



## Allgemeine Regeln

- Die Bearbeitungszeit der Klausur beträgt *eine Stunde* (60 Minuten).
- Außer eines Taschenrechners sind *keine Hilfsmittel* erlaubt.
- *Alle Fragen sind zu bearbeiten.*
- Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt **50 Punkte**.
- Schreiben Sie *ausschließlich* in die schwarz umrahmten Kästen. Am Ende der Klausur befindet sich zusätzlicher Raum, sollte der vorgegebene Platz nicht ausreichen.

## Nützliche Konstanten und Formeln

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Astronomische Einheit      | $1 \text{ AU} = 150 \times 10^6 \text{ km} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ |
| Parsec                     | $1 \text{ pc} = 206265 \text{ AU}$   |
| Jahreslänge                | $1 \text{ Jahr} = 365.25 \text{ Tage}$                                     |
| Tageslänge                 | $1 \text{ Tag} = 86400 \text{ s}$  |
| Stefan-Boltzmann Konstante | $\sigma_{\text{SB}} = 5.7 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  |
| Gravitationskonstante      | $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$      |
| Sonnenmasse                | $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$                                  |
| Sonnenleuchtkraft          | $L_{\odot} = 3.9 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$                          |
| Lichtgeschwindigkeit       | $c = 300000 \text{ km s}^{-1}$   |

---

Bitte füllen Sie die folgende Information *in Druckbuchstaben* aus und vergessen Sie später nicht, Ihre Matrikelnummer auf den Kopf jeder einzelnen Seite der Klausur zu schreiben!

Name:

---

Matrikelnummer:

---

Studienfach:

---

Semesterzahl:

---

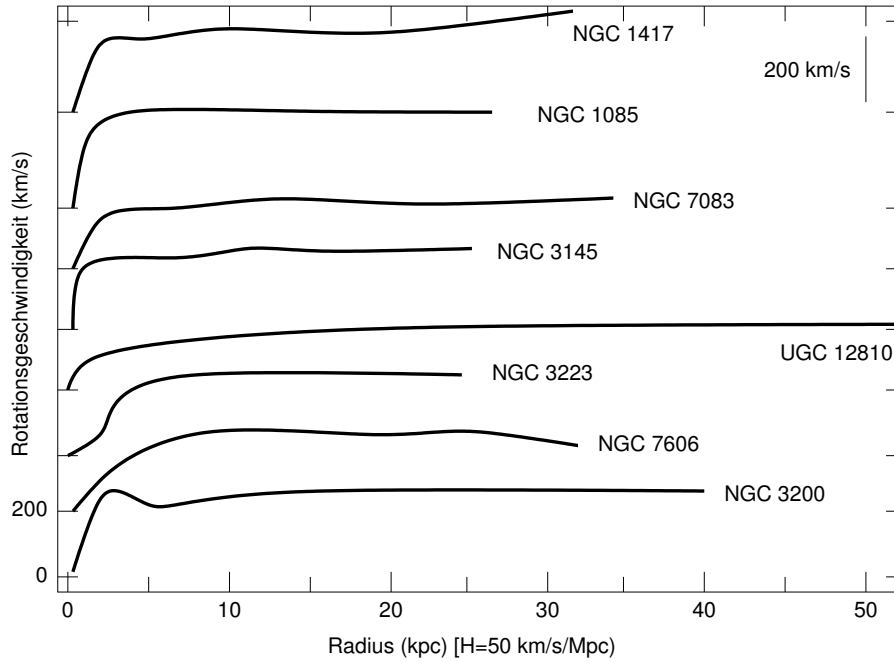
**Frage 1: Normale Galaxien**

- a) Beschreiben Sie, wie die Stärke und die Richtung von Magnetfeldern in Spiralgalaxien gemessen werden kann. .... (3 Punkte)

