

---

Übungsaufgaben Kosmologie – Blatt 7

---

## 17. Protonenüberschuss

Protonen haben eine Ruhemasse von  $m_p c^2 = 938,3 \text{ MeV}$ , Neutronen eine etwas höhere Ruhemasse von  $m_n c^2 = 939,6 \text{ MeV}$ . Betrachten Sie die Beschreibung der Teilchen in kosmischen Epochen, in denen der nichtrelativistische Limes (Ruheenergie ist deutlich größer als die thermische Energie) gerechtfertigt ist. Wenn  $n_p$  und  $n_n$  die räumlichen Anzahldichten von Protonen und Neutronen sind, so wächst das Verhältnis  $n_p/n_n$  ab einer bestimmten kosmischen Zeitskala stark an. Wodurch ist diese Zeitskala bestimmt? Für welchen Wert von  $\tau$  gilt  $n_p/n_n \simeq 5$ ?

## 18. Strahlungs-Materie “Gleichgewicht”

Nehmen Sie ein räumlich flaches FLRW Universum an. Entnehmen Sie der Literatur die aktuellen Werte für  $\Omega_{\text{rad},0}$  und den *baryonischen* Anteil  $\Omega_{\text{Bar},0}$  von  $\Omega_{\text{mat},0}$ , mit  $\tau_0 = \tau_{\text{heute}} = 1,3 \cdot 10^{10} \text{ y}$ . Vernachlässigen Sie  $\Omega_\Lambda$  und  $\Omega_{\text{CDM}}$  und bestimmen Sie die kosmische Zeit, bei der  $\Omega_{\text{rad}} \simeq \Omega_{\text{Bar}}$ . Vergleichen Sie diese Zeit mit der Zeit der Rekombination  $\tau_{\text{rec}}$ .

## 19. Einige Fragen zur Vorlesung (Vorbereitung auf Klausur)

- Geben Sie die typischen Längenskalen an für:
  - Kugelsternhaufen
  - Galaxien
  - Abstände zwischen Galaxien
  - Galaxienhaufen
  - Superhaufen.Ab welcher Längenskala kann man das (heutige) Weltall als homogen und isotrop ansehen?
- Eine prominente Klasse von Sternen sind die Cepheiden. Was zeichnet sie besonders aus, und wofür werden die Charakteristika dieser Klasse von Sternen benutzt?
- Geben Sie Helligkeitsabstands-Rotverschiebungsrelation an und erläutern sie diese qualitativ.
- Geben Sie die Einsteinschen Feldgleichungen der Gravitation an. Erläutern Sie diese qualitativ, und machen Sie den Unterschied zur nicht allgemein-relativistischen Physik deutlich.
- Was versteht man unter einer räumlich homogenen und isotropen Raumzeit?
- Wie ist die kritische Energiedichte  $\rho_c$  definiert?