).

**Ключевые слова:** барионная материя; темная материя; поляризация; постоянные тонкой структуры; пятое фундаментальное взаимодействие.

**PACS:** 01.10.Fv, 04.50.-h, 12.10.Kt, 95.36.+x, 98.80.-k

### 1. Вступление

Понятие тонкой структуры ( $\alpha$ ) была введена в физику в 20-х годах XX века Арнольдом Зоммерфельдом для описания экспериментально обнаруженных энергетических подуровней в спектрах излучения атома водорода. С тех пор многие другие проявления той же постоянной связи были обнаружены в различных явлениях, связанных с взаимодействиями элементарных частиц. В квантовой электродинамике постоянная тонкой структуры является мерой электромагнетизма - одной из четырех фундаментальных сил в природе (другие - это гравитация, слабое ядерное взаимодействие и мощное ядерное взаимодействие). Электромагнитная сила удерживает электроны, движущиеся вокруг ядра в атоме вселенной, иначе вся материя разлетелась бы на части. В настоящее время в квантовой электродинамике экспериментально получено следующее значение тонкой структуры элементарных частиц:

$$\alpha = 7.2973525376 (50) \times 10^{-3} = 1 / 137.035999679$$

$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c 4\pi\epsilon_0} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 \hbar c} \quad (1)$$

Где  $e$  - элементарный электрический заряд,  
 $\hbar = h / 2\pi$  - постоянная Дирака (или приведенная постоянная Планка),  
 $c$  - скорость света в вакууме,  
 $\epsilon_0$  - диэлектрическая проницаемость.

До недавнего времени считалось, что это неизменная сила во времени и пространстве. Однако, в статье, опубликованной 27 апреля 2020 года в журнале Science Advances, ученые из Университета Южного Уэльса в Сиднее сообщили, что четыре новых измерения света, излучаемого квазаром на расстоянии 13 миллиардов световых лет от Земли, подтверждают прошлые исследования профессора Джона Уэбба, которые обнаружили вариации в значениях тонкой структуре (Рисунок1) [1, 2].

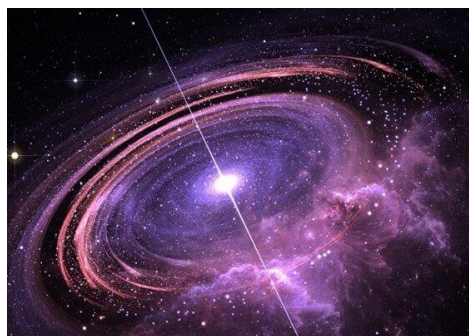


Рис. 1. Свет, излучаемый квазаром J1120 + 0641, в 13 миллиардах световых лет от Земли.

Мало того, что универсальные константы кажутся ученым переменными на внешних границах космоса Вселенной, аномалии также возникают только в одном направлении, что

выглядит странно. Сегодня астрофизики продолжают находить намёки на то, что одна из космологических констант - тонкая структура, в конце концов, не так уж и постоянна.

Профессор Уэбб заявил: «Мы обнаружили намек на то, что это постоянное число тонкой структуры было различным в определенных областях Вселенной. Не только как функция времени, но и фактически в направлении Вселенной, что действительно странно, если это правильно. В текущем исследовании группа ученых изучала квазар, что позволило им вернуться в то время, когда Вселенной было всего миллиард лет, чего никогда не было раньше. Таким образом, Вселенная не может быть изотропной с точки зрения законов физики, то есть она статистически различна во всех направлениях. Фактически, она может содержать некоторые направления или предпочтительные направления, в которых меняются законы физики, но не в перпендикулярном направлении. Другими словами, Вселенная в некотором смысле имеет дипольную структуру» [1, 2]. Этот эффект можно объяснить поляризацией галактической и межгалактической среды (темной материи и темной энергии) под действием пятого взаимодействия [3]. Сильная анизотропия космологических параметров была обнаружена на уровне  $\sim 5\sigma$  в направлении  $(l, b) \sim (303^\circ, -27^\circ)$ , что хорошо согласуется с данными других космологических зондов [4].

