
Einführung in die Astronomie und Astrophysik 2

Ralf Klessen, ZAH/ITA, Albert-Ueberle-Str. 2

Gasscheibe der Milchstraße — Abgabe am 5. Mai 2011

3.1 Milchstraße im dynamischen Gleichgewicht

Aus dem Gas der Milchstraße entstehen kontinuierlich neue Sterne mit einer Rate von $3 M_{\odot}$ pro Jahr. Das Gas der Galaktischen Scheibe setzt sich zusammen aus molekularem Wasserstoff mit einer Gesamtmasse $M \approx 2 \times 10^9 M_{\odot}$ und einer dreidimensionalen Geschwindigkeitsdispersion von $\sigma \approx 5 \text{ km s}^{-1}$ und aus atomarem Wasserstoff mit $M \approx 6 \times 10^9 M_{\odot}$ und $\sigma \approx 12 \text{ km s}^{-1}$. Wenn sie die Geschwindigkeitsdispersion des Galaktischen Gases mit der thermischen Bewegung vergleichen, stellen Sie fest, dass die Geschwindigkeitsstruktur der Interstellare Materie durch Überschallturbulenz charakterisiert wird.

- Berechnen Sie, wie lange es dauern würde, bis alles Gas in Sterne umgewandelt ist. Vergleichen Sie diesen Wert mit dem Alter der Milchstraße. Was ist Ihre Schlussfolgerung?
- Nehmen Sie an, dass sich die Milchstraße annähernd im Gleichgewicht entwickelt, dh. dass die Gasmasse im Laufe ihrer Entwicklung in etwa gleich bleibt. Welche Prozesse schlagen Sie vor, um die Milchstraße mit Gas zu versorgen?
- Berechnen Sie die totale kinetische Energie des Galaktischen Gases.
- Aus Laborexperimenten und numerischen Simulationsrechnungen wissen wir, dass turbulente Geschwindigkeitsfelder auf dynamischen Zeitskalen gedämpft werden, dh. dass die damit verbundene kinetische Energie dissipiert wird. Für die Milchstraße ergibt sich eine Energieverlustrate von $\dot{E} \approx -4 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$. Schätzen Sie ab, wie lange es dauern würde, bis alle turbulente kinetische Energie dissipiert wäre.
- Nehmen Sie an, dass die Milchstraße mit frischem Gas aus dem Halo oder dem intergalaktischen Raum versorgt werden kann. Nehmen Sie weiterhin an, dass die Akkretionsrate gleich der Sternentstehungsrate ist, und dass die Geschwindigkeit, mit der dieses Gas auf die Scheibe fällt, in etwa der Rotationsgeschwindigkeit von $v_{\text{rot}} \approx 220 \text{ km s}^{-1}$ entspricht. Welche kinetische Energie ist mit diesem Akkretionsprozess verbunden? Reicht diese aus, um den Verlust durch turbulente Dissipation auszugleichen und so das Scheibengas im dynamischen Gleichgewicht zu halten? (7 Punkte)

3.2 Oszillation von Sternen um die Ebene der Milchstraße

Als einfachen Ansatz für die Bewegung eines Sternes in vertikaler Richtung nehmen Sie an, dass die Scheibe der Milchstraße als unendlich ausgedehnte Ebene mit konstanter Dichte von 5 Wasserstoffatomen pro Kubikzentimeter beschrieben werden kann. Nehmen Sie weiterhin an, dass der Stern sich stets im Bereich konstanter Dichte bewegt. Berechnen Sie die Periode der Oszillation des Sternes um die Mittelebene der Scheibe und vergleichen Sie diesen Wert mit der Periode der Bahnbewegung um das Galaktische Zentrum. (3 Punkte)