

КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ВЗРЫВ КАК СЛЕДСТВИЕ РЕЗКОГО ИЗМЕНЕНИЯ КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ В ЯДЕРНОЙ МАТЕРИИ

А.К.АВETИСЯН

Поступила 25 июня 2007

Принята к печати 14 ноября 2007

Предложена эвристическая гипотеза о доминировании Бозе-статистики при переходе из Эры Радиации в Эру Материи в ранней Вселенной. Показана возможность крупномасштабной Бозе-конденсации материи из барион-антибарионных пар, благодаря которой может накапливаться колоссальная масса в объеме космических масштабов. При пороговой плотности материи структурные бозоны распадаются на составляющие их фермионы и в результате внезапного изменения симметрии волновых функций частиц Бозе-Эйнштейновская статистика скачком переходит в Ферми-Дираковскую. При этом происходит крупномасштабный фазовый переход с колоссальным скачком давления, что может проявляться в виде Космологического Взрыва в начале Эры Материи.

Ключевые слова: *космология: Бозе-Эйнштейновская конденсация: Большой взрыв*

1. *Введение.* На базе сегодняшних знаний физики о модели Большого Взрыва (БВ), являющегося следствием предполагаемого "спонтанного нарушения суперсимметрии" в теории Великого объединения, можно делать лишь качественные предположения относительно отдельных этапов эволюции Вселенной (ЭВ). В рамках существующей описательной теории БВ физическая картина ЭВ остается не совсем прозрачной не только в физических деталях, но и в астрофизических приложениях [1-3]. Альтернативные подходы к пониманию картины ЭВ даже в одном отдельно взятом этапе, в данном случае при переходе из Эры Радиации (ЭР) в Эру Материи (ЭМ), а также эвристические гипотезы относительно возможного альтернативного Космологического Взрыва (КВ) в период ЭМ, естественно в другом истолковании космологических явлений в совокупности микро- и макропроявлений в крупномасштабном рассмотрении, могут все еще сохранять право на жизнь.

В работе предложена альтернативная космологическая модель, в рамках которой развита теория возможного альтернативного КВ в ЭМ, как следствие внезапного изменения квантовомеханической симметрии и соответствующей статистики в ядерной материи.

Исходя из принципа энергетической выгоды термодинамического

описания макроскопических систем, предлагается гипотеза образования в ранней Вселенной Бозе-Эйнштейновского ансамбля из пар элементарных частиц барионов и антибарионов (возможно также лептонов и антилептонов) полем высокоэнергетических γ -квантов, с последующим образованием Бозе-Эйнштейновского конденсата (БЭК) из таких пар. Показано, что спонтанное изменение квантовомеханической симметрии волновых функций структурных бозе-частиц и переход из Бозе-Эйнштейновской статистики (БЭС) в Ферми-Дираковскую (ФДС) может проявляться как термодинамический фазовый переход, сопровождающийся колоссальным скачком термодинамических величин, в частности давления. Основываясь на этом феномене, предсказывается возможность проявления КВ в начале ЭМ.

Механизмы рождения электрон-позитронных пар сильным полем излучения в разных астрофизических ситуациях рассмотрены в серии работ [4], которые могут быть обобщены, в принципе, на случай рождения протон-антипротонных пар γ -квантами из "Дираковского вакуума". Ситуация иная в случае нейтронов и антинейтронов: поскольку они не участвуют в электромагнитных взаимодействиях, то возможность рождения нейтрон-антинейтронов в самом начале ЭМ следует исследовать промежуточными физическими механизмами. Примерами таких возможных реакций (см., например, [5,6]), инициированных первичными γ -квантами, окончательным продуктом которых являются нейтроны и антинейтроны, могут быть: а) $\gamma + \gamma \rightarrow \nu + \bar{\nu}$, либо $\gamma + \gamma \rightarrow \nu + \bar{\nu} + \gamma$, с последующим рождением нейтронов по каналу $\bar{\nu} + p \rightarrow n + e^+$ (канал $\nu + n \rightarrow p + e^-$ подавлен как из-за малости первоначальных нейтронов, так и из-за нехватки нейтрино); б) образование мюонных пар γ -квантами $\gamma + \gamma \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, которые впоследствии могут стать дополнительным источником генерации нейтронов в соответствии с превращением протонов в нейтроны по каналу $\mu^- + p \rightarrow n + \nu_\mu$.

