Tutorium Kompakte Sterne

Sommer Semester 2016

Dozent: PD Dr. J. Schaffner-Bielich
Tutor: Andreas Zacchi

Blatt Nr. 7

wird besprochen am: 16.06.2016

1. **Wiederholung der Vorlesung**

Gebe den Inhalt der letzten Vorlesung wieder.
Stichpunkte:

a.) Pulsar Model von Julian Goldreich

b.) Masse und Radius Bestimmung von kompakten Sternen

2. **Pulsare**

Ein Pulsar ist ein schnell rotierender kompakter Stern, dessen Magnetfeldsymmetrieachse von der Rotationsachse abweicht. Pulsare strahlen hauptsächlich im Radiofrequenzbereich. Die Rotationsdauer eines einzeln vorkommenden Pulsars liegt zwischen 0,01 und 8 Sekunden.

(a) Die Winkelgeschwindigkeit ω, mit welcher ein kompakter Stern rotiert, ist begrenzt durch die Fähigkeit der Gravitation, die Materie gegen die Zentrifugalkraft zu stabilisieren. Dieser Effekt ist am stärksten am Äquator des Sternes.
Vernachlässigt man die Deformierung am Äquator und nimmt an, dass der Stern sphärisch symmetrisch bleibt, kann man die maximale Rotationsgeschwindigkeit eines Pulsars bestimmen. Bestimme die Rotationsgeschwindigkeit eines $1.4M_\odot$ Pulsars, der einen Radius von 10 km hat. Vergleiche den Wert mit der Rotationsdauer des Krebs Nebel Pulsars.

(b) Bei einem Pulsar glitch, der vornehmlich bei jungen Pulsaren vorkommt, ändert sich die Rotationsfrequenz abrupt um einen kleinen Wert, um sich anschliessend wieder für unterschiedlich lange Zeit zu normalisieren.
Angenommen die Rotationsperiode P des Krebs Nebel Pulsars[1] ändert sich um $|\Delta P| = 10^{-8}$ P einhergehend mit einer Kontraktion des Radius des Sternes. Um welchen Betrag hat sich der Radius des Sternes geändert[2].

(c) Um die Rate, mit welcher ein rotierender kompakter Stern Energie verliert, zu berechenen, definiert man die kinetische Energie K über dessen Periode P und das Trägheitsmoment I. Die Energieverlustrate ist dann gegeben durch

$$\frac{dK}{dt} = -\frac{4\pi^2 I \dot{P}}{P^3}$$

Die Energieverlustrate durch magnetische Dipolstrahlung sei

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{32\pi^5 B^2 R^6 \sin^2(\theta)}{3\mu_0 c^3 P^4}$$

[1] Mit einer Masse von $\sim 1.4M_\odot$ und einem Radius von 10 km.

[2] Annahme sei eine konstante Dichte und spärische Symmetrie. Weiterhin sei der Drehimpuls erhalten.

Hier ist B das Magnetfeld, R der Radius, c die Lichtgeschwindigkeit und μ_0 die magnetische Feldkonstante.
Nimmt man an, dass die Rotationsenergie allein durch die Dipolstrahlung davongetragen wird, kann man die Magnetfeldstärke am Äquator des Sternes berechnen.
Bestimme die Magnetfeldstärke am Äquator des Krebs Nebel Pulsars, wobei $P = 0.0333$ s, $\dot{P} = 4.21 \cdot 10^{-13}$ und $\theta = 90°$.