



## Frage 1: Tully-Fisher-Relation

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 anhängt, und dass alle Spiralgalaxien das gleiche Masse-zu-Leuchtkraft-Verhältnis und die gleiche Oberflächenleuchtkraft aufweisen (d.h.  $L/R^2 = \text{const.}$ ).

## Frage 2: Cepheiden

Das wichtigste Werkzeug für die Entfernungsbestimmung im näheren Universum ist die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung der Cepheiden. In dieser Aufgabe werden wir sehen, daß diese Beziehung eine natürliche Folge der Tatsache ist, dass Cepheiden schwingende Gasbälle sind:

- Zeigen Sie, daß  $P \sim (G\rho)^{-1/2}$  die Dimension einer Periode hat, d.h. in Sekunden gemessen wird, und damit typische Schwingungsperioden eines Gasballs mit  $(G\rho)^{-1/2}$  skalieren sollten (dieses Argument wird eine "Dimensionsanalyse" genannt). Hier ist  $\rho$  die mittlere Dichte des Sterns und  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$ .
- Zeigen Sie unter Verwendung der Beziehung der vorherigen Teilaufgabe,  $P \propto \rho^{-1/2}$ , sowie der Abhängigkeit der mittleren Dichte eines Sterns von Masse und Radius, daß  $\log P = c_1 + c_2 \log L$  wo  $c_1$  und  $c_2$  Konstanten sind. Benutzen Sie diese Abhängigkeit, um zu zeigen, dass  $m = c_3 - c_4 \log P$  wo  $m$  die beobachtete scheinbare Helligkeit des Cepheiden ist und  $c_3$  und  $c_4$  ebenfalls Konstanten sind. Beachten Sie dabei, dass für die Leuchtkraft eines Sterns gilt  $L \propto R^2 T^4$  (warum?).
- Beobachtungen ergeben, daß für Cepheiden

$$\frac{\langle M_V \rangle}{\text{mag}} = -2.3 \log \left( \frac{P}{1 \text{ d}} \right) - 1.7 \quad ()$$

Ein Cepheide wird mit einer scheinbaren mittleren Helligkeit von  $\langle m \rangle = 19 \text{ mag}$  und einer Periode von 30 Tagen in M31 entdeckt. Wie groß ist die Entfernung zur Andromeda Galaxie in parsec?

## Frage 3: Die Hubble-Beziehung und die Entfernungen der Quasare

Das sternartige Objekt HE0624+6907 wurde als sogenannter Quasar der scheinbaren visuellen Helligkeit 14.2 mag entdeckt (Groote et al., 1989, A&A 223, L1). Die Wasserstoffline  $H\alpha$  (Ruhesystem:  $\lambda = 6563 \text{Å}$ ) befindet sich bei  $8990 \text{Å}$ .

- Wie groß ist die Rotverschiebung dieses Objekts?
- Wie groß ist die Entfernung des Quasars ( $H_0 = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ )?
- Wie groß ist seine absolute Helligkeit im Optischen? Vergleichen Sie die Leuchtkraft des Quasars mit der der Sonne und der der Milchstraße (letztere hat  $M_V = -20.2 \text{ mag}$ )!