

Странное поведение протонов в Большом Адронном Коллайдере и космических детекторах ПАМЕЛА и АМС-02

1. Вступление

Поведение релятивистских протонов в коллайдерах и космических детекторах ПАМЕЛА и АМС-02 противоречит представлениям Стандартной Модели (СМ). В коллайдерах с увеличением энергии релятивистских протонов растет эффект их устойчивости после соударения, то есть растет вероятность сохранения протона как единой частицы по мере возрастания энергии соударения [1]. В магнитном спектрометре ПАМЕЛА с ростом энергии релятивистских протонов растет вероятность их регистрации в качестве первичных позитронов, что порождает эффект ПАМЕЛА, то есть рост позитронов относительно электронов в регистрируемом потоке частиц и античастиц в околоземном пространстве [2]. В альфа-магнитном спектрометре АМС-02 резонансный максимум полного энергетического спектра вторичных электронов и позитронов при энергии протонов (фотонов) $W_p \approx 10\text{-}30$ ГэВ [3, рис.16], а также максимумы энергетических спектров, полученных отдельно для позитронов [3, рис.21] и электронов [3, рис.22] в экспериментах АМС-02 (2011-2015 гг.), убедительно подтверждают негравитационное проявление темной материи в околоземном пространстве. И самое поразительное, что интервал резонансной энергии протонов в Большом Адронном Коллайдере (БАК), при котором наблюдается наибольшая вероятность неупругих столкновений протонов и рождение новых частиц, также соответствует интервалу энергии $W_p \approx 10\text{-}30$ ГэВ [1]. Думаю, что после того, как Фолькер Буркерт и его коллеги из лаборатории Джефферсона установили, что в центре протона давление может превышать 10^{35} паскалей [4], было бы наивным предполагать, что максимальной энергии встречных пучков протонов, достижимых в БАК, хватило бы для разрушения протона. Тем более, что экспериментально установлено, что с ростом энергии протонов, вероятность их упругих столкновений в процентном отношении растет, а при энергиях порядка 10-30 ГэВ наблюдается максимум неупругих столкновений, сопровождающихся рождением массы новых частиц. Можно предположить, что рождение новых частиц в указанном интервале энергий связано с резонансными явлениями в квантовом вакууме (темной материи) и не имеют отношения к целостности протонов, то есть все столкновения протонов в БАК являются упругими. Наличие среды квантового вакуума (темной материи) в БАК определяет и отсутствие релятивистского роста массы (энергии) до бесконечности для протонов, при $v \rightarrow c$, что также противоречит представлениям Стандартной Модели [5]. Объяснить странное поведение протонов можно только вне рамок СМ.

2. Эксперименты

2.1 Давление внутри протона и эффект устойчивости релятивистских протонов с ростом энергии их соударения в Большом Адронном Коллайдере (БАК)

В мае 2018 в журнале Nature были опубликованы эксперименты американских ученых по измерению давления внутри протона. Фолькер Буркерт и его коллеги по Лаборатории Джефферсона провели серию экспериментов на ускорителе СЕВАФ, обстреливая протон электронами, энергия которых достигала 1МэВ и более. При этом частоту электрона, исходя из волновой функции Шредингера и, соответственно длину волны частицы по формуле де Бройля, можно определить из выражений:

$$v = W/h, \quad \omega = W/\hbar, \quad \lambda = 2\pi c/\omega \quad (1) \text{ или}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (2)$$

Для энергии электрона 1МэВ длина его волны будет равна $\lambda_e = 1.23 \cdot 10^{-12}$ м.

