

# Einführung in die Astronomie und Astrophysik II

Dozent: Prof. Dr. Björn Malte Schäfer

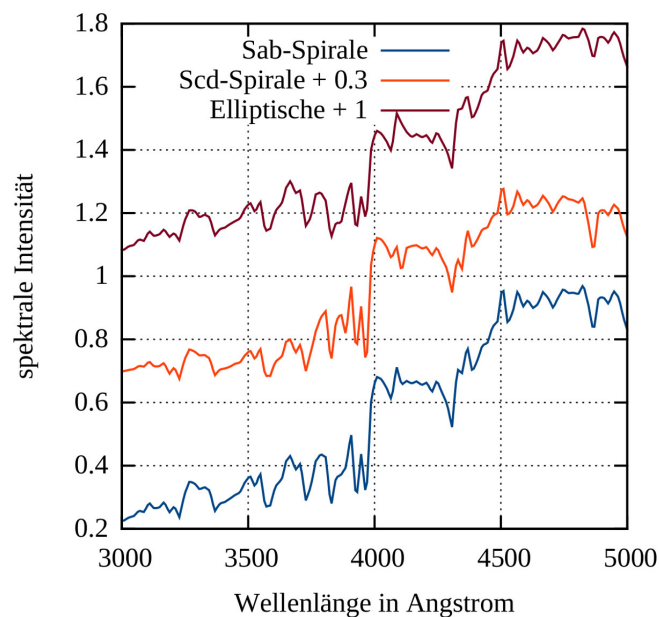
Obertutor: Hans-Martin Rieser (hans-martin.rieser@fau.de)

## Aufgabenblatt 7, Abgabe in der Übung in KW 24

### 7.1 Verständnisfragen

(10 Punkte)

- Welche großen Strukturen können Galaxien besitzen?
- Wie unterscheidet sich eine typische elliptische Galaxie von einer typischen Spiralgalaxie? Betrachten Sie die Art der Sterne und den Aufbau der Galaxie.
- Wie ist ein Galaxienhaufen aufgebaut?
- Warum haben die Spektren von Galaxien Stufen etwa bei den Wellenlängen 4000 Angström und 1000 Angström? Welches Phänomen ist für den gezackten Verlauf der Spektren verantwortlich?



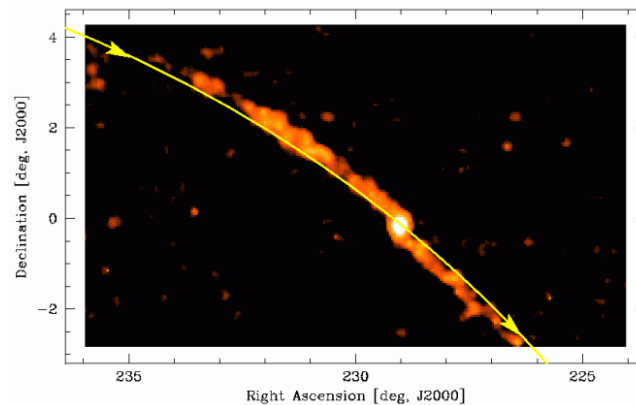
- Sterne bilden sich nur in Regionen molekularen Wasserstoffs. Überlegen Sie sich, warum atomarer Wasserstoff keine Sterne bilden kann.

## 7.2 Gezeitenfelder

(10 Punkte)

Oft werden astrophysikalische Objekte als starre Körper behandelt, auf die im Schwerpunkt eine gemittelte Gravitationskraft wirkt. In inhomogenen Gravitationsfeldern wirken auf ausgedehnte Objekte jedoch an unterschiedlichen Stellen leicht unterschiedliche Kräfte und sie verformen sich. Sie kennen diese Gezeitenkräfte von Ebbe und Flut am Meer oder aus der Vorlesung.