Поскольку в ЭР, по-видимому, отсутствовали возможные каналы взаимодействий (кроме фотон-фотонных), которые смогли обеспечить элементарные акты перераспределения энергии по частотам фотонов, т.е. привести к процессам термализации изначального поля излучения с последующей "планкизацией", то ранняя Вселенная без материи, т.е. с одним лишь первичным полем излучения, по всей видимости, находилась в возможно низшем энтропийном состоянии (с возможностью лишь малых флуктуаций), которые не смогли заселять всевозможные энергетические микросостояния. Понятно, насколько трудно достоверно определить температуру Вселенной в период перехода из ЭР в ЭМ, когда физическая картина происходящего не вполне ясна, тем более - неоднозначна. Тем не менее, предполагаемая температура ранней Вселенной порядка $T \sim 10^{10}$ К [1-3], а в начале периода

нуклеосинтеза - порядка $T \sim 2 \cdot 10^9$ К, в принципе, может быть вполне пригодной для обоснования основных идей настоящей работы. Действительно, монотонный темп убывания температуры Вселенной при переходе из ЭР в ЭМ и в конечном результате установившаяся температура барионной материи $T \sim 2 \cdot 10^9$ К по порядку величины укладывается в физических представлениях моделей, разработанных в [7,8].

2. *Рождение пар "частица-античастица" γ -квантами.* В рамках общепринятых механизмов предположим, что изначально в ЭР существовали высокоэнергетические γ -кванты, которые в основном двухфотонным механизмом образовывали всевозможные пары, в частности - пары барион-антибарионов. Обсуждение вопросов, образуют ли эти пары БЭК, наряду с конкурирующими явлениями сверхтекучести и сверхпроводимости (теория БКШ) в барионной материи в применении к гипотетическому ядерному веществу, можно найти в [9,10] (и в ссылках). На основе этих работ исследованы вопросы, связанные с принципиальной возможностью пересечения близких по сути "когерентных состояний" в теориях БКШ и БЭК, обоснованы и качественно проиллюстрированы физические условия настоящей модели на основе экспериментальных и наблюдательных данных в рамках различных теорий.

Для данной модели прежде всего необходимо оценить порядок концентрации структурных бозонов. Масштаб квантово-электродинамических эффектов (в данном случае размер пар) - по порядку величины комптоновская длина протона:

$$\lambda_p = \frac{\hbar}{m_p c} \approx 2.1 \cdot 10^{-14} \text{ см.}$$

Этот масштаб соответствует пространственной локализации когерентных состояний γ -квантов, участвующих в процессах рождения и аннигиляции пар, поэтому предположение о первичной структуре ядерного вещества, состоящей из структурных бозе-частиц, можно с достаточной точностью считать разумной до значений концентраций, пока в газе из пар барионов и барион-антибарионов рассеяние между парами не коснется проблем, связанных со структурой пар. Из условия равновесия между первичными гамма-квантами, парами барионов и барион-антибарионов, а также из физического требования, что рассеяния между парами не в состоянии разрушать их до определенного порогового значения концентрации, оценим эту предельную концентрацию структурных бозонов. Здесь уместно использовать также установленные факты из физических экспериментов по рассеянию структурных частиц друг на друге. Известно, что физическое приближение о "точечности" (или элементарности) рассеиваемых друг на

