

# Übungen zur Vorlesung: Das Milchstraßensystem –WS 23/24, Übungsserie (2) –

Ausgabe: 23.10.23

Abgabe der Übungsserie : 30.10.23

Besprechung im Seminar: 06.11.23

1. Die schwächsten Sterne, die mit menschlichen Auge sichtbar sind, haben eine scheinbare Helligkeit von  $V = 6.2$  mag. Wie weit können wir durch die Galaxis schauen unter der falschen Annahme keiner Extinktion und, dass alle Sterne sonnenähnlich sind. Wieweit können wir mit einem Telementor schauen (Grenzgröße  $V = 12.5$  mag).

2. Für die Hauptreihensterne der Sonnenumgebung kann man folgende Häufigkeitsverteilung über die verschiedenen Spektral- und Leuchtkraftklassen annehmen: OV, BV, AV zusammen 1%; FV 2%; GV 4%; GIII 0.5%; KV 12%; MV 81%. Die Weißen Zwerge tragen höchstens zur Masse bei, alle anderen Typen sind den genannten gegenüber zu vernachlässigen.

a) Welcher Sterntyp leistet den Hauptbetrag zur Gesamtmasse der Sterne in der Sonnenumgebung?

b) Welcher Sterntyp trägt für einen weit entfernten Beobachter am stärksten zur beobachteten Gesamthelligkeit der Region im visuellen Spektralbereich bei?

(Hinweis: Typische Zustandsgrößen der Sterne finden Sie bei: Th.Schmidt-Kaler, in: Landolt-Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen, Gruppe VI, Band 2b, Springer 1982 oder bei Lang, Astrophysical Data: Planets and Stars.)

Aber für die Berechnungen hier genügen folgende Annahmen:

OV:  $M = 30 M_{\odot}$ ,  $R = 10 R_{\odot}$ ,  $L = 5 \times 10^5 L_{\odot}$ ;

BV:  $M = 5.0 M_{\odot}$ ,  $R = 4.0 R_{\odot}$ ,  $L = 10^3 L_{\odot}$ ;

AV:  $M = 2.5 M_{\odot}$ ,  $R = 2.0 R_{\odot}$ ,  $L = 20 L_{\odot}$ ;

FV:  $M = 1.5 M_{\odot}$ ,  $R = 1.3 R_{\odot}$ ,  $L = 4.0 L_{\odot}$ ;

GV:  $M = 1.0 M_{\odot}$ ,  $R = 1.0 R_{\odot}$ ,  $L = 1.0 L_{\odot}$ ;

GIII:  $M = 1.0 M_{\odot}$ ,  $R = 8.0 R_{\odot}$ ,  $L = 40 L_{\odot}$ ;

KV:  $M = 0.7 M_{\odot}$ ,  $R = 0.8 R_{\odot}$ ,  $L = 0.2 L_{\odot}$ ;

MV:  $M = 0.2 M_{\odot}$ ,  $R = 0.4 R_{\odot}$ ,  $L = 0.01 L_{\odot}$ .

3. Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge  $\ell_f$  und die mittlere Stoßzeit  $\tau_f$  eines Sterns innerhalb des „Sternengases“ der Sonnenumgebung. Nehmen Sie als Eingangsgrößen einen Sternradius  $R_{\star} =$  Sonnenradius  $R_{\odot}$ , den mittleren Abstand der Sterne mit  $d = 2.5$  pc und eine mittlere Pekuliargeschwindigkeit (Geschwindigkeit der Sterne hier im lokalen Raum um die Sonne) der Sterne mit  $v = 20$  km/s an.

Hinweis: In der kinetischen Gastheorie berechnet sich die mittlere freie Weglänge zu  $\ell_f = 1/(n \times \pi \times a^2)$  mit  $n =$  Teilchendichte und  $a =$  Teilchenradius. Begründen Sie die Beziehung! Die mittlere Stoßzeit resultiert aus  $\ell_f$  und der Teilchengeschwindigkeit  $v_f$ .

4. a) Welche mittlere Gasdichte  $\rho_0$  [in H-Atomen/cm<sup>3</sup>] herrschte in der protogalaktischen Wolke, aus der unser Milchstraßensystem durch Kontraktion entstand? Nehmen Sie an, dass die Wolke kugelförmig war, einen Radius von 30 kpc hatte und nur Wasserstoff enthielt. Es sei darin eine erste Generation von  $2 \times 10^{11}$  sonnenähnlichen Sternen entstanden und ein Rest von 10% interstellaren Gases verblieben.

(b) Vergleichen Sie die Masse mit der Jeans-Masse. Am Anfang war das Universum heiß, und es kühlte sich ab. Auf welche Temperatur musste die Materie (aus nur H-Atomen) abkühlen, um die protogalaktische Wolke instabil werden zu lassen.

(c) Vernachlässigen wir den Einfluss der Dunklen Materie. Wie schnell setzte der Kollaps der Wolke aus nur „sichtbarer“ Materie nach dem Urknall nach den gängigen Entwicklungstheorien ein.

(d) Wie lange dauerte der Kollaps, wenn wir die falsche Annahme machen, alle Materie trifft sich im zentralen Schwarzen Loch.