

Übung zur Vorlesung Neutronensterne SoSe 2012

Übungszettel 9 (19. Juni 2012)

**Abgabe: bis Dienstag, 26. Juni, bei der Vorlesung oder Übung
Besprechung in der Übung am 3.7.**

Übung: Di 15:40h s.t. (Dr. Markus Mugrauer)

1. Massenaustausch in Doppelsternen - Roche-Fläche.

Ein alter Neutronenstern und ein alter normaler Stern kreisen um ihren gemeinsamen Massenschwerpunkt, der ausserhalb der beiden Sterne liege. Wenn sich der normale, auf der Hauptreihe masseärmere Stern zum Riesen entwickelt, wird er Material (und Drehimpuls) an den Neutronenstern abgeben, der dann zum recycelten Millisekundenpulsar werden kann.

In einem mitbewegten Koordinatensystem wirken an jeder Stelle $P(x,y,z)$ drei Beschleunigungen: die Schwerebeschleunigung der beiden Massen g_1 und g_2 und die Fliehkraftbeschleunigung infolge der Rotation des Systems um die Schwerpunktsachse a_3 .

Stellen Sie die Gleichung für das Gesamtpotential $\Phi = \Phi(x, y, z)$ auf mit

$$\Phi(x, y, z) = g_1 + g_2 + a_3$$

wobei g_1 abhängig ist von der Masse des einen Sterns und dem Abstand des obigen Punktes P von dieser Masse und analog g_2 von Masse des anderen Sterns und dessen Abstand des obigen Punktes P. Der Summand a_3 ist abhängig vom Abstand der Schwerpunkts- bzw. Rotationsachse von P und der Winkelgeschwindigkeit darum.

Berechnen Sie die sog. *kritische* Äquipotentialfläche, d.h. die 3-dimensionale Fläche, auf der das Potential verschwindet, und zeichnen Sie diese zusammen mit den Librationspunkten 1, 2 und 3 in einem zwei-dimensionalen Schnitt ein.

(3.5 Punkte)

2. Bondi-Hoyle-Akkretion.

Ein Neutronenstern mit Radius $R = 10 \text{ km}$ und Masse $M = 1.4 M_\odot$ fliege mit Geschwindigkeit $v = 400 \text{ km/s}$ durch das interstellare Medium mit der Dichte ρ (ein Wasserstoffatom pro Qubikzentimeter).

Der Massenfluß auf den Neutronenstern ist dann

$$\frac{dM}{dt} = A \cdot v \cdot \rho$$

mit der Fläche $A = \pi \cdot \sigma^2$, wobei σ ein Wirkungsquerschnitt ist.

(a) Setzen Sie kinetische und potentielle Energie gleich, um daraus den Wert für σ (in km) zu berechnen.

(b) Wie ist die funktionale Abhängigkeit zwischen dem Massenfluß und der Geschwindigkeit, nachdem Sie für σ und A Ausdrücke eingesetzt haben ?

(c) Welche Temperatur wird der Neutronenstern durch diese Akkretion erhalten (Ansatz über das Stefan-Boltzmann-Gesetz und die Akkretions-Leuchtkraft $L = M \cdot \dot{M} \cdot G/R$ mit Masse M , Radius R , Gravitationskonstante G und Massenakkretionsrate $\dot{M} = dM/dt$) ?

(d) In welchem Wellenlängenbereich wird dieser Stern das Maximum an thermischer Strahlung emittieren ?

(4 Punkte)

(Aufg. 3 auf Rückseite)

3. Anzahl und Beobachtbarkeit von Neutronensternen.

Wenn innerhalb von rund 500 pc genau sieben thermische Neutronensterne bekannt sind, wieviele gibt es dann bei Gleichverteilung insgesamt in unserer Galaxie (ein Zylinder mit Radius 16 kpc und Halbdicke 500 pc) ?

Wenn diese sieben Neutronensterne alle nur bis zu 2 Mio Jahre alt sind (da sie sonst zu kalt und somit unsichtbar wären), Neutronensterne aber seit Entstehung der 13.8 Mrd. Jahre alten Galaxie in gleicher Rate entstanden sind, wieviele solche Neutronensterne gibt es dann in unserer Galaxie ?

Wieviele Neutronensterne können Sie dann im Mittel in einem Quadratgrad am Himmel erwarten ?

Wenn Sie dann noch berücksichtigen, dass die Hälfte der Neutronensterne eine Raumgeschwindigkeit größer als die Fluchtgeschwindigkeit (aus der Galaxie) haben, wieviele Neutronensterne erwarten Sie dann am Himmel nahe der galaktischen Scheibe bzw. Ebene zwischen den galaktischen Breiten $b = -20^\circ$ und $b = +20^\circ$?

Bedenken Sie nun, dass man Neutronensterne nur bis zur sog. Todeslinie im Diagramm Periode gegen Periodenveränderung detektieren kann, also sagen wir bis zu einem bestimmten Alter von 100 Mio Jahre; wieviele detektierbare Neutronensterne erwarten Sie dann in einem Quadratgrad in der galaktischen Ebene ?

(2.5 Punkte)