друге структурных частиц не теряет описательную строгость, если амплитуда рассеяния в несколько раз превышает их размер. Исходя из сказанного, для среднего расстояния между структурными бозонами при среднем размере пар $\lambda_p \approx 2.1 \cdot 10^{-14}$ см разумно принять $d_{p\bar{p}} \approx 5 \cdot 10^{-14}$ см. Допустимая концентрация Бозе-газа из структурных барионных пар при этом будет:

$$n_{p\bar{p}} \approx 1.9 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}.$$

Обсудим вкратце вопрос о возможности рождения электрон-позитронных пар. Их порог рождения соответствует частоте γ -фотона $\gamma_{min}^e \approx 1.3 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}$, в соответствии с чем для пространственной локализации электронно-позитронных пар получим

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e c} \approx 3.86 \cdot 10^{-11} \text{ см}.$$

Ферми-структурой электрон-позитронных пар при рассеянии их друг на друге, как и выше, можно пренебречь, если их среднее расстояние меньше $d_{e^+e^-} \approx 9.2 \cdot 10^{-11}$ см. При этом для допустимой верхней границы концентрации электрон-позитронных пар получим значение

$$n_{e^+e^-} \approx 3.1 \cdot 10^{29} \text{ см}^{-3}.$$

Итак, концентрация барион-антибарионных пар в ранней Вселенной более чем в 10^9 раз превышает концентрацию электрон-позитронных пар. Этот результат физически приемлем, если учесть барионную асимметрию Вселенной и электрическую квазинейтральность ядерной плазмы. Отношение концентрации барионов к концентрации реликтовых квантов по данным составляет $\beta = n_B/n_\gamma \approx 10^{-9}$ (β считается космологической постоянной); примечательно, что относительная разница в количестве барионов и антибарионов (барионная асимметрия Вселенной) определяется тем же β параметром: $(n_B - n_{\bar{B}})/n_B \approx n_B/n_\gamma \approx 10^{-9}$. Последнее означает, что в самом начале ЭМ квазинейтральность ядерного вещества обеспечивалась, в основном, антибарионами. Лишь в последующем этапе в игру вступили электроны, обеспечивая квазинейтральность n, p, e -плазмы.

Отметим, что изучение равновесия по отношению к образованию и аннигиляции пар в системе "фотоны - пары барионов" (см. [11]) дает по порядку величины те же результаты для динамически-равновесных параметров (в частности, для концентраций пар), которые выше были получены физически гораздо наглядным феноменологическим подходом.

3. *Гипотеза об изначальной иерархии Бозе-статистики в ранней Вселенной.* Адекватное теоретическое моделирование состояния излучения в ЭР, по-видимому, было по возможности близким к

когерентным фотонным состояниям. Это предположение допустимо, поскольку в этих состояниях квантовые флуктуации настолько подавлены, что для системы γ -квантов, в принципе, приемлемо "приближение когерентного сдвинутого представления" [12-14]. В этих работах последовательно обсуждены физические представления фотонов как в "чисто когерентном", так и в "сдвинуто-когерентном" представлениях, рассмотрены взаимодействие фотонов с системой бозонов и вопросы установления общего равновесия. Для данной модели другим принципиально важным результатом является утверждение, что в когерентно-сдвинутом представлениях образование и уничтожение фотонов во всех процессах, в частности - при рождении и аннигиляции частиц, происходит строго парами. Поскольку фотоны истинно нейтральные, то в процессах рождения в каждом элементарном объеме фазового пространства должны возникать и исчезать истинно нейтральные элементарные частицы или структурные бозоны с нулевым полным зарядом.

Подчеркнем еще раз основополагающую физическую идею данной гипотетической модели: это - изначальная иерархия Бозе-статистики в ранней Вселенной и последующая из этого допущения энергетическая выгодность и квазиэнтропийность макросистемы.

