

Übungen zur Einführung in die Astrophysik II

Blatt 11 (Abgabe: 5.7.2020, 19:00)

René Reifarth, Tanja Heftrich
Anton Görtz, Enis Lorenz, Dominik Plonka

1. In der Akkretionsscheibe um ein Schwarzes Loch wird die Gravitationsenergie der Materie in Strahlung umgewandelt. Dies lässt sich beschreiben durch:

$$L_{Akk} = \eta \dot{M} c^2 \quad (1)$$

mit η dem Wirkungsgrad der Umwandlung von Gravitationsenergie in Strahlung und \dot{M} der Massenakkretionsrate auf das Schwarze Loch. Weiterhin kann die Leuchtkraft aus Gründen der Energieerhaltung geschrieben werden als:

$$L_{Akk} = G \frac{M \dot{M}}{2R} \quad (2)$$

Berechnen Sie für den Wirkungsgrad η für ein Teilchen, das sich auf der innersten stabilen Kreisbahn um ein nicht-rotierendes ($r = 3R_S$) und ein rotierendes ($r = 0.5R_S$, mit R_S dem Schwarzschildradius) Schwarzes Loch befindet.

2. Für ein Objekt im hydrostatischen Gleichgewicht, d.h. Strahlungsdruck und Gravitationskraft sind ausgeglichen, ist die maximale Leuchtkraft gegeben durch das Eddington-Limit:

$$L_{Edd} = 3.2 \cdot 10^4 \left(\frac{M}{M_\odot} \right) L_\odot \quad (3)$$

Nehmen Sie an, die Akkretionsscheibe strahlt im Eddington-Limit und berechnen Sie für ein nicht-rotierendes ($\eta = 5.72\%$) und für ein rotierendes Schwarzes Loch ($\eta = 42.3\%$) mit einer Masse von $M = 10^8 M_\odot$ die Akkretionsrate in Sonnenmassen pro Jahr.

3. Eines der unverstandenen Probleme bei der Entstehung und Entwicklung von Planetensystemen ist die Tatsache, dass die Sonne 99.9% der Masse unseres Sonnensystems enthält, jedoch lediglich 1% des Drehimpulses. Den Großteil des Drehimpulses des Sonnensystems macht der Bahndrehimpuls des Jupiters aus.

- (a) Die Sonne hat am Äquator eine Rotationsperiode von 25 Tagen. Wie groß wäre sie, wenn die Eigenrotation der Sonne Ursache für den gesamten Drehimpuls des Sonnensystems wäre?
- (b) Wie groß wäre die Rotationsgeschwindigkeit der Photosphäre am Äquator (derzeit 2 km/s)?
- (c) Wie groß ist die Fluchtgeschwindigkeit der Sonne? Vergleichen Sie dies mit b). Was ist demnach die minimale Periode, unter der die Sonne noch stabil wäre?