Ранее в статье «Фундаментальные эксперименты по обнаружению анизотропии физического пространства и их возможная интерпретация» 2015 г. Ю.А. Бауров, Ю.Г. Соболев, Ф. Менегуццо представили новую интерпретацию глобальной анизотропии физического пространства Вселенной [5]. Она радикально отличается от инфляционной теории анизотропии космологической стандартной модели  $\Lambda$ CDM. В области анизотропии пространства д-р Ю. Бауров раскрыл космологический векторный потенциал - новую силу природы (пятая сила), порождаемая взаимодействием элементарных частиц материи с темной материей [5]. В 2015 году д-р Аттила Краснахоркай и его коллеги из Института ядерных исследований Венгерской академии наук (Дебрецен) опубликовали статью, в которой пришли к выводу, что они открыли пятое взаимодействие [6]. В 2019 году Аттила Краснахорский в новых экспериментах с гелием подтвердил открытие пятого взаимодействия [7]. Этот эксперимент венгерского исследователя доктора Аттилы Краснахорски заинтересовал профессора Джона Уэбба как возможную причину анизотропии значения тонкой структуры в строго определенном направлении движения во Вселенной  $(l, b) \sim (303^\circ, -27^\circ)$ . Группа физиков-теоретиков под руководством Джонатана Фэна из Калифорнийского университета (Ирвин, США) решила проверить результаты венгерских коллег. Профессор Йонотан Фенг внимательно изучил работу доктора Аттилы Краснахорски и заявил, что пятое взаимодействие не нарушает никаких законов природы. Новое скалярное поле может принадлежать гипотетической частице темной материи - протофобному X-бозону, который, как и бозон Хиггса, создает скалярное поле, отвечающее за пятое взаимодействие между темной материей и обычной (барионной) материей. Доктор Джонатан Фен из Калифорнийского университета в Ирвине в пресс-релизе в 2017 году сказал: «На протяжении десятилетий мы знали о четырех фундаментальных силах: гравитации, электромагнетизме, а также сильных и слабых ядерных взаимодействиях. Открытие возможной пятой силы полностью изменит наше понимание Вселенной, что повлечет за собой объединение пятой силы и темной материи» [8]. В свете выше изложенного можно заключить, что значение постоянной тонкой структуры может зависеть от многих факторов. Ниже мы рассмотрим, что конкретно может оказывать влияние на величину тонкой структуры, помимо пятого взаимодействия.

## 2. Зависимость величины тонкой структуры от температуры в процессе эволюции Вселенной.

При поляризации вакуума и его трансформации в вещество, изменение энергии вакуума  $w$  можно представить в виде суммы [9]:

$$w = w^p + w^\alpha \quad (2)$$

где  $w^p$  - поляризация вакуума,  $w^p \ll E^2/8\pi$  (3)

$w^\alpha$  - изменение энергии вещества при рождении частиц

$$w^\alpha = eET\chi, \quad \chi = \frac{e^2 E^2 T}{4\pi^3} \exp\left(-\pi \frac{m^2}{\hbar E}\right) \quad (4)$$

Рождение частиц является основной причиной изменения энергии вакуума. Малая величина обратной реакции  $w^p$ , влечет ограничение на напряженность электрического поля в течение заданного времени  $T$  ( $E_s \approx 10^{16} \text{ В} \cdot \text{см}^{-1}$  - критическое поле Швингера) [10]. Для электромагнитного поля плотность энергии поляризации квантового вакуума также может быть представлена как сумма двух слагаемых (2). Где первый член  $w^p$  ( $w_0$ ), квадратичный по электрическому и магнитному полям:

$$w_0 = \frac{(\mathbf{E}^2 + \mathbf{H}^2)}{8\pi} \quad (5)$$

определяет энергию невзаимодействующего электромагнитного поля до критических значений напряженности электрического поля Швингера  $E_s = 1,32 \times 10^{16} [\text{В} \times \text{см}^{-1}]$  и напряженности магнитного поля  $H = 10^{16} [\text{Гс}]$ . Второй член  $w^a$  ( $w_1$ ) описывает взаимодействие фотонов за счет образования электрон-позитронных пар [11]:

$$w_1 = 2D \left[ 3\mathbf{E}^2\mathbf{E}^2 - \mathbf{H}^2\mathbf{H}^2 - (\mathbf{E}^2\mathbf{H}^2 + \mathbf{H}^2\mathbf{E}^2) \right] + 7D \left[ (\mathbf{EH})^2 + (\mathbf{HE})^2 \right] \quad (6)$$