Теперь, на основе полученной выше концентрации $n_{pp} \approx 1.9 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}$, для предельной концентрации структурных бозонов вычислим температуру БЭК. Поскольку для указанной плотности барионный газ уже переходит порог релятивизма, то температуру БЭК вычислим по релятивистски-обобщенной и более наглядной формуле (ср. с [11]):

$$\frac{N}{V} = \frac{gT^3}{2\pi^2(\hbar c)^3} \int_0^\infty \frac{z^2 dz}{e^z - 1} = \frac{gT^3}{2\pi^2(\hbar c)^3} \Gamma(3)\zeta(3). \quad (1)$$

Здесь c - скорость света, \hbar - постоянная Планка, $g = 2s + 1$ параметр спинового вырождения, $\Gamma(x)$ - Гамма-функция, а $\zeta(3) = 1.202$ Дзетта-функция Римана, постоянная Больцмана $k_B \equiv 1$. Значение температуры БЭК получается из (1) при значении плотности $N/V = n_{pp} \approx 1.9 \cdot 10^{39}$:

$$T_0 = \left(\frac{2\pi^2}{2.4g} \right)^{1/3} \hbar c \left(\frac{N}{V} \right)^{1/3} = \left\{ \begin{array}{l} 4.63 \\ 3.21 \end{array} \right\} \times 10^{12} \text{ К}, \quad (2)$$

где верхняя строка соответствует синглетному $\{\uparrow\downarrow\}$ спиновому состоянию барионных пар ($g=1$), а нижняя - триплетному $\{\uparrow\uparrow\}$ состоянию ($g=3$). Поскольку сравнительно высокая температура БЭК свидетельствует в пользу большей вероятности ее реализации, то синглетное состояние энергетически выгоднее по сравнению с триплетным.

Для полноты рассмотрения оценим возможное разрушение Бозе-

конденсата из-за понижения температуры БЭК; если наряду с основным уровнем $\varepsilon_0 = 0$ может образоваться связанное состояние барионных пар с энергией ε_1 , то в такой модели температура БЭК будет

$$T_0^{\varepsilon_1} = T_0^{(\varepsilon=0)} \left\{ 1 - \frac{1}{3\zeta(4)} \cdot \exp \left[-\frac{\varepsilon_1}{k_B T_0^{(\varepsilon=0)}} \right] + \dots \right\}. \quad (3)$$

Предполагаемое возбужденное состояние ε_1 по порядку величины можно оценить, исходя из аналогии фоторождения на ядре, где экспериментально установлены "гигантские резонансы" с энергией порядка $\varepsilon_\gamma \sim 20 + 25$ Мэв для легких элементов и $\varepsilon_\gamma \sim 13 + 18$ Мэв для средних. Выбрав для энергии ε_1 даже наименьшее значение этих резонансов, легко убедиться, что полученные на основе (2) и (3) значения температур БЭК T_0 и $T_0^{\varepsilon_1}$ вовсе не отличаются.

4. *Термодинамическое и гидродинамическое равновесие.* Считая физические основы данной модели в достаточной степени обоснованными, можно перейти к рассмотрению основных космологических последствий теории. С целью выявления первичной картины происходящего в начальном этапе ЭМ, достаточно в общих чертах получить качественные представления о распределении первичной материи и ее размерах. Естественно, такое исследование сначала проведем в сферически-симметрической модели, в ньютоновском приближении, используя уравнения термодинамического и гидростатического равновесия в форме, изложенной в [2,15]. Эти уравнения следует дополнить уравнениями состояния материи в состоянии Бозе-конденсата и излучения в общем термодинамическом равновесии.