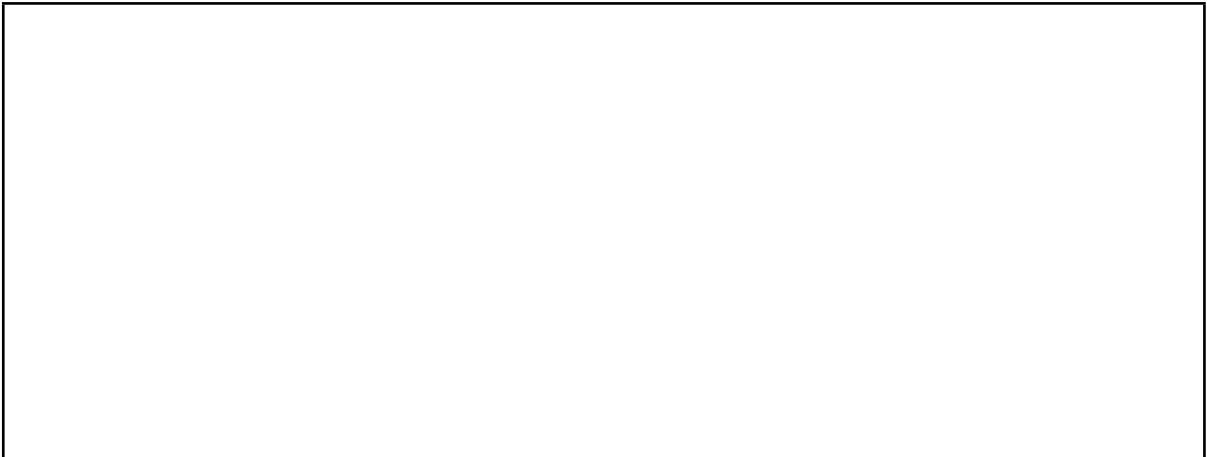
- b) Warum ist der Nachweis von molekularem Wasserstoff so schwierig? Wie wird daher normalerweise die Masse von Molekülwolken gemessen? .... (4 Punkte)

- c) Was ist der Magellan'sche Strom und was ist seine Ursache? .... (2 Punkte)

d) Die folgende Abbildung von Combes et al. (Fig. 3.2) zeigt (inklinationskorrigierte) Rotationskurven einiger Sb-Galaxien.



1. Skizzieren Sie eine Rotationskurve für eine Spiralgalaxie, die nur sichtbare Materie enthält. (3 Punkte)



2. Bestimmen Sie unter Annahme eines typischen Masse-zu-Leuchtkraftverhältnisses für Spiralgalaxien die Leuchtkraft von NGC 3145. .... (6 Punkte)