Константу  $D$  можно рассчитать методами квантовой электродинамики [11] и в гауссовых единицах:

$$D \equiv \eta \frac{\hbar^3}{m^4 c^5} \quad (7)$$

$$\text{Где } \eta \text{ безразмерный коэффициент, } \eta \equiv \frac{\alpha^2}{45 \times (4\pi)^2} \approx 7.5 \times 10^{-9} \quad (8)$$

$\alpha$  - постоянная тонкой структуры (1) ;

$m$  - масса электрона ;

$c$  - скорость света.

Удобно записать коэффициент  $D$  через комптоновскую длину волны электрона  $D = \hbar/mc$  в форме [11]

$$D = \eta \frac{D^3}{mc^2} \quad (9).$$

Эксперименты показывают, что если внешнее поле действует на вакуум, то за счет его энергии возможно рождение реальных частиц [11]. Именно потому, что вакуум не виртуальный, а реальный физический объект (темная материя) и имеет структуру, поляризация вакуума приводит не к виртуальным, а к реальным радиационным поправкам к законам квантовой электродинамики [12]. Взаимодействие электромагнитного поля с вакуумом электрон-позитронного поля приводит к зависимости скорости распространения света от температуры излучения. Оценки показывают, что в современную эпоху даже при очень высоких температурах, таких как те, которые существуют в недрах звезд (типа Солнца), температурно-зависимая поправка к скорости света чрезвычайно мала [11]:

$$\Delta c/c = c - c_0 \approx 10^{-5} \text{ cm/s} \quad (10)$$

Где  $\Delta c$  - температурная поправка к скорости света,

$c$  - скорость света внутри звезды,

$c_0$  - скорость света в космическом вакууме.

Однако в космологической модели горячей Вселенной в первые моменты после Большого взрыва температура была настолько высока, что скорость света была на много порядков выше современной. Эффект зависимости скорости света от температуры должен иметь важное значение для понимания ранней эволюции Вселенной. В результате доктор Юрий Полуэктов получил зависимость для постоянной тонкой структуры, записанную через наблюдаемую скорость света [11]:

$$\alpha_0 \equiv \frac{e^2}{\hbar c} \quad (11)$$

С расширением Вселенной и ее остыванием скорость света уменьшалась и в нашу эпоху достигла своего значения, почти равного скорости света при нулевой температуре. При

температуре Планка  $T_p \approx 1,42 \times 10^{32}$  [K]  $\approx 10^{19}$  [ГэВ] скорость света была бы намного выше современной [11]:

$$\vartheta_p / \vartheta_\phi \approx 0.8 \cdot 10^{17} \quad (12)$$

Доктор Ю. Полуэктов в таблице 1 представил, как изменилась скорость света при охлаждении Вселенной в первые моменты после Большого взрыва [11].

**Таблица 1**

$t, s$	$T, GeV$	$T, K$	$\tau = T / T_0$	$n, cm^{-3}$	$\vartheta_p / \vartheta_\phi$
$5.4 \cdot 10^{-44}$	$1.2 \cdot 10^{19}$	$1.42 \cdot 10^{32}$	$4.9 \cdot 10^{22}$	$1.3 \cdot 10^{47}$	$0.8 \cdot 10^{17}$
$10^{-39}$	$10^{16}$	$10^{29}$	$3.5 \cdot 10^{19}$	$1.6 \cdot 10^{45}$	$2.3 \cdot 10^{14}$
$10^{-11}$	100	$10^{15}$	$3.5 \cdot 10^5$	$6.5 \cdot 10^{36}$	$1.5 \cdot 10^3$
$10^{-5}$	0.2	$2 \cdot 10^{12}$	$6.9 \cdot 10^2$	$1.4 \cdot 10^{35}$	10
$10^{-2}$	$10^{-2}$	$2 \cdot 10^{11}$	69	$2.5 \cdot 10^{34}$	1.9
1.5	$0.7 \cdot 10^{-3}$	$0.8 \cdot 10^{10}$	2.8	$4.9 \cdot 10^{30}$	1.00003

Причиной большого эффекта на малых временах при слабом фотон-фотонном взаимодействии, как видно из предпоследнего столбца таблицы, является чрезвычайно высокая плотность фотонов при таких температурах [11].