Давление системы равновесных фотонов дается выражением [11]

$$P_{ph} = \frac{4\sigma}{3c} T^4 \quad (4)$$

(σ - постоянная Стефана-Больцмана), что сопоставим с давлением барион-антибарионных Бозе-пар. Для простоты и наглядности результатов, при вычислении полной энергии материи, в законе дисперсии частиц сделаем переход к ультрарелятивистскому пределу:

$$E = \frac{gVT^4}{2\pi^2(\hbar c)^3} \int_0^\infty \frac{z^3 dz}{e^z - 1} = \frac{gVT^4}{2\pi^2(\hbar c)^3} \Gamma(4)\zeta(4). \quad (5)$$

Тогда по общему определению давления (F - свободная энергия)

$$P_{BEC} = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = \frac{1}{3} \left(\frac{\partial E}{\partial V}\right)_T \quad (6)$$

для БЭК из барионных пар получаем следующее выражение:

$$p_{в\text{э}к} = \frac{gT^4}{6\pi^2(\hbar c)^3} \Gamma(4)\zeta(4) = \frac{g\pi^2 T^4}{90(\hbar c)^3}. \quad (7)$$

Сравнение выражений (4) и (7) показывает, что давление системы фотонов ничтожно мало по сравнению с давлением материи, поэтому в уравнениях гидродинамического равновесия учтем только давление материи. Сферически-симметрическое распределение материи из структурных бозонов в ранней Вселенной можно качественно описать в предположении о конвективном равновесии [2] (энтропия на один нуклон постоянна во всей конфигурации; это приближение правомерно и в сверхтяжелых звездах). Уравнения гидростатического равновесия без общерелятивистских поправок [2,15] представляется в виде:

$$\begin{cases} \frac{dm}{dr} = \frac{4\pi}{c^2} r^2 \rho_e(r), \\ \frac{dp}{dr} = -\frac{G}{c^2} \frac{1}{r^2} m(r) \rho_e(r). \end{cases} \quad (8)$$

Здесь G - гравитационная постоянная, $\rho_e(r)$ - плотность энергии материи в состоянии БЭК, функция $m(r)$ имеет смысл массы, заключенной в центральной сфере с радиусом r .

Как отмечено выше, уравнение состояния БЭК в форме (7) описывает уникальное свойство: давление материи не зависит от концентрации, что является макроскопическим следствием конденсации основной доли Бозе-частиц в энергетическом пространстве. Теоретическое рассмотрение БЭК подразумевает постоянство температуры в локальном смысле, что не совсем корректно при гравитационном сжатии в космических масштабах. По-видимому, более обоснованно считать, что давление материи в состоянии БЭК может реагировать на пространственную зависимость самосогласованно - из-за температурного градиента $T(r)$, возникающего при сжатии. Тогда, описывающая данную модель замкнутая система уравнений обобщается и во втором уравнении системы (8) следует учесть координатную зависимость $p(r)$ в форме $dp/dr = (dp/dT)[dT(r)/dr]$.

Следующее уточнение, требующее дальнейшего теоретического исследования: если в процессе гравитационного сжатия идеального бозе-газа не происходит заметного изменения давления БЭК (локальная неидеальность БЭК поэтапно "всасывается"), то из-за уменьшения среднего расстояния между структурными бозонами, начиная с определенного значения концентрации барионных пар, следует пересмотреть приближение идеального Бозе-газа. Это критическое значение концентрации, по-видимому, совпадает по порядку величины с определенным выше значением концентрации $n_{\bar{p}\bar{p}} \approx 1.9 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}$; хотя обоснованный подход требует глубокого анализа результатов численного интегрирования системы

уравнений (8) с различными эмпирическими уравнениями состояния БЭК. Сказанное будет материалом последующей статьи, а в данной работе ограничимся приближением идеального газа, считая пригодным представление ядерной материи в состоянии БЭК с обобщенной зависимостью $p(r)$ от $T(r)$ в форме, аналогичной (7):

$$p_{\text{BEC}}(r) = \frac{g \pi^2 T^4(r)}{90(\hbar c)^3}. \quad (9)$$

Остановимся на методе решения уравнений (7), (8) более подробно. По мере гравитационного сжатия гидростатические силы, не имея противодействия со стороны материи в состоянии БЭК, будут накапливать массы до критической концентрации, пока гидростатическое давление не уравнивается с термодинамическим давлением БЭК $p_{\text{BEC}}(r)$ при той же концентрации. При этом амплитуда рассеяния структурных бозонов станет порядка собственных размеров бозе-пар, структурные бозоны распадутся на составляющие их фермионы и параллельно глобальному изменению квантово-механической симметрии волновых функций последует мгновенный переход из БЭС в ФДС. В конечной стадии, из-за вступления в игру Принципа запрета Паули, давление претерпит колоссальный скачок.