$W_e \geq 1 \text{ МэВ} = 1.6493 \cdot 10^{-13}$ Дж. $v_e = 2.4891 \cdot 10^{20}$ Гц $\omega_e = 1.4945 \cdot 10^{21}$ Гц $\lambda_e = 1.23 \cdot 10^{-12}$ м

где W - энергия электрона
 h - постоянная Планка $h = 6.6260 \cdot 10^{-34}$ Дж/ Гц
 $\hbar = h / (2\pi)$ $\hbar = 1,0546 \cdot 10^{-34}$ Дж/ Гц
 c – скорость света $c = 299792458$ м/с
 m – масса электрона
 v – скорость электрона

При такой малой величине длины волны электроны проникают в протон. Затем исследователи наблюдали за рассеянием, полученными фотонами, сравнивая их характеристики с информацией о протоне и ускоренном электроне, чтобы определить, как кварки отреагируют на удар. Это рассеяние дало ученым схему энергий и импульсов, позволившую описать экстремальное давление в центре протона, которое не позволяет протону разрушиться, удерживая кварки вместе. Протон состоит из трех кварков – двух u -кварков (верхних кварков от слова up) и одного d -кварка (нижний кварк от слова down), отсюда обозначение uud . Глюоны связывают кварки uud в единую частицу. Максимальное отталкивание между кварками наблюдается на расстоянии 6×10^{-13} м, при этом давление достигает величины 10^{35} паскалей [4].

Теперь перейдем к экспериментальным открытиям, сделанным в последнее время в БАК. К ним, в частности, можно отнести возрастание вероятности процессов упругого рассеивания релятивистских протонов по мере увеличения энергии их соударения, то есть возрастание эффекта устойчивости протонов. Пучки протонов сталкиваются в БАК с энергиями вплоть до 13 ТэВ в их системе центра масс. Эта энергия должна превышать собственную массу покоя протона более чем на четыре порядка по величине ($m_p \sim 9380000$ МэВ) [1]. Основная цель исследований на коллайдере состоит в изучении сил, управляющих взаимодействием частиц и выяснения их внутреннего строения. Хотя в настоящее время не найдено указаний на критические отклонения от предсказаний Стандартной Модели (СМ), объединяющей сильные и электрослабые взаимодействия, наблюдаются ряд экспериментальных фактов, требующих своего объяснения. Эта проблема особенно наглядно проявляется в случае сильных взаимодействий в так называемых мягких адронных процессах. В частности, вызывает удивление тот факт, что по мере возрастания энергии соударения релятивистских протонов, вероятность сохранится, в качестве единой частицы, для протонов возрастает. Такая картина противоречит представлениям классической физики и выходит за рамки СМ. Автор статьи [1] И. В. Дремин делает вывод, что вероятность выживания двух протонов с сохранением их целостности, при увеличении энергии столкновений связана со статическими свойствами адронов с кварками и глюонами, расположенных внутри оболочки и имеет чисто квантовую природу. Они проявляют себя при неупругих процессах в виде вновь рожденных обычных частицах и резонансах. Именно динамика внутренних полей в процессе упругого соударения протонов должна быть ответственна за наблюдаемое возрастание вероятности выживания протонов с ростом их энергии [1].

Однако, после определения величины давления в протоне $P \sim 10^{35}$ паскалей [1], наивно думать, что даже максимальная энергия 13 ТэВ, сообщаемая протонам при столкновении в БАК, способна разрушить целостность протона как частицы. Тогда на каком основании профессор И.В. Дремин рассуждает о неупругих столкновениях протонов при энергиях соударения порядка 10-100 ТэВ, их разрушении и рождении обычных частиц и резонансах. Рождение обычных частиц в БАК при энергии протонов порядка 10-100 ТэВ действительно наблюдается, но объяснить этот эффект можно резонансный максимум поляризации квантового вакуума (темной материи) являющегося третьим полноправным участником столкновения протонов в БАК, присутствие которого упорно не хотят замечать апологеты господствующей вот уже 100 лет в физике теории Эйнштейна.

2.2 Эксперимент ПАМЕЛА

Магнитный спектрометр ПАМЕЛА был запущен на борту спутника «Ресурс-ДК» на эллиптическую околополярную орбиту с высотой 350 – 600 км для изучения потоков частиц и античастиц космического излучения в широком энергетическом диапазоне от десятков МэВ до сотен ТэВ. С июля 2006г. по январь 2016г. проводились непрерывные измерения потоков