### 3. Зависимость величины тонкой структуры от давления при поляризации квантового вакуума (темной материи) в ядре водорода и нейтронных звездах.

Сотрудничество CMS в экспериментах на Большом адронном коллайдере в 2019 г. изучило распределение продуктов реакции в pp-столкновениях с энергией от 1 ТэВ до 13 ТэВ. Было обнаружено, что уменьшение массы элементарных частиц, полученной по данным до энергии 13 ТэВ, а также уменьшение величины констант взаимодействия на доверительном уровне 95% зависят от энергии, при которой измерения сделаны. Этот эффект, объясняемый поляризацией вакуума, действительно наблюдался в экспериментах, в частности, измерялось уменьшение массы b- и c-кварков, а также уменьшение константы сильного взаимодействия [13]. Эффект поляризации вакуума приводит к экранированию заряда при низких энергиях. С увеличением энергии величина тонкой структуры ( $\alpha$ ) растет логарифмически:

$$\alpha(E) = \frac{\alpha_0}{1 - \Delta\alpha(E)} \quad (13)$$

Где  $E$  - напряженность электрического поля,

$\Delta\alpha$  - инкрементное значение, рассчитанное как часть КХД

В 2018г. профессор Фолькер Буркерт провел серию экспериментов на ускорителе SEBAF. После столкновения быстрых электронов с массой жидкого водорода (источника протонов) исследователи зарегистрировали частицы, возникающие в результате их взаимодействия - электрон, протон и два фотона. Это позволило впервые измерить давление в центре протона, бомбардируя протон электронами, энергия которых достигала 100 МэВ или более, что позволяло электрону проникать в структуру протона (Рис.2) [14].

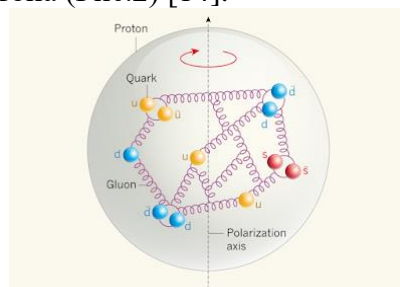


Рисунок 2. Строение протона, кварков и глюонов.

Фолькер Беркерт и его коллеги из лаборатории Джефферсона обнаружили, что в протоне давление может превышать  $10^{35}$  Паскаль [14]. Известно, что при таком давлении наблюдается поляризация квантового вакуума и в соответствии с формулой (13) рост величины постоянной тонкой структуры. Профессор А.В. Рыков РАН, Институт физики Земли, опираясь на свою теорию вакуума, а также на энергию поляризации вакуума и его электромагнитные параметры ( $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$ ), рассчитал значение тонкой структуры околоземного квантового вакуума (темной материи) и внутриядерного квантового вакуума [15]. По его данным, тонкая структура околоземного квантового вакуума  $\alpha_e = 0,0072975$  или (1/137) и тонкая структура внутри ядра водорода  $\alpha_x = 0,00318157$  (1/314) определяют в первом случае электромагнетизм, во втором случае ядерные силы [15]. Профессор А.В. Рыков определил силу упругой деформации в околоземном квантовом вакууме  $F = 1.155 \times 10^{19}$  [кг / с<sup>2</sup>] и внутри ядра протона  $F = 5.211 \times 10^{26}$  [кг / с<sup>2</sup>]. [15].