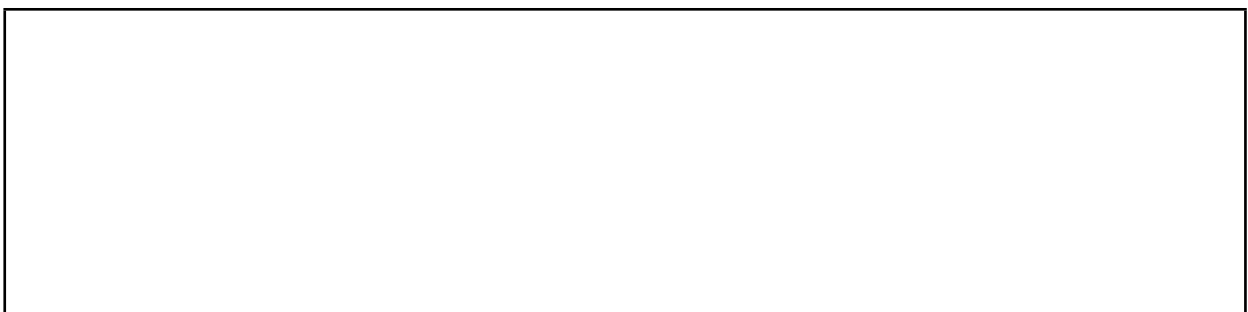


**Frage 2: Aktive Galaxien**

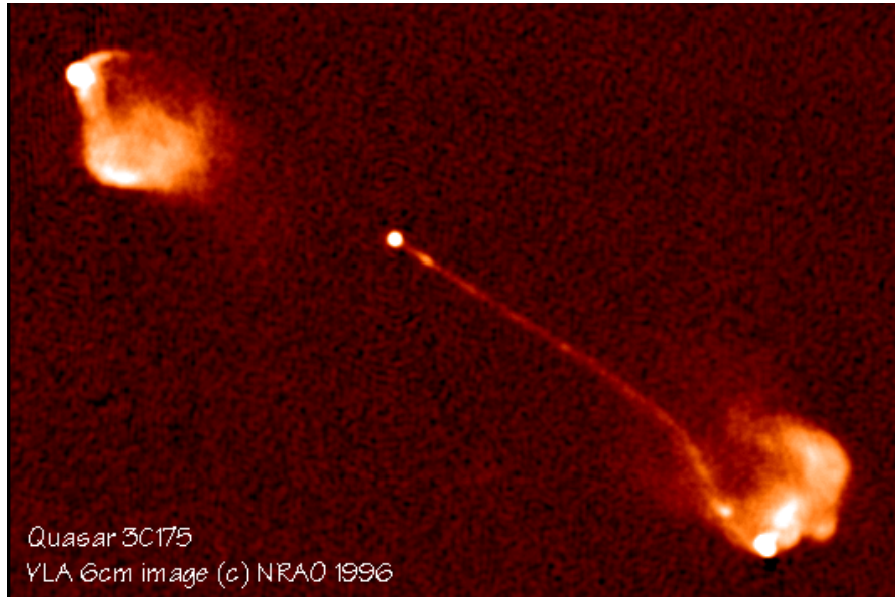
- a) Beschreiben Sie das Standardmodell zum Aufbau von aktiven Galaxienkernen und fertigen Sie eine Skizze der wesentlichen Komponenten an. Erklären Sie auch den Unterschied zwischen verschiedenen AGN Klassen und der Unterscheidung zwischen Typ 1 und Typ 2 AGN (**8 Punkte**).



- b) Nennen Sie mindestens zwei Klassifikationsmerkmale extragalaktischer Radioquellen (**2 Punkte**).



c) Die folgende Abbildung zeigt eine VLA Aufnahme der Radiogalaxie 3C 175.



Credit & Copyright: Alan Bridle (NRAO Charlottesville) VLA, NRAO, NSF

Klassifizieren Sie diese Quelle nach dem Schema von Fanaroff & Riley (1974) und begründen Sie Ihre Klassifikation ..... (2 Punkte).

d) Warum sind viele AGN Jets einseitig? ..... (2 Punkte)

e) Ein AGN Jet mit einem Winkel  $\theta$  zu unserer Sichtlinie stosse einen "Blob" aus, der sich entlang der Jetachse mit der Geschwindigkeit  $\beta = v/c$  bewege. Im Ruhesystems des Blobs sende er ein Power-Law Spektrum aus:  $F(\nu_{\text{obs}}) \propto \nu^\alpha$  mit einem Spektralindex  $\alpha$ .

Um welchen Faktor unterscheidet sich der beobachtetet Fluss gegenüber dem im Ruhesystem ausgesendeten Fluss für  $\beta = 0.5$  und  $\alpha = -0.5$  maximal?

Hinweise:

1) Der relativistische Doppler Faktor ist definiert als

$$\mathcal{D} = \frac{1}{\gamma(1 - \beta \cos \theta)} = \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \theta}$$

mit  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-0.5}$ .

2) Der relativistische Doppler Faktor bestimmt die beobachtete Helligkeit des "Blobs" durch

$$F(\nu_{\text{obs}}) = \mathcal{D}^{3-\alpha} F(\nu_{\text{em}}) \quad . \quad (\text{s2.1})$$

..... (2 Punkte)

### Frage 3: Kosmologie

a) Was ist die Tully-Fisher-Relation und wofür wird sie benutzt? ..... (3 Punkte)

- b) Warum ist die Bestimmung der Entfernung zur grossen Magellan'schen Wolke für die Kosmologie von so grosser Bedeutung? ..... (2 Punkte)

