

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

6. Übungsblatt vom 27.06.2023

Dieses Übungsblatt besteht aus der Klausur des vergangenen Jahres und dient zu Ihrer Prüfungsvorbereitung. Die Aufgaben müssen nicht schriftlich bearbeitet werden, es sei denn, Sie wollen dies freiwillig tun.

Aufgabe 1: Sternentstehung, 5 Punkte

- a) Welche *physikalische* Bedingung muss erfüllt sein, damit Gaswolken in der Milchstraße kontrahieren? (1 P.)
Mit welchen Potenzen hängt die resultierende Grenzmasse (Jeans-Masse) von der Temperatur und der mittleren Massendichte ab? (1 P.)
- b) Bei der Kontraktion erhöht sich die gravitative Bindungsenergie der Wolke. In welche Energieformen wird sie dabei anteilig nach dem Virialsatz umgewandelt? (1 P.)
- c) Warum erfolgt die Kontraktion zunächst isotherm und später adiabatisch? (1 P.)
- d) Was versteht man unter dem „Jeans swindle“? (1 P.)

Aufgabe 2: Kernfusion als Energiequelle der Sterne, 5 Punkte

- a) Bei welchen Temperaturen setzt im Zentrum eines Sterns die Fusion von Wasserstoff ein? (1 P.)
- b) Erläutern Sie die drei Reaktionen, die in der Sonne bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium dominieren (ppI-Kette) (1 P.).
Welche Reaktionen werden von der schwachen Wechselwirkung, welche von der starken Wechselwirkung verursacht? (1 P.)
- c) Was versteht man unter der Beryllium-Schwelle? (1 P.)
- d) Höhere Elemente können z. B. bei Supernova-Explosionen über den s-Prozess oder den r-Prozess gebildet werden. Erläutern Sie die beiden Prozesse. (1 P.)

Aufgabe 3: Entartete Sternmaterie, 5 Punkte

- a) Geben Sie als Funktion der Massendichte ρ die durch den Fermidruck bei Weißen Zwergen stabilisierbare Masse M formelmäßig an (1 P.) und zeichnen Sie den dazugehörigen Graphen. (1 P.)
Wodurch ist die kritische Massendichte ρ_{crit} gegeben, wie groß ist sie ungefähr? (1 P.)
- b) Welcher Effekt bewirkt, dass die Kurve bei wachsender Massendichte wieder sinkt? (1 P.)
Warum steigt sie anschließend wieder an? (1 P.)

Aufgabe 4: Metrik der Kosmologie, 4 Punkte

- a) Was ist die Aussage des Kosmologischen Prinzips? (1 P.) Geben Sie die einzig mit dem Prinzip verträgliche Form der Metrik an und erklären Sie die darin auftretenden Größen $a(t)$, q . (2 P.)
- b) Wie ist die kosmologische Rotverschiebung von Frequenzen definiert, welcher Zusammenhang besteht mit der Funktion $a(t)$? (1 P.)

Aufgabe 5: Friedmann-LeMaître Universen, 8 Punkte

- a) Wie lautet die Friedmann-LeMaître-Gleichung allgemein? (1 P.)
Erklären Sie die darin auftretenden Größen. (1 P.)
- b) Zeichnen Sie für den Fall eines *materiedominierten* Universums graphisch das effektive Potential für $\Lambda < 0$ und $\Lambda > 0$ und diskutieren Sie qualitativ die Lösungen für die Fälle $q = 0, \pm 1$. ($\Lambda < 0$: 2 P., $\Lambda > 0$: 2 P.) Skizzieren Sie jeweils auch den Verlauf von $a(t)$. (1 P. + 1 P.)

Auf der Rückseite geht's weiter!

Aufgabe 6: Supernovae vom Typ Ia, 4 Punkte

- c) Warum sind Supernovae vom Typ Ia für die Kosmologie wichtig? (1 P.)
Was beinhaltet die Aussage „brighter is broader“? (1. P)
- d) Warum kann man aus der beobachteten Helligkeit-Rotverschiebungsbeziehung darauf schließen, ob das Universum beschleunigt, mit konstanter Geschwindigkeit oder abgebremst expandiert? (2 P.) (Anleitung: Zeichnen Sie dazu ein $z(t)$ -Diagramm.)

Aufgabe 7: Kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung, 10 Punkte

- a) Erklären Sie das Entstehen der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung. (1 P.)
Wie viele Jahre nach dem Urknall und bei welcher Temperatur entstand sie? (1 P.)
- b) Wie hängt die Temperatur der Strahlung vom Weltradius ab? (1 P.) Welche Temperatur hat sie heute, und bei welcher Rotverschiebung z ist sie daher entstanden? (1 P.)
- c) Welche Größenordnung besitzen die Temperaturabweichungen vom Mittelwert? (1 P.) Nach welchen Polynomen werden die Zweipunktkorrelationen der Temperaturabweichungen entwickelt? (1 P.) Wie hängt der Winkelabstand ϑ mit dem Grad ℓ der Polynome zusammen? (1 P.)
- d) Zeichnen Sie das Winkelleistungsspektrum der Zweipunktkorrelation in Abhängigkeit von ℓ und benennen Sie die verschiedenen Bereiche. (2 P.)
- e) Was versteht man unter dem „Baryon-Drag“? (1 P.)

Viel Erfolg!