В статье астрофизиков из Финляндии, опубликованной 1 июня 2020, говорится, что «материя внутри максимально массивных стабильных нейтронных звезд интерпретируется как свидетельство наличия ядер кваркового вещества, в которых скорость звука почти достигает скорость света» [16]. Считается, что определенная форма этого странного вещества, называемая кварк-глюонной плазмой, заполнила новорожденную вселенную примерно через 20 микросекунд после Большого взрыва. Она вела себя как чрезвычайно горячая жидкость, которая затем охлаждалась до состояния «обычного» вещества, которое сегодня наполняет вселенную [16]. В настоящее время единственное место во Вселенной, где все еще можно найти материю кварков, - это эпицентр столкновений частиц на Большом адронном коллайдере и, возможно, сердце нейтронной звезды. Именно в нейтронных звездах ядерные силы определяют значение тонкой структуры, равное  $\alpha_x = 0,00318157$  (1/314). Более того, сила удержания кварков в ядре нейтронной звезды составляет  $F = 5,211 \times 10^{26}$  [кг / с<sup>2</sup>].

#### 4. Заключение

Таким образом, значение тонкой структуры определяют пять фундаментальных взаимодействий: электромагнитное, гравитационное, сильное и слабое ядерные взаимодействия и пятое взаимодействие между барионной материей и квантовым вакуумом (темной материей) и производные от них: температура, давление и поляризация.

#### Литература

1. Wilczynska M. R. et al. "Four direct measurements of the fine structure constant 13 billion years ago", *Science Advances*, (2020), DOI: 10.1126 / sciadv.aay9672
2. Lachlan Gilbert, "New findings suggest laws of nature 'downright weird,' not as constant as previously thought", *University of New South Wales*, (April 27, 2020)
3. С.И. Константинов, Две модели – два взгляда на космологию 21 века // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.25074, 08.01.2019
4. С.И. Константинов, Анизотропия поздней Вселенной // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.26334, 23.04.2020
5. Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Менегуццо Ф. "Фундаментальные эксперименты по обнаружению анизотропии физического пространства и их возможная интерпретация" - М.: Известия РАН, Серия Физическая, Том 79, №7, 2015
6. Krasznahorkay Attila et al., "Observation of Anomalous Internal Pair Creation in <sup>8</sup>Be: A Possible Signature of a Light, Neutral Boson", *Phys. Rev. Lett.*, 116, 042501, (2016)
7. Новости физики в Интернете, «Частица X17», *Успехи физ. Наук*, Том 190, №1, с.112, (2020)
8. Feng Jonathan L., *Protophobic Fifth Force Interpretation of the Observed Anomaly in <sup>8</sup>Be Nuclear Transitions*, arXiv: 1604.07411v2 [hep-ph], (15 Aug. 2016)
9. Адорнов Т.К., Гаврилов С.П., Гитман Д.М., Феррейра Р., «Особенности рождения пар частиц в пиковом электрическом поле» – М.: Известия ВУЗов, Т.60, №3, (2017).

10. Гитман Д.М., Гаврилов С.П. «Описание процессов в сильных внешних полях в рамках КТП» - М.: Известия ВУЗов, Т.59, №11, (2016).
11. Полуэктов Ю.М., «О зависимости равновесной скорости света от температуры», Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», (2019), номера PACS: 05.10.-a, 05.30.-d, 11.10.Wx, 12.20.-m, 14.70.Bh, 42.25.-p, 42.50.-p, 42.65.-k, 98.80.-k
12. Konstantinov Stanislav, “Polarization of Vacuum”, Open Access Journal of Physics, Volume 2, Issue 3, pp. 15-24, (2018)
13. Новости физики «Бегущая масса  $\tau$ -кварка», Успехи Физических Наук, Том 189, №11, (2019) DOI: 10.3367 / UFNe.2019.10.038675
14. Burkert V.D. and Elouadrhiri L. and Girod F.X., “The pressure inside the proton” Nature, 557:396–399, (2018)
15. А.В. Рыков, «Основы теории эфира», М.: Российская академия наук, Институт физики Земли, (2000).
16. Eemeli Annala, and et al., “Evidence for quark-matter cores in massive neutron stars”, Nature Physics, (01 June 2020)