Universität zu Köln
Institut für Theoretische Physik
Prof. Dr. Claus Kiefer
Friedemann Queisser

22.12.2009

10. Übungsblatt zur Vorlesung
Allgemeine Relativitätstheorie und Kosmologie II
im Wintersemester 2009/10

Aufgabe 25: **Expansion, Rotation, Scherung** (12 Punkte)

a) Zeigen Sie, daß allgemein gilt

$$g^{ab}\Gamma^c_{ab} = -\frac{1}{\sqrt{-g}}\left(g^{cd}\sqrt{-g}\right)_{,d} \ . \tag{1}$$

b) Betrachten Sie die anisotrope Metrik

$$\mathrm{d}s^2 = \mathrm{d}t^2 - e^{2a(t)}\mathrm{d}x^2 - e^{2b(t)}\mathrm{d}y^2 - e^{2c(t)}\mathrm{d}z^2 \ , \tag{2}$$

wobei x, y, z mitbewegte Koordinaten für eine Kongruenz von Weltlinien für Galaxien seien. Berechnen Sie hierfür Expansion θ, Rotation ω_{ab} und Scherung σ_{ab}. Bei der Berechnung von θ erweist sich die in a) bewiesene Relation als nützlich.

Aufgabe 26: **Nukleosynthese** (8 Punkte)

a) Nehmen Sie an, das Universum enthalte sehr viel mehr Neutrinos als Antineutrinos. Wie würde sich das auf die Produktion von Helium-4 und Deuterium auswirken?

b) Bei der Nukleosynthese im frühen Universum wurde eine gewisse Menge Energie freigesetzt. Nehmen Sie an, daß diese Energie in Form von Photonen abgestrahlt wurde, die später thermalisierten, und schätzen Sie die hierdurch bewirkte Änderung der Strahlungstemperatur im strahlungsdominierten Universum ab.

Abgabe: Mi, 20.1.2010