In dieser Aufgabe betrachten Sie, wie der Kugelsternhaufen Palomar 5 von den Gezeitenfeldern der Milchstraße zerissen wird. Palomar 5 ist etwa  $\Delta r = 5 \text{ pc}$  groß und befindet sich  $r = 5 \text{ kpc}$  entfernt vom galaktischen Zentrum. Wir vernachlässigen die Gravitation der Sterne innerhalb des Kugelsternhaufens und betrachten den Kugelsternhaufen als Wolke von Testteilchen, die das galaktische Zentrum umkreisen.



- a) Berechnen Sie die Orbitaldauer  $t$  eines Punktteilchens in einem Gravitationspotential der Form

$$\Phi = -\frac{GM}{r^n} \quad (1)$$

in Abhängigkeit vom Radius  $r$ . Schätzen Sie  $t$  für Palomar 5 ab.

*Hinweis: Erinnern Sie sich an die Rotationskurven-Aufgaben von den Blättern 4 und 6, um zuerst  $v(r)$  zu bestimmen.*

Für welches  $n$  reproduzieren Sie das dritte Keplersche Gesetz  $t^2 \propto r^3$ ?

- b) Für die folgenden Überlegungen bietet sich die Nutzung der logarithmischen Ableitung an. Beginnen Sie mit einer Näherung erster Ordnung

$$\Delta v = \left| \frac{dv}{dr} \right| \Delta r \quad (2)$$

und verifizieren Sie, dass daraus

$$\frac{\Delta v}{v} = \left| \frac{d \ln(v)}{d \ln(r)} \right| \frac{\Delta r}{r} \quad (3)$$

folgt.

- c) Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsunterschiede  $\frac{\Delta v}{v}$  für die beiden Ränder des Kugelsternhaufens in Abhängigkeit von der Form des galaktischen Potentials  $n$ . Die Ränder sind  $\frac{\Delta r}{r}$  voneinander entfernt

d) Wie unterscheiden sich die Orbitalzeiten  $\frac{\Delta t}{t}$  der beiden Ränder des Kugelsternhaufens? Wie viele Umläufe mit der Orbitaldauer  $t$  um das Zentrum dauert es, bis sich beide Enden des Kugelsternhaufens berühren, wenn Sie ein Potential mit  $n = 1$  annehmen? Drücken Sie zu diesem Zweck die Zeit  $\Delta t$  in Einheiten der Orbitaldauer  $t$  aus. Wie kann man die Anzahl der Umläufe aus  $t$  und  $\Delta t$  berechnen?

e) Für welches  $n$  lösen sich Kugelsternhaufen nicht auf? Welches Dichteprofil  $\rho$  entspricht diesem  $n$ ?

*Hinweis: Nutzen Sie die Poissongleichung in Kugelkoordinaten  $\nabla^2 \Phi = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{d}{dr} \Phi \right) = 4\pi G \rho$*

### 7.3 Farben und $K$ -Korrekturen

(10 Punkte)

Nehmen Sie an, ein astronomisches Objekt habe ein Spektrum, das gut durch ein Potenzgesetz

$$f_\nu = A \left( \frac{\nu}{\nu_0} \right)^{-\alpha} \quad (4)$$

genähert werden kann. Nehmen Sie ferner an, ein solches Objekt werde durch einen Satz Filter beobachtet, so dass die Transmissionskurven des Systems gegeben ist durch

$$T_{i,\nu} = \begin{cases} Q_m & 0,9 \leq \nu/\nu_i \leq 1,1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (5)$$

gegeben seien, wobei  $\nu_i$  jeweils die zentrale Frequenz des Filters  $i$  ist.

- Bestimmen Sie die Effizienz  $Q$ . Benutzen Sie dabei  $\ln(1 \pm x) \approx \pm x$  um das Ergebnis zu berechnen.
- Bestimmen Sie die Farben  $m_i - m_j$ , indem Sie dieselbe Näherung anwenden.
- Wie groß ist die  $K$ -Korrektur, wenn das Objekt die Rotverschiebung  $z$  hat?