Казалось бы, указанный скачок давления можно получить лишь после интегрирования системы (8), однако удовлетворительные оценки получим, основываясь на теоретических представлениях. Проследим за физической картиной гравитационного сжатия материи в состоянии БЭК и перехода из БЭС в ФДС в двух возможных физических предположениях:

Процесс А): при гравитационном сжатии накопление материи до критической плотности $n_{\text{pp}} \approx 1.9 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}$ происходит изотермически при $T \approx 10^{10} \text{ К}$,

Процесс Б): гравитационное сжатие до критической плотности $n_{\text{pp}} \approx 1.9 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}$ происходит с монотонным изменением начальной температуры материи $T \approx 10^{10} \text{ К}$ до конечной температуры $T_0 = 4.63 \cdot 10^{12} \text{ К}$ разрушения состояния БЭК.

В процессе А) давление Бозе-газа достигнет в соответствии с (7) значения

$$p_{\text{BEC}}^{T=\text{const}} = 1.26 \cdot 10^{24} \text{ Па}. \quad (\text{A.1})$$

В этом "крупномасштабно-метастабильном состоянии" Вселенная из барион-антибарионных пар окажется в крайне неустойчивом состоянии; БЭК из барион-антибарионных пар мгновенно разрушится (в конечной стадии будем иметь двухкомпонентный релятивистский Ферми-газ из свободных барионов и антибарионов) и переход из БЭС в ФДС, из-за вступления в игру принципа Паули, обусловит скачкообразный рост давления до значения:

$$p_{F-D} = 3.36 \cdot 10^{35} \text{ Па} . \quad (\text{A.2})$$

Формулы (A.1) и (A.2) определяют относительное изменение давления за счет изменения квантово-механической симметрии:

$$\frac{p_{F-D}}{p_{\text{век}}^{T=\text{const}}} = 2.27 \cdot 10^{11} . \quad (\text{A.3})$$

В процессе Б) в результате аналогичных выкладок получаются соответственно:

$$p_{\text{век}}^{T \neq \text{const}} \doteq 5.8 \cdot 10^{34} \text{ Па} . \quad (\text{B.1})$$

$$\frac{p_{F-D}}{p_{\text{век}}^{T \neq \text{const}}} \doteq 5.8 . \quad (\text{B.2})$$

Из формул (A.3) и (B.2) следует, что относительный скачок давления несравненно велик в случае изотермического сжатия материи. Формула (A.3) указывает на колоссальное возрастание давления при внезапном изменении симметрии в процессе А), тем самым - на принципиальную возможность Космологического Взрыва в начальном этапе ЭМ. Отметим, что скачок давления чувствителен к начальному значению температуры Вселенной. Поэтому представляет астрофизический интерес дополнительное рассмотрение ЭВ в раннем этапе ЭМ с равновесной начальной температурой порядка $T \leq 10^9 + 5 \cdot 10^8 \text{ К}$ (см. [6,7]).

