

Übungen zur Vorlesung „Astronomie und Astrophysik 2“, SS 2023

3. Übungsblatt vom 09.05.2023

Abgabe der schriftlichen Übung am 16.05.2023 nach der Vorlesung oder bis spätestens 17:00 elektronisch an
gunter.wunner@itp1.uni-stuttgart.de

Aufgabe 5: Dipol-Anisotropie der Hintergrundstrahlung (schriftlich, 10 Punkte)

Den größten Beitrag zur Anisotropie der kosmischen Hintergrundstrahlung bildet die Dipolanisotropie. Man deutet die Dipolanisotropie als Dopplerverschiebung, die dadurch verursacht wird, dass sich die Erde relativ zum Ruhesystem der Hintergrundstrahlung unter einem Winkel ϑ zu einem geeigneten Bezugspunkt auf der Himmelskugel bewegt. Der Wert der Dipolanisotropie ist gegeben durch

$$\Delta T = \Delta T_{\max} \cos \vartheta, \quad (1)$$

wobei $\Delta T_{\max} = 3,369$ mK (Fixsen *et. al.*, *Astrophys. J.* **473** (1996) 576).

Wie groß muss die Relativgeschwindigkeit der Erde sein?

Hinweis: Gehen Sie im Lehrbuch von Gleichung (8.13) aus, mit $\chi' = \vartheta$, und rechnen Sie nichtrelativistisch. Die Rechnung wird einfacher, wenn Sie annehmen, dass die Quelle der Hintergrundstrahlung sich relativ zur Erde bewegt. Überlegen Sie, wie sich eine Frequenzverschiebung in einer Temperaturänderung niederschlägt.

Aufgabe 6: Horizontproblem**(optional, freiw. schriftlich, 10 Punkte)**

In dieser Aufgabe sollen Sie abschätzen, wie groß die bis zum Zeitpunkt der Entkopplung kausal zusammenhängenden Gebiete heute auf der Himmelskugel erscheinen.

Berechnen Sie dazu die Strecke, die ein (nichtwechselwirkendes) Photon vom Urknall bis zur Entkopplung zurücklegen konnte und bestimmen Sie den Winkel, unter dem diese Strecke heute unter der Hubble-Distanz $d_0 = c/H_0$ erscheint.

Rechnen Sie unter der (falschen) Voraussetzung, dass das Universum bis zur Entkopplung bei $z \approx 1000$ strahlungsdominiert expandierte. Das heißt, Sie können von der in Aufgabe 5 unter c) angegebenen Formel mit der dort bestimmten Referenzzeit t_r ausgehen.

Warum ist dies eine grobe Näherung? Wird der Winkel größer oder kleiner, wenn man die korrekte Expansion des Universums berücksichtigt?