

Übungsaufgaben Einführung in die Astronomie II

Blatt zu Vorlesungen 6+7 fällig für die Übungen am 30.06. (Ü1+Ü2) bzw. 07.07.2010 (Ü3+Ü4)

Aufgabe 1:

Aus der linearen Störungstheorie (Schneider S. 279ff) erhält man den Zusammenhang

$$\delta(x, t) = D_{+/-}(t)\delta_0(x)$$

für den Dichtekontrast $\delta(r, t) = \frac{\rho(r, t) - \bar{\rho}(t)}{\bar{\rho}(t)}$.

D bezeichnet man dabei als Wachstumsfaktor und $D_{+/-}(t)$ sind mit der Zeit anwachsende und abfallende Lösungen.

D ist allgemein gegeben durch

$$\ddot{D} + \frac{2\dot{a}}{a}\dot{D} - 4\pi G\bar{\rho}(t)D = 0$$

a) Welche physikalische Bedeutung hat die Tatsache, dass $D_{+/-}$ keine Ortsabhängigkeit enthält? Welche physikalische Bedeutung haben die beiden Lösungen $D_{+/-}$?

b) Auf dem letzten Übungsblatt haben wir ausgerechnet, dass in einem Universum mit $\Omega_m = 1, \Omega_\Lambda = 0, \Omega_{\text{rad}} = 0$ gilt: $a(t) \propto (t/t_0)^{2/3}$ und die mittlere Dichte gegeben ist durch $\bar{\rho} \propto a^{-3}$.

Löse die Differentialgleichung für $D(t)$ für dieses materiedominierte Universum.

Tipp: Mit dem Ansatz $D \propto t^q$ kann die Differentialgleichung in eine quadratische Gleichung umgeformt werden. Welche der beiden Lösungen ist kosmologisch relevant?

c) Die durchschnittliche Dichte des Universums ist etwa 1 Baryon / m^3 , die durchschnittliche Dichte in Galaxien ist etwa 1 Baryon / cm^3 . Ausgehend von diesem heute gemessenen Dichtekontrast δ , welchen Dichtekontrast würde man bei $z = 1000$ erwarten?

d) Der tatsächliche Dichtekontrast bei $z \approx 1000$ kann in der kosmischen Hintergrundstrahlung über die Temperaturschwankungen $\Delta T/T \approx 10^{-5}$ zu $\delta \approx 10^{-5}$ abgeschätzt werden. Wieso weicht diese Messung von dem aus c) erwarteten Wert ab?

Aufgabe 2:

(a) Wie häufig verschmelzen Galaxien bei verschiedenen Rotverschiebungen? Nimm an, dass Galaxien sphärisch sind, einen Radius von 300 kpc haben und sich statistisch mit Pekuliargeschwindigkeiten von 300 km/s durch den Raum bewegen. Die Raumdichte von Galaxien sei heute $1/\text{Mpc}^3$. Nimm an, dass die Galaxien instantan verschmelzen, wenn sie sich berühren. Leite den Zusammenhang der typischen Zeit zwischen zwei Verschmelzungen und z her.

(b) Rechnen Sie Werte aus für $z = 0$ und 3.

(c) Wie viele Verschmelzungen hat nach der obigen Formel eine Galaxie seit $z = 1$ durchgemacht? Wenn die Zeitskalen für Verdoppelung stellarer Masse durch Sternentstehung ca. 5 Milliarden Jahre ist, wie wichtig sind dann Galaxienverschmelzungen heute für die Entwicklung von Galaxien?