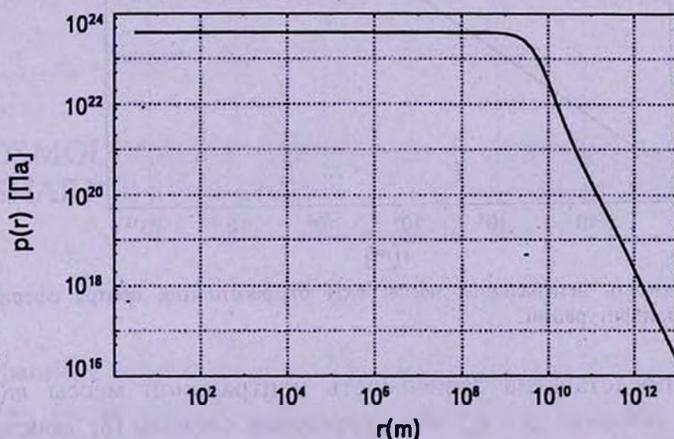


Рис.1. Зависимость давления $p(r)$ от расстояния центра сферически-симметричной конфигурации.

В процессе Б), естественно, возникают проблемы, связанные с физическими явлениями энерговыделения при гравитационном сжатии, что требует последовательного изучения уравнений энтропии и явлений диссипации, всевозможных процессов генерации неустойчивостей и

возмущений или трансформаций генерируемых ими волн. Эти вопросы выходят за рамки настоящей работы и составляют материал отдельной статьи. Поэтому здесь ограничимся численным интегрированием системы (8) в изотермическом приближении, в первом приближении для БЭК принимая уравнение состояния в виде идеального газа.

На рис.1 приведен ход давления $p(r)$ от центра сферически-симметрического распределения материи в состоянии БЭК. Вопрос, при каком значении r_{max} от центра конфигурации следует "останавливать" интегрирование системы (8), тем самым определить эффективный радиус конфигурации $R_{конф}^{эфф} = r_{max}$, равносильно правомерности модели БЭК в "газовом приближении". Физически это требование равносильно условию $T \gg T_{кр}$, где $T_{кр}$ - температура кристаллизации материи. Для оценки используем данные о кристаллизации коры нейтронных звезд и примем $T_{кр} \leq 10^8$ К (см. [16], там же ссылки), в соответствии с чем определим давление кристаллизации $p_{кр} \leq 1.3 \cdot 10^{16}$ Па. Таким образом, в принципе можно считать, что при условии $p > p_{кр}$ правомерно рассмотрение БЭК в "газовом приближении".

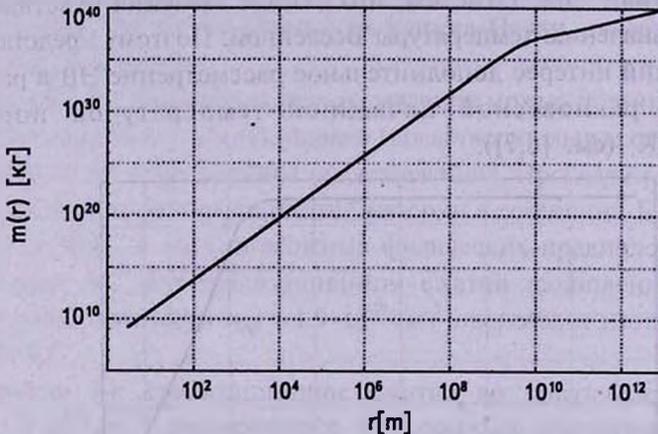


Рис.2. Зависимость центральной массы $m(r)$ от расстояния центра сферически-симметрической конфигурации.

На рис.2 представлена зависимость центральной массы $m(r)$. В соответствии с условием $p \geq p_{кр}$ интегрирование системы (8) "обрезается" при $r_{max} \sim 10^{13}$ м. Автоматически определяется эффективный радиус конфигурации $R_{конф}^{эфф} \approx 10^{13}$ м, а на основе рис.2 самосогласованным образом определяется и полная масса конфигурации $M_{конф}^{эфф} \approx 10^{40}$ кг.