космических лучей. Прибор ПАМЕЛА состоит из магнитного спектрометра на основе постоянного магнита $\sim 0,4$ Тл, окруженного детекторами антисовпадений, электромагнитного калориметра, времяпролетной системы, ливневых сцинтилляционных счетчиков и нейтронного детектора. Магнитный спектрометр имеет шесть стриповых кремниевых плоскостей, которые измеряют координаты трека с точностью до 3 мкм, что позволяет определить знак заряда частицы и их жесткость по отклонению в магнитном поле. Электромагнитный калориметр позволяет проводить разделение электромагнитных и адронных каскадов и измерять энергию электронов и позитронов с точностью не хуже 10% от нескольких ГэВ до сотен ГэВ. Времяпролетная система обладает разрешением около 300 пс и дает возможность отделить низкоэнергетические протоны от позитронов вплоть до 0,8-1 ГэВ. Создатели прибора ПАМЕЛА утверждают, что «применение полного набора критериев обеспечивает коэффициент отсеивания протонов на уровне 10^{-5} , что позволяет надежно выделять электроны и позитроны на фоне протонов.» [6]. Обратим внимание на то, что до энергии 0,8-1 ГэВ в отделении низкоэнергетических протонов от позитронов участвовала времяпролетная система, обладающая разрешением около 300 пс., а далее разделение позитронов и релятивистских протонов осуществлялось без ее участия, с помощью других систем. Это электромагнитный калориметр, который служит для измерения энергии электронов и позитронов и эффективного их отделения от адронов и магнитный спектрометр ПАМЕЛА. Именно с этого момента начинает проявляться «Эффект ПАМЕЛА» (Рис. 1)

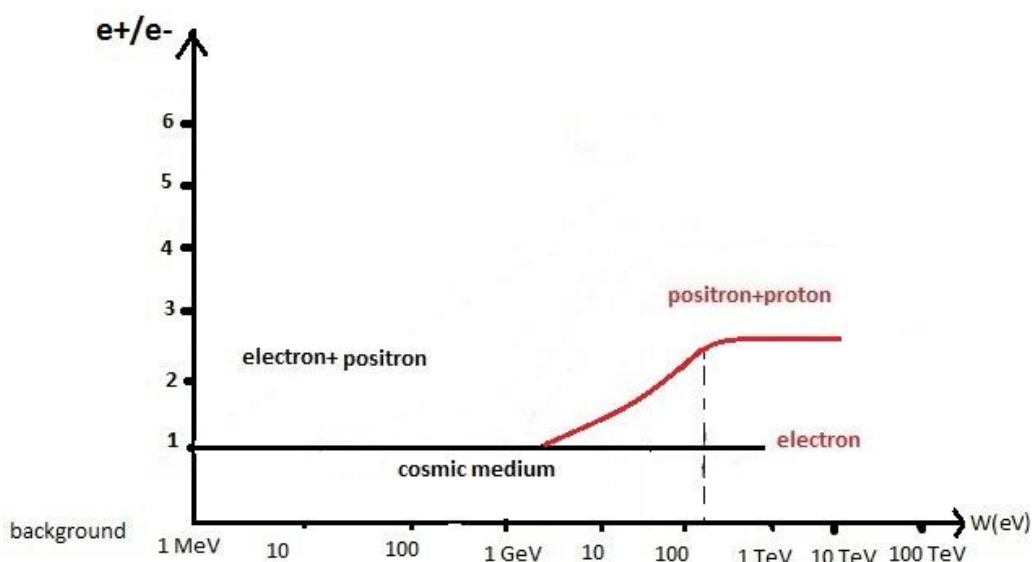


График измерения позитрон-электронных отношений (e^+/e^-) в экспериментах ПАМЕЛА
Рис.1

2.3 Эксперимент АМС-02

Альфа-магнитный спектрометр АМС предназначен для измерения высокоэнергетичных заряженных частиц с набором большой статистики (в среднем на 2-3 порядка больше «стандартных» измерений в космических лучах). Величина электрического заряда в детекторе АМС измеряется независимо координатным детектором (Tracker), черенковским детектором (RICH), счетчиком времени полета (TOF), знак заряда и импульс частицы измеряются по траектории в магните с помощью девяти плоскостей двухстороннего координатного кремниевого детектора. Скорость частицы измеряется времяпролетной системой (TOF) с временным разрешением 160 пс, детектором переходного излучения (TRD) и черенковским детектором (RICH). Энергия электромагнитных частиц измеряется в калориметре (ECAL). Аппаратура

