



## Frage 1: Rotationskurven von Spiralgalaxien

- a) Wie in der Vorlesung gezeigt wurde, können die Rotationskurven von Spiralgalaxien besonders gut anhand des in der Scheibe konzentrierten neutralen Wasserstoffgases, den sogenannten H I Regionen, vermessen werden. Dazu werden Radioteleskope eingesetzt, die den Hyperfeinstrukturübergang des neutralen Wasserstoff bei einer Wellenlänge von 21 cm vermessen. Nehmen Sie an, eine Spiralgalaxie rotiere mit  $300 \text{ km s}^{-1}$  Orbitalgeschwindigkeit. Um wieviel ist die Wasserstofflinie verschoben, falls wir die Scheibe der Galaxie a) von der Seite und b) unter 45 Grad Neigung sehen?
- b) Die Bewegung der Sterne in Spiralgalaxien rührt von der Wirkung von Gravitationskräften auf die Sterne her. Ursprünglich wurde vermutet, daß diese hauptsächlich von der Gravitation anderer Sterne herrühren. Da das Licht von Galaxien durch diese Sterne erzeugt wird, erschien es als sinnvoll anzunehmen, dass die beobachtete Verteilung des Lichtes auch die Masseverteilung wiedergibt. In der Bulge sind die Sterne kugelsymmetrisch verteilt. Zeige unter der Annahme von Kreisbahnen, dass daraus für die Bahngeschwindigkeit folgt, daß  $v(r) \propto r^{-1/2}$ .
- c) In Wahrheit sind die gemessenen Rotationskurven flach, d.h. die als Funktion des Abstandes von der Galaxie beobachtete Geschwindigkeit  $v(r)$  ist für  $r \gtrsim 4 \text{ kpc}$  ungefähr konstant. Zeige, daß daraus folgt  $M(r) \propto r$ .
- d) Wenn die Milchstraße ähnlich zu anderen Galaxien ist, dann ist ihre Rotationskurve flach mit einer Geschwindigkeit von  $v = 250 \text{ km s}^{-1}$  bis hinaus zu Entfernungen von  $r = 60 \text{ kpc}$ . Berechne die innerhalb dieses Abstandes enthaltene Masse und vergleiche sie mit der geschätzten leuchtenden Masse der Galaxie. Die Gesamtleuchtkraft ist ungefähr  $10^{11} L_{\odot}$  und rührt hauptsächlich von Sternen her. Nimm an, daß  $M/L = 1$  in solaren Einheiten. ( $1 \text{ pc} = 3 \times 10^{16} \text{ m}$ ,  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ,  $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ ).

## Frage 2: Tully-Fisher-Relation

**Diese Aufgabe wird in den Übungen gemeinsam besprochen werden.**

Tully und Fisher fanden empirisch anhand von Beobachtungen, dass die Leuchtkraft einer Spiralgalaxie mit ihrer Rotationsgeschwindigkeit korreliert:  $L \propto v_{\text{rot}}^4$ . Diese Relation ist eine wichtige Korrelation für die Ermittlung der Entfernungen von Galaxien, da mit ihr die absolute Leuchtkraft einer Galaxie einfach aus der messbaren Rotationsgeschwindigkeit ermittelt werden kann.

Leiten Sie die Tully-Fisher-Beziehung unter der oben diskutierten Annahme ab, dass die Rotationskurven der Spiralgalaxien flach sind, d.h. dass die Rotationsgeschwindigkeit nicht vom Abstand vom Zentrum der Galaxie abhängt, und dass alle Spiralgalaxien das gleiche Masse-zu-Leuchtkraft-Verhältnis und die gleiche Oberflächenleuchtkraft aufweisen (d.h.  $L/R^2 = \text{const.}$ ).

### **Frage 3: Vorlesungsnachbearbeitung**

- Diskutieren Sie die verschiedenen Methoden, mit denen auf die Spiralstruktur der Milchstrasse geschlossen werden kann.
- Warum folgen O- und B-Sterne deutlich klarer den Spiralarmen, als Sterne vom Spektraltyp K oder M?
- Ordnen Sie die folgenden Objekte der Scheibe, der Bulge und/oder dem Halo zu: H II-Regionen, O-Sterne, Kugelsternhaufen, offene Sternhaufen, K-Zwerg, Weiße Zwerge, Neutronensterne. Welche Verteilung würden Sie daher für diese Objekte im Rotationsellipsoid erwarten? Welche Verteilung würden Sie für diese Objekte am Himmel erwarten?