



# ПЕРВИЧНЫЙ НУКЛЕОСИНТЕЗ

Авторы: В. Н. Лукаш, Е. В. Михеева

---

ПЕРВИЧНЫЙ НУКЛЕОСИНТЕЗ, совокупность процессов, приводящая к формированию первичного химич. состава вещества (до образования звёзд). Считается, что П. н. проходил от первой секунды до первых минут эволюции Вселенной. В результате термоядерных реакций и процессов бета-распада образовались наиболее распространённые химич. элементы – водород  $^1\text{H}$  и гелий  $^4\text{He}$  (приблизительно 3 атома водорода на 1 атом гелия), а также значительно более редкие дейтерий  $^2\text{H}$ , гелий  $^3\text{He}$  и литий  $^7\text{Li}$ . В ходе П. н. образовались ещё некоторые химич. элементы, однако их концентрация была ничтожной.

Концентрация химич. элементов на момент завершения П. н. чувствительна к двум параметрам космологич. стандартной модели (КСМ): плотности барионов и плотности энергии всех релятивистских частиц, определяющих в эпоху П. н. темп космологич. расширения на радиационно-доминированной стадии (см. [Космология](#)). Поскольку темп-ру излучения можно вычислить, зная совр. темп-ру реликтового излучения, задача определения вышеуказанных параметров КСМ сводится к определению двух измеряемых величин: количества барионов  $\eta_b$ , приходящихся на 1 фотон во Вселенной (т. н. мера барионной асимметрии), и отношения  $\chi_r$  полной плотности релятивистских частиц в эпоху П. н. к полной плотности фотонов и трёх сортов нейтрино и антинейтрино.

Для эксперим. определения этих параметров наиболее продуктивным является измерение распространённости дейтерия в ранней Вселенной (на 1 атом дейтерия приходится ок. 25000 атомов водорода) по линиям поглощения в спектрах далёких квазаров. Результаты исследований согласуются в пределах ошибок с данными по анизотропии реликтового излучения, что является независимым подтверждением

правильности выводов об эволюции и составе Вселенной. Сравнение результатов расчёта с наблюдениями дают следующие численные значения космологич. параметров  $\eta_b$  и  $\chi_r$ :

$$\eta_b \approx 6 \cdot 10^{-10}, \chi_r \approx 1,$$

что соответствует вкладу барионного вещества в полную плотность всех форм материи в совр. Вселенной ок. 4,5% (погрешность ок. 10%).

Таким образом, анализируя данные по П. н., можно независимо определить космологич. плотность барионов во Вселенной, а также сделать вывод о том, что в эпоху П. н. в ранней Вселенной не было дополнит. релятивистских частиц с заметной концентрацией, кроме фотонов и трёх сортов нейтрино левой спиральности (и антинейтрино правой спиральности). Этот вывод находится в полном соответствии со [стандартной моделью](#) физики элементарных частиц.

## Литература

Лит.: Иванчик А. В., Орлов А. В., Варшалович Д. А. Влияние возможного отклонения значений фундаментальных физических констант на первичный нуклеосинтез // Письма в Астрономический журнал. 2001. Т. 27. № 10; Лукаш В. Н., Михеева Е. В. Физическая космология. М., 2012.