детекторов АМС-01 и АМС-02 разрабатывалась на основе ускорительных экспериментов, ранее не использовавшихся в космических установках. Координатный детектор АМС-02 (трекер) в настоящее время является самым большим трековым детектором (площадь 6,7 м²), построенным для космических исследований. Достигнутые точности были бы очень высокими даже для наземных установок [3]. Детектор АМС-02 был размещен на Международной космической станции (МКС) и в течении 2011-2015 годов на нем проводился широкий спектр исследования космического излучения в околоземной среде. С помощью АМС-02 были проведены прецизионные измерения спектров электронов и позитронов в диапазоне энергий 0,5-700 ГэВ для электронов и 0,5- 500 ГэВ для позитронов. Анализируя результаты исследований, сотрудник Массачусетского технологического института Ю.В.Галактионов отмечает, что «ни электронный, ни позитронный спектры не могут быть описаны степенным законом с единым показателем степени во всем исследуемом интервале энергий» [3]. Прецизионные данные АМС-02 подтвердили, что при высоких энергиях релятивистских протонов отношение количества позитронов к электронам увеличивается с увеличением энергии протонов, т.е. имеет место эффект ПАМЕЛА. Однако, обратим внимание на то, что временное разрешение времяпролетной системы детектора АМС почти в два раза выше, чем у времяпролетной системы детектора ПАМЕЛА (160пс против 300пс). Это позволяло использовать времяпролетную систему в детекторе АМС-02 для отделения релятивистских протонов от вторичных позитронов до более высоких энергий протонов, чем в детекторе ПАМЕЛА и тем самым отодвинуть границу обнаружения «эффекта ПАМЕЛА». Самое замечательное, что по данным АМС-02 удалось зафиксировать наличие экстремума (резонансный максимум) в суммарном спектре электронов и позитронов при энергии внешнего излучения и релятивистских протонов $W_p \approx 15-20$ ГэВ Рис.16,21,22 [3]. Это может указывать на генерацию вторичных электрон-позитронных пар в околоземной космической среде (темной материи). По утверждению Ю.В.Галактионова «одной из важнейших целей физической программы исследований АМС-02 являлось обнаружение темной материи в околоземной среде в ее негравитационных проявлениях» [3]. Одним из таких негравитационных проявлений и могла бы стать резонансная генерация вторичных электрон-позитронных пар в темной материи под воздействием космического излучения и релятивистских протонов [2].

2.4 Миссия Magnetospheric Multiscale (MMS)

Рассмотрим еще один способ рождения электрон-позитронных пар в околоземном пространстве путем процессов реконнекции - взрывного контакта между двумя линиями магнитного поля в тонких слоях магнитосферы Земли под действием солнечного ветра, на высоте до 25000 км. Четыре зонда NASA в рамках миссии Magnetospheric Multiscale (MMS) зафиксировали резкий всплеск электронов и позитронов в тонких слоях магнитного поля Земли при столкновении магнитосферы и солнечного ветра, создающего экстремально- турбулентную зону. Быстрые частицы рождаются и разлетаются из этой зоны в точно противоположных направлениях. Эти струи частиц оказываются типичными для реконнекции. Исследователь Тан Фан из Калифорнийского университета в Беркли заявил, что разрешение предыдущих измерений зондов было недостаточно, чтобы выявить реконнексию в тонких слоях магнитного поля. В рамках миссии MMS каждый из четырех трехметровых восьмиугольных зондов несет на себе 25 сенсоров и все четыре зонда с 2015 вращаются вокруг Земли, выполняя основную задачу: исследовать взрывные краткосрочные процессы реконнекции. При этом важной их характеристикой является то, что измерительные инструменты обеспечивают точность и учет распределения частиц с временным разрешением в 37,5 и 7,5 миллисекунд. Такое разрешение в 80 и 400 раз соответственно выше, чем удавалось достичь ранее.

Рождение электрон-позитронных пар в космическом вакууме (темной материи) в процессе реконнекции может являться одним из не исследованных источников вторичных электронов и позитронов в околоземном пространстве.