Естественно, возможность образования таких крупномасштабных конфигураций не исключена не только в одном локальном пространственном, но и во временном масштабах. Предлагаемая физическая гипотеза и соответствующая модель, а также ее астрофизические

приложения могут иметь возможные космологические следствия как в мелкомасштабных, так и в крупномасштабных структурах. После КВ во Вселенной могли образовываться не только сравнительно "мелкомасштабные островки" сверхплотной материи, которые впоследствии могли эволюционироваться в различные устойчивые небесные конфигурации, но также всякого рода скопления или даже ассоциации крупномасштабных образований.

В конце отметим, что полученные выше значения параметров для масс и радиусов сферически-симметрических конфигураций сравнительно слабо "реагируют" на вариации параметров уравнения состояния идеального БЭК.

В последующей статье будет представлено сравнительно полное исследование данной теоретической модели в рамках Общей теории относительности, а также с учетом более реалистических полуэмпирических уравнений состояния для БЭК.

Выражаю благодарность академику НАН РА Д.М.Седракяну за интерес к работе. Работа выполнена при поддержке МНТЦ (ISTC), проект No A-1307.

Ереванский государственный университет,
Кафедра астрофизики им. Виктора Амбарцумяна,
Армения, e-mail: aavetis@ysu.am

COSMOLOGICAL BANG AS A CONSEQUENCE OF A SHARP BREAKDOWN OF QUANTUM STATISTICS IN THE NUCLEAR MATTER

A.K.AVETISSIAN

A heuristic hypothesis about dominating of Bose-statistics in the early Universe, at the transition from the Radiation Era to the Matter Era is suggested. The possibility of Bose-Einstein condensate of the matter, consisted of baryon-antibaryon pairs is considered. Due to this phenomenon, the enormous mass may accumulate within the cosmic scales. At the several threshold value of the density these structural bosons decay into composing fermions; as a result the sharp breakdown of symmetry of the particles' wave function occurs and the Bose-Einstein statistics spasmodically transforms into Fermi-Dirac one. A large-scale phase transition occurs due to this

process, conducted with enormous pressure jump, which may become apparent as a Cosmological Bang at the beginning stage of Matter Era.

Key words: *cosmology: Bose-Einstein condensation: Big Bang*

ЛИТЕРАТУРА

1. Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков, Строение и эволюция Вселенной, М., 1975.
2. S.Weinberg, Gravitation and Cosmology, New-York, 1972, (С.Вейнберг, Гравитация и космология, пер. с англ., Мир, М., 1975).
3. С.Вайнберг, Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной, пер. с англ., Мир, М., 1981.
4. Г.К.Аветисян, А.К.Аветисян и др., ЖЭТФ, 74, 21, 1988; H.K.Avetissian, A.K.Avetissian et. al., Sov. Phys. JETP, 72, 26, 1991; Sov. Phys. JETP, 73, 44, 1991; Phys. Rev., D54, 5509, 1996.
5. У.Фаулер, Ф.Хойл, Нейтринные процессы и образование пар в массивных звездах и Сверхновых, Мир, М., 1967.
6. Дж.Фейнберг, Л.М.Ледерман, Мюон и мюонное нейтрино. В кн.: Современные проблемы физики, Наука, М., 1970
7. В.А.Урпин, Д.Г.Яковлев, Астрофизика, 15, 647, 1979.
8. Д.М.Седракян, А.К.Аветисян, Астрофизика, 26, 489, 1987.
9. Д.М.Седракян, К.М.Шахабасян, УФН, вып. 7, 161, 3, 1991.
10. A.Sedrakian, J.W.Clark, Phys. Rev., C73, 035803, 2006.
11. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Статистическая физика, т.IX, ч.1, Наука, М., 1976.
12. L.Mandel, E.Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press, 1995.
13. M.O.Scully, M.S.Zubairy, Quantum Optics, Cambridge University Press, 1997.
14. Loudon, Rodney, The Quantum Theory of Light, Oxford University Press, 2000.
15. Г.С.Саакян, Равновесные конфигурации вырожденных газовых масс, Наука, М., 1972.
16. Д.Г.Яковлев, В.А.Урпин, Астрон. ж., 57, 526, 1980.