



Frage 1: Aktive Galaxien

- Seyfert-Galaxien zeigen zwei Arten von Emissionslinien in ihren Spektren: "Dünne Linien" ("narrow lines") mit typischen Breiten von $\Delta\lambda/\lambda \sim 0.001$ und "breite Linien" ("broad lines") mit typischen Breiten von $\Delta\lambda/\lambda \sim 0.01$. Man vermutet, daß die Linienemission von heißen Wolken herrührt, die sich mit hoher Geschwindigkeit in Bezug auf unsere Sichtlinie bewegen. Die Linien sind verbreitert, da sich einige der Wolken mit hoher Geschwindigkeit auf uns zu, andere aber von uns weg bewegen. Die Summe der Emissionen der Einzelwolken erzeugt dann das beobachtete Profil. Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsdispersion der für die dünnen und die breiten Linien verantwortlichen Wolken.
- Bei welcher Entfernung vom Zentrum des AGN befinden sich die Wolken? Nehmen Sie dazu an, daß sich die Wolken auf Kreisbahnen um ein Schwarzes Loch mit $10^7 M_\odot$ bewegen.
- Akkretion ist sehr effizient bei der Umwandlung von potentieller Energie in Strahlung. Die bei Akkretion freiwerdende Energie wird häufig in Einheiten der relativistischen Ruhemasse angegeben. Überzeugen Sie sich, daß die Leuchtkraft des AGN als $L = \eta \dot{M} c^2$, geschrieben werden kann, wo η die sogenannte "Effizienz" des Akkretionsprozesses ist und wo $\dot{M} = dM/dt$ die Massenakkretionsrate ist, d.h. die pro Zeiteinheit akkretierte Masse. Typischerweise ist für Akkretion $\eta = 0.1$. Wie viel Masse muß pro Jahr akkretiert werden, um die Leuchtkraft des Quasars 3C 273, $L = 10^{12} L_\odot$, zu erklären

Frage 2: Die Hubble-Beziehung und die Entfernungen der Quasare

(Wiederholung der Übungsaufgabe von Blatt 12)

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 Wasserstofflinie $H\alpha$ (Ruhesystem: $\lambda = 6563\text{\AA}$) befindet sich bei 8990\AA .

- 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 $M_V = -20.2 \text{ mag}$)!

Frage 3: Der Virialsatz

Diese Aufgabe wird in den Übungen gemeinsam besprochen werden.

Eine der wichtigsten Werkzeuge bei der Massenbestimmung im Universum ist der sogenannte Virialsatz,

$$T = \frac{1}{2}|U| \quad (3.1)$$

wo T und U die gesamte kinetische und potentielle Energie des Systems ist.

Zur Herleitung des Virialsatzes betrachten wir ein System gravitativ wechselwirkender Teilchen verschiedener Masse, m_i .

a) Zeigen Sie, dass für das i -te Teilchen gilt

$$\frac{1}{2} \frac{d^2}{dt^2} (m_i \mathbf{r}_i^2) - m_i \dot{\mathbf{r}}_i^2 = \sum_{j \neq i} \frac{G m_i m_j \mathbf{r}_i \cdot (\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|^3} \quad (3.2)$$

b) Im statistischen Gleichgewicht gilt, dass im Zeitmittel

$$\frac{1}{2} \frac{d^2}{dt^2} \sum_i m_i \mathbf{r}_i^2 = 0 \quad (3.1)$$

ist. Summieren Sie Gl. 3.2 über alle Teilchen des Systems und zeigen Sie unter der Annahme des Gleichgewichts, dass daraus der Virialsatz folgt.

Frage 4: Nachbearbeitung der Vorlesung

- Betrachten Sie die verschiedenen Arten Aktiver Galaxien im Vereinigungsmodell.
- Was sind die Grundannahmen hinter der Verwendung der Supernovae vom Typ Ia für die Entfernungsbestimmung?
- Sind die von uns bei großen Rotverschiebungen beobachteten Galaxien typische Beispiele für Galaxien im frühen Universum?