2.5 "Эффект ПАМЕЛА"

Сегодня появилось большое количество работ, объясняющих рост позитронов в эффекте ПАМЕЛА, их число превышало несколько сотен. Само это число указывает на то, что до сих пор нет убедительных объяснений этого эффекта. «Эффект ПАМЕЛА» заключается в необъяснимом росте количества позитронов по отношению к электронам в общем количестве регистрируемых магнитным спектрометром ПАМЕЛА вторичных электронов и позитронов, с ростом энергии космического излучения и релятивистских протонов начиная с 5ГэВ [6]. Этот же эффект наблюдается при регистрации электрон-позитронного отношения в экспериментах АМС-02 [3]. Вторичные электроны и позитроны генерируются в космической среде релятивистскими протонами радиационного пояса Земли и космическим излучением и находятся в пределах границ магнитосферы Земли, которая принимается равной 25000км. При этом генерация вторичных частиц от релятивистских протонов радиационного пояса Земли почти в 100 раз выше, чем от космического излучения, а энергетический спектр вторичных позитронов и электронов является весьма «мягким» с резким спадом выше 100 МэВ [6]. Решение загадки «Эффект ПАМЕЛА» находится на стыке трех направлений физики: физики элементарных частиц, теории электродинамики и астрофизики. В то же время исследователи полностью исключают объяснение роста позитронов ошибками экспериментов, однако такая системная ошибка может существовать, поскольку все детекторы основаны на общих физических принципах и используют магнитные спектрометры для разделения заряженных космических частиц и измерения их энергии. Нами предлагается рассмотреть вероятность того, что в роли позитронов в эффекте ПАМЕЛА могут появиться релятивистские протоны, которые ошибочно суммируются в детекторе ПАМЕЛА и АМС-02 с позитронами. Это утверждение подтверждается тем, что спектр вторичных позитронов становится больше жестким с ростом энергии, а спектр электронов мало меняется [3]. Механизм ускорения космических лучей в расширяющихся нерелятивистских ударных волнах, возникающих при взрыве сверхновой, предсказывает для энергетических спектров частиц степенной закон с обрезанием при высоких энергиях протонов [3]:

$$\Phi = C \left(\frac{E}{E_0}\right)^{-\gamma} \exp\left(\frac{E}{E_0}\right), \quad (3)$$

что в точности соответствует спектру «источника» первичных позитронов в эффекте ПАМЕЛА в диапазоне энергий 20-200 ГэВ (рис.21,22) [3, с. 58]. Спектральный индекс γ обычно равен 2, хотя и с большой неопределенностью. Этот факт также подтверждает, что вместе с позитронами детекторы ПАМЕЛА и АМС-02 фиксируют релятивистские протоны. Рассмотрим возможную причину сбоя аппаратуры космического детектора.

3. Методика измерения энергии заряженных частиц в магнитном спектрометре и их разделение с участием сил Лоренца

Наиболее распространенными приборами для точного измерения энергетического спектра постоянных и импульсных пучков заряженных частиц являются магнитные спектрометры. В основе этого метода лежит зависимость радиуса циклотронной орбиты от кинетической энергии частицы. Равенство силы Лоренца и центробежной силы при движении частицы по окружности в однородном магнитном поле приводит к уравнению:

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad (4)$$

где q – заряд частицы, v – ее скорость, B – индукция магнитного поля,
 r – радиус циклотронной орбиты, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, m_0 = масса покоя, c – скорость света.

По известным значениям q , r , B можно вычислить кинетическую энергию частицы:

$$W = m_0c^2 \left\{ \sqrt{\frac{q^2B^2r^2}{(m_0c^2)^2} + 1} - 1 \right\} \quad (5)$$

В современных спектрометрах, для оценки кинетической энергии ультрарелятивистских заряженных частиц в магнитном поле, когда $qBr \gg m_0c^2$, используют приближенное соотношение [7]:

$$W \approx qBr \quad (6)$$

где q – заряд частицы,

B – индукция однородного магнитного поля,

r – радиус окружности, описываемой частицей в однородном магнитном поле.

