

Übung zur Vorlesung Neutronensterne WiSe 2013/14

Übungszettel 8 (20. Dezember 2013)

**Abgabe: bis Freitag, 10. Januar 2014, bei der Vorlesung oder Übung
Besprechung in der Übung am 17.1.**

Übung: Fr 16-18h (Dr. Tobias Schmidt), Beginn 16:15h

1. Welche der nachfolgenden Objekte erzeugen Gravitationswellen? (jeweils 0.5 Punkte)
 - (a) ein radial pulsierender Neutronenstern
 - (b) ein sphärisch symmetrischer, rotierender Neutronenstern
 - (c) eine sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit bewegende Masse
 - (d) ein präzedierender Neutronenstern
2. Zwei sich umkreisende Neutronensterne emittieren Gravitationswellen der Leistung

$$L = \frac{32}{5} \frac{G^4 M^3}{c^5} \mu^2 \frac{1}{a^5}. \quad (1)$$

Dabei ist a die Summe der beiden Großen Halbachsen a_1 und a_2 und μ ist die reduzierte Masse des Systems (demnach ist $M = M_1 + M_2$ die Summe der beiden Neutronensternmassen). Nach welcher Zeit (Lebensdauer des Orbits t_0) kollidieren beide Neutronensterne aufgrund des Energieverlustes durch die Abstrahlung von Gravitationswellen ($M_1 = M_2 = 1.4 M_\odot$, derzeitige Apastronlänge ca. 3 Mio km; 4 Punkte)?

Wieso kann man bei der Berechnung von t_0 relativistische Effekte vernachlässigen (1 Punkt)? Schätzen Sie anhand von t_0 ab, wie groß das Volumen sein muß, um solch ein Ereignis einmal pro Jahr beobachten zu können. Nehmen Sie dabei zur Vereinfachung die Dichte der Lokalen Gruppe an (etwa 10 Milchstraßenmassen innerhalb $r = 1.5 \text{ Mpc}$; nehmen Sie an, daß jedes Ereignis detektiert werden kann, wenn es geschieht; 1 Punkt).

3. Ein schnell rotierender Neutronenstern mit der Elliptizität $\epsilon = 10^{-6}$ verliert sowohl durch Abstrahlung von Gravitationswellen, als auch durch den Zerfall des Magnetfeldes Rotationsenergie. Wie groß darf die Magnetfeldstärke (Dipolfeld, $M = 1.4 M_\odot$, $R=10 \text{ km}$) höchstens sein, damit der spin-down von den Gravitationswellen ($f_{GW} = 10 \text{ Hz}$) dominiert wird (1 Punkte)? Wie groß sind die Magnetfeldstärken der meisten Neutronensterne und was folgt daraus (1 Punkt)? Der Energieverlust eines rotierenden magnetischen Dipols der Magnetfeldstärke B und Rotationsfrequenz ω ist

$$\frac{dE_B}{dt} = -\frac{B^2 R^6 \omega^4 \sin^2 \alpha}{6c^3}, \quad (2)$$

wobei Sie vereinfacht $\sin \alpha = 1$ annehmen können.