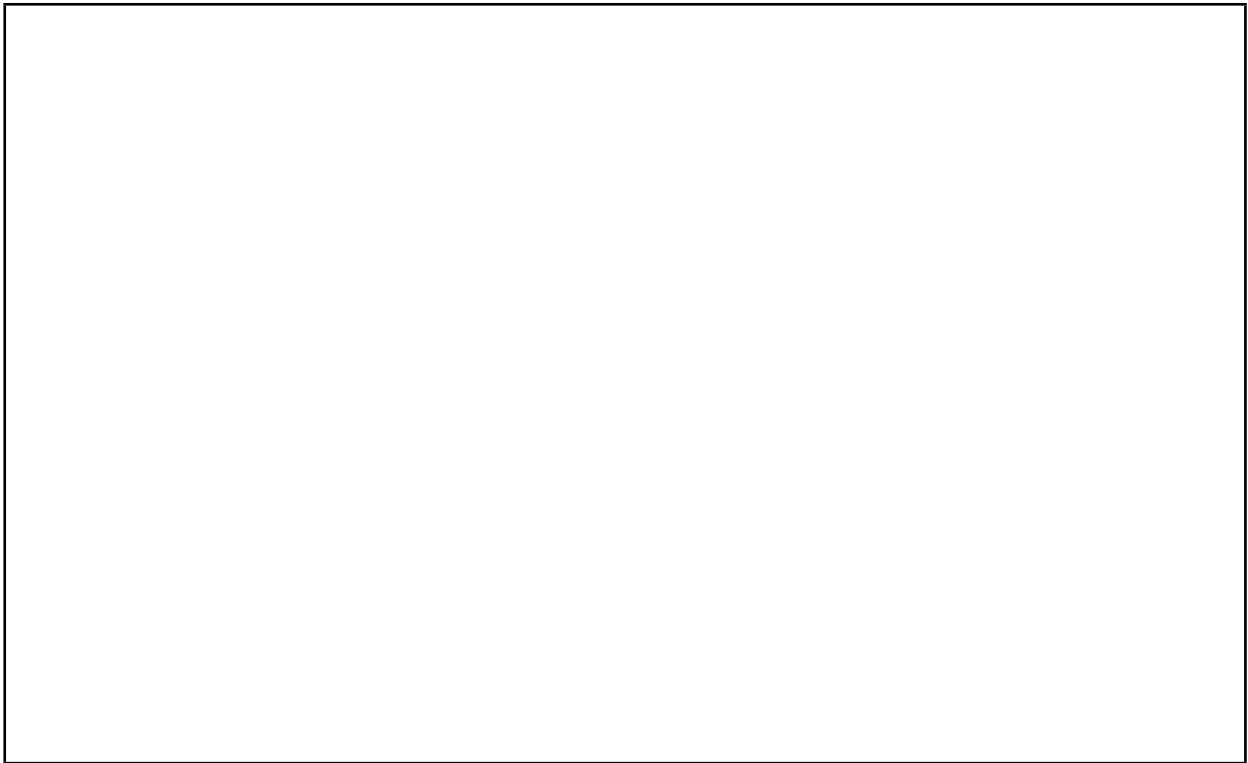
- c) Zeigen Sie, dass für die Energiedichte der Strahlung

$$\rho \propto a^{-4} \quad (\text{s3.1})$$

gilt, wo  $a$  der auf die heutige Größe des Universums normierte Skalenfaktor ist. .... (2 Punkte)

- d) In der Vorlesung hatten wir durch Rotverschiebung des Schwarzkörperspektrums gezeigt, dass  $T(z) = (1 + z)T_0$ , wo  $T_0$  die heutige Temperatur der 3K-Strahlung ist. Zeigen Sie, dass diese Beziehung auch aus Gl. s3.1 und dem Stefan-Boltzmann'schen Gesetz hergeleitet werden kann. Warum gilt diese Beziehung auch für Neutrinos? ..... (4 Punkte)

- e) Leiten Sie mit Hilfe der Newton'schen Mechanik die Friedmann-Gleichung (Impulsform) her.  
(5 Punkte)



*Raum für Ergänzungen:*





*Raum für Ergänzungen:*