Из выражения (6) видно, что кинетическая энергия заряженной частицы в магнитном спектрометре прямо пропорциональна величине заряда, который в классической электродинамике не зависит от скорости частицы, и радиусу циклотронной орбиты, который определяется в спектрометре экспериментально. Однако, по мере приближения скорости частицы к скорости света уменьшается эффективность воздействия магнитного поля на заряженную релятивистскую частицу и соответственно радиус циклотронной орбиты ультрарелятивистской частицы, описываемой ею под действием силы Лоренца. С помощью одной только методики магнитного отклонения, релятивистский прирост массы (энергии) не измерить. Чтобы оценить этого прироста, следует эту энергию выделить, превратить в другие формы – а для этого требуется взаимодействие быстрой частицы не с полями, а с веществом. Первые же честные измерения тормозных потерь быстрых частиц – в пропорциональных счётчиках [8] и фотоэмульсиях [9] – показали: энергия частицы не растет в релятивистскую бесконечность, а выходит на насыщение. Окончательную ясность в этот вопрос внес в 2010 году китайский физик Фан Лиангджао после проведения трех экспериментов на линейном ускорителе Шанхайского университета [10]. Каждый из них с очевидностью говорил об отсутствии релятивистского роста у быстрых электронов. Особенно впечатляет тот факт, что, при увеличении в разы ускоряющего вольтажа и такого же «увеличения энергии» релятивистского электрона, радиус кривизны его траектории в магнитном поле, вместо увеличения остаётся постоянным. Этот факт может указывать на причину сбоя при разделении частиц в магнитных спектрометрах, обуславливающую возможные системные ошибки космических детекторов ПАМЕЛА и АМС-02. Он также говорит о полной непригодности магнитной методики в релятивистской области измерений для разделения первичных позитронов и ультрарелятивистских протонов.

4. Заключение

Таким образом, странное и необъяснимое, с позиций Стандартной Модели, поведение релятивистских протонов в Большом Адронном Коллайдере и космических детекторах ПАМЕЛА и АМС-02 можно объяснить негравитационным проявлением темной материи, участвующей во всех взаимодействиях в природе.

Литература

1. Дремин И.М. *Некоторые новые открытия на коллайдерах* – М.: УФН, Том 188, №4, (2018)
2. Konstantinov S.I., *Dark matter and generation of secondary electrons anpositrons in the near-Earth space environment from the data of experiments PAMELA, FERMI and AMS* - Global Journals Inc. (US) GJSFR-A, Volume 17, Issue , (2017).
3. Галактионов Ю.В. *Поиски антивещества и темной материи и прецизионные исследования потоков космических лучей на Международной космической станции. Эксперимент АМС. Результаты четырех лет экспозиции.* - М: УФН, Том 187, №1 (2017).
4. Volker Burkert, *The pressure inside the proton-* Nature, may
5. Konstantinov S.I., *Tokomaks, Accelerators, Colliders and Maxwell's Electrodynamics,-* Global Journals Inc. (US) GJSFR-A, Volume 16, Issue 6, (2016)

6. Михайлов В.В.и др., *Вторичные позитроны и электроны в околоземном космическом пространстве по данным эксперимента ПАМЕЛА*, - М.: Известия РАН, Серия Физическая, Том 81, №2, (2017)
7. Кудасов Ю.Б., *Электрофизические измерения*, - М.: Физматлит, (2010)
8. М.Дейч, О.Кофед-Хансен. Бета-рапад. В кн.: Экспериментальная ядерная физика, т.3. Пер. с англ. под ред. Э.Сегре. М., «Изд-во иностранной литературы», (1961)
9. В.С.Барашенков, В.С.Тонеев. Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. М., «Атомиздат», (1972)
10. Liangzao Fan. Three experiments challenging Einstein's relativistic mechanics and traditional electromagnetic acceleration theory. Серия «Проблемы исследования Вселенной», Вып. 34. Труды Конгресса-2010 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники», Часть III, стр.5-16. С-Пб., 2010. Также доступна на <http://ivanik3.narod.ru/TO/DiHUALiangzaoFAN/3LiangzaoFAN.doc>