

УДК:524.83, 524.85, 539.12.

СВЯЗЬ МАССЫ ВСЕЛЕННОЙ С ХАРАКТЕРНЫМИ РАЗМЕРАМИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Н.А. Мискинова¹, Б.Н. Швилкин²

¹Московский технический университет связи и информатики, г. Москва, Россия,
namisk@yandex.ru

²Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия,
bshvilkin@yandex.ru

Показано, что масса вещества, равная принятой в настоящее время массе наблюдаемой части нашей Вселенной, достигается при планковской плотности в объеме, размер которого сравним с размером нуклона и близок к комптоновской длине волны пиона.

Введение

Анализ размерности в физике часто приводит к обнаружению принципиально важных закономерностей. Макс Планку, например, при анализе размерности удалось ввести величины, имеющие размерность длины и времени, так называемые планковские длину и время [1], чрезвычайная малость которых привела к понятию дискретности пространства и времени. Планковская длина $\ell_p \approx 10^{-33}$ см определяет «квант» пространственного расстояния, а время $\tau_p \approx 10^{-44}$ с определяет «квант» времени. В результате из анализа размерности удалось создать новую теорию – квантовую теорию поля в дискретном пространстве-времени [2,3].

1. Планковские величины и расширяющаяся Вселенная.

Проведем анализ размерных планковских величин в применении к расширяющейся Вселенной. В начале расширения Вселенной материя находилась в так называемом вакуумном состоянии [4]. Плотность вещества была чрезвычайно велика и поддерживалась постоянной. Эту плотность, называемую планковской, можно выразить через планковские размерные величины

$$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2.1764 \times 10^{-5} \text{ г} - \quad (1)$$

планковская масса и

$$\ell_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1.6163 \times 10^{-33} \text{ см} - \quad (2)$$

планковская длина, $\hbar = 1.05457 \times 10^{-27}$ эрг с – постоянная Планка, $G = 6.67428 \times 10^{-8} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \text{с}^2}$

- гравитационная постоянная, $c = 2.99792458 \times 10^{10}$ см с⁻¹ – скорость света в вакууме. Здесь и ниже значения физических и астрофизических постоянных взяты из [5].

Материя в вакуумном состоянии характеризовалась гравитационным отталкиванием (отрицательное давление), и это было причиной мощного первотолчка, послужившего началом практически мгновенного расширения вещества, так называемой инфляции [4].

В какой-то момент времени размер Вселенной был ничтожно маленьким, он определялся размером планковской ячейки с объемом $\ell_p^3 \approx 4.22 \times 10^{-99}$ см³. Плотность же вещества внутри этой ячейки была гигантской (см. (1) и (2)):

$$\rho_p = \frac{m_p}{\ell_p^3} = \frac{c^5}{\hbar G^2} \approx 5.15 \times 10^{93} \text{ г см}^{-3}. \quad (3)$$

И это несмотря на малую массу вещества внутри планковского объема, всего порядка 10^{-5} г, и относительно малое число нуклонов $\frac{m_p}{m_p} \approx 1.3 \times 10^{19}$, сравнимое с числом

Лошмидта $\approx 2,69 \times 10^{19}$ – (число частиц в атмосфере в 1 см³).

Считается, что планковская плотность, разделяющая квантовое и классическое пространство - время, определяет состояние вещества, которое условно принимают за «начало», или «рождение» нашей Вселенной [4].

При расширении вещества занимаемый им объем становился все больше. При этом возрастала и масса материи из-за отрицательной энергии гравитации при практически постоянной плотности. Так продолжалось до тех пор, пока вакуумная материя через ничтожный миг времени не превратилась квантовым образом в обычную материю Вселенной. За это кратчайшее время Вселенная раздулась до невероятных размеров (см. например, [4]).

Оценим, какая масса вещества с планковской плотностью может быть сосредоточена в объеме шара, радиус которого равен комптоновской длине волны π -мезона $\tilde{\lambda}_{\pi} = \frac{\hbar}{m_{\pi} c}$.

