



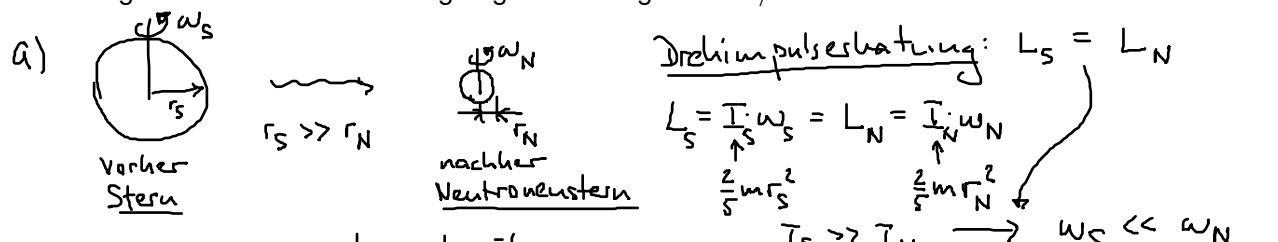
Drehimpuls - Neutronenstern ★★

Aufgabe: Sterne, mit etwa der doppelten Masse unserer Sonne, haben im Schnitt einen Radius r_S und drehen sich etwa alle 90 Tage einmal um ihre eigene Achse. Sobald ihnen der "Treibstoff" ausgeht, setzt die Kernfusionsreaktion im Inneren aus und die Photonen (Lichtteilchen), die über ihren Impuls mit einer Kraft nach aussen wirken, fallen quasi weg. Die Gravitation nimmt Überhand und die Masse des Sterns fällt in sich zusammen. Der Stern implodiert.

Der so entstandene Neutronenstern hat einen viel kleineren Radius r_N und eine extrem hohe Dichte. Messungen haben ergeben, dass Neutronensterne mit Frequenzen von etwa 500 Hz rotieren.

- Rotieren die Neutronensterne schneller oder langsamer als vor ihrem Kollaps? Warum?
- Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeiten des Sterns ω_S (vor dem Kollaps) und des kleinen Neutronensterns ω_N (nach dem Kollaps).
- Wie gross ist der Radius r_N eines Neutronensterns etwa?
(Tipp: Stellen Sie die beiden Drehimpulse L_S und L_N auf und verlangen Sie Drehimpulserhaltung. Die unbekannte Masse m fällt heraus.)

Trägheitsmoment einer homogen gefüllten Kugel: $I = \frac{2}{5}mr^2$

a) 

$T_S = 90 \text{ d} \rightarrow f_S = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{90} \text{ d}^{-1}$
 $f_N = 500 \text{ Hz} \rightarrow T_N = \frac{1}{f_N} = \frac{1}{500} \text{ s}$

b) $f_S = \frac{1}{90 \text{ d}} = \frac{1}{90 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} = 1,286 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1} \rightarrow \omega_S = 2\pi f_S = 8,08 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
 $\rightarrow \omega_N = 2\pi f_N = 3,142 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$

c) $L_S = L_N$
 $I_S \omega_S = I_N \omega_N$
 $\frac{2}{5} m r_S^2 \omega_S = \frac{2}{5} m r_N^2 \omega_N$

$r_S^2 \omega_S = r_N^2 \omega_N \quad | \cdot \omega_N$
 $r_N^2 = \frac{\omega_S}{\omega_N} \cdot r_S^2 \rightarrow r_N = \sqrt{\frac{\omega_S}{\omega_N}} \cdot r_S$
 $r_S = 1,0 \cdot 10^9 \text{ m}$
 $r_N = \sqrt{\frac{8,08 \cdot 10^{-7}}{3,142 \cdot 10^3}} \cdot 10^9 \text{ m} = 1,604 \cdot 10^4 \text{ m}$
 $r_N \approx 16'000 \text{ m} = \underline{\underline{16 \text{ km}}}$