Как известно, эта величина определяет радиус действия ядерных сил и близка к размеру нуклона (среднеквадратичный зарядовый радиус $r_p \approx 0.88 \times 10^{-13}$ см [5]) и радиусу конфайнмента (удержания кварков и глюонов внутри адронов) [6]. В случае π^0 -мезона имеем длину и соответствующий объем

$$\tilde{\lambda}_{\pi^0} = 1.46 \times 10^{-13} \text{ см}, V_0 = \frac{4\pi}{3} (\tilde{\lambda}_{\pi^0})^3 = 1.31 \times 10^{-38} \text{ см}^3. \quad (4)$$

В случае π^+ -мезона

$$\tilde{\lambda}_{\pi^+} = 1.41 \times 10^{-13} \text{ см}, \text{ объем } V_+ = 1.18 \times 10^{-38} \text{ см}^3. \quad (5)$$

Масса вещества внутри объема V_0 при планковской плотности вещества (3) равна

$$M_0 = \rho_p V_0 = \frac{4\pi}{3} m_p \left(\frac{\tilde{\lambda}_{\pi^0}}{\ell_p} \right)^3 = 6.75 \times 10^{55} \text{ г}. \quad (6)$$

Аналогично

$$M_+ = \frac{4\pi}{3} m_p \left(\frac{\tilde{\lambda}_{\pi^+}}{\ell_p} \right)^3 = 6.10 \times 10^{55} \text{ г}. \quad (7)$$

Массы (6) и (7) эквивалентны суммарной массе примерно 4×10^{79} нуклонов.

Полученные значения масс M_0 и M_+ оказываются одного порядка величины с массой наблюдаемой части нашей Вселенной M_U . Согласно современным представлениям

$$M_U = \frac{4\pi}{3} \rho_c (ct_0)^3 = 8.84 \times 10^{55} \text{ г}, \quad (5)$$

где $t_0 = 13.69(13) \times 10^9$ лет – возраст Вселенной, $\rho_c = 1.87835(19) \times 10^{-29} \text{ h}^2 \text{ г см}^{-3}$ – критическая плотность Вселенной, $h = 0.72(3)$ – нормированная постоянная Хаббла (в современную эпоху).

Сравнение масс (6) – (8) показывает, что различие между ними незначительно.

$$\frac{M_U - M_0}{M_U} \approx 0.24, \quad \frac{M_U - M_+}{M_U} \approx 0.31, \quad \frac{M_0 - M_+}{M_+} \approx 0.10.$$

Оценим также эффективный размер r_c соотношением $M_U = \left(\frac{4\pi}{3}\right) \rho_p r_c^3$ откуда

$$r_c = \left(\frac{3}{4\pi} \frac{M_U}{\rho_p}\right)^{1/3} \approx 1.60 \times 10^{-13} \text{ см.}$$

Этот размер мало отличается от комптоновской длины волны пиона (см. (4) и (5)):

$$\frac{r_c - \tilde{\lambda}_{\pi^0}}{\tilde{\lambda}_{\pi^0}} \approx 0.09, \quad \frac{r_c - \tilde{\lambda}_{\pi^+}}{\tilde{\lambda}_{\pi^+}} \approx 0.13.$$

Заключение

Приведенные данные позволяют предположить, что характерные адронный масштаб и масса в соответствующем объеме при планковской плотности являются характерным размером и критической массой при Большом взрыве, аналогичными планковским размеру и массе при зарождении Вселенной.

Таким образом, в работе показано, что масса “планковского нуклона” (шара радиусом порядка размера нуклона, заполненного веществом с планковской плотностью) близка к массе наблюдаемой части нашей Вселенной.

Авторы выражают благодарность проф. Московского университета А.В. Борисову за интерес к работе и обсуждение результатов.

Литература

1. Планк М. Избранные труды. (М., 1975)
2. Ambarzumian V., Iwanenko D. Z. Phys. 64. P. 563. (1930).
3. Вяльцев А.Н. Дискретное пространство-время. (М., 2007).
4. Новиков И.Д. Вестн. РАН.. 2001. **71**. № 10. С. 886. (2001).
5. Nakamura K. et al. (Particle Data Group). J. Phys. G. **37**. P. 075021. (2010).
6. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. (М., 1988).