Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Einführung in die Astronomie I

Sommersemester 2011
Übungsaufgaben 7
J. Wilms
28. Juni 2011

Frage 1: *Die Massenfunktion*

Präsenzaufgabe: In Doppelsternsystemen bewegen sich zwei Sterne gemäß dem 3. Keplerschen Gesetz um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Der Dopplereffekt führt dann zu periodischen Verschiebungen der Lage der Spektrallinien während des Umlaufs der Sterne. In vielen Doppelsternsystemen kann im Spektrum nur die Strahlung einer Komponente des Systems identifiziert werden. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn der unsichtbare Begleiter ein Schwarzes Loch oder ein Planet ist. Daher kann in diesem Fall kann nur die Dopplerbewegung des optischen Sterns bestimmt werden, die eine Amplitude von K_1 habe.
Zeigen Sie, daß in diesem Fall die *Massenfunktion*

$$f_\mathrm{M} := \frac{PK_1^3}{2\pi G} = \frac{M_2^3 \sin^3 i}{(M_1 + M_2)^2} \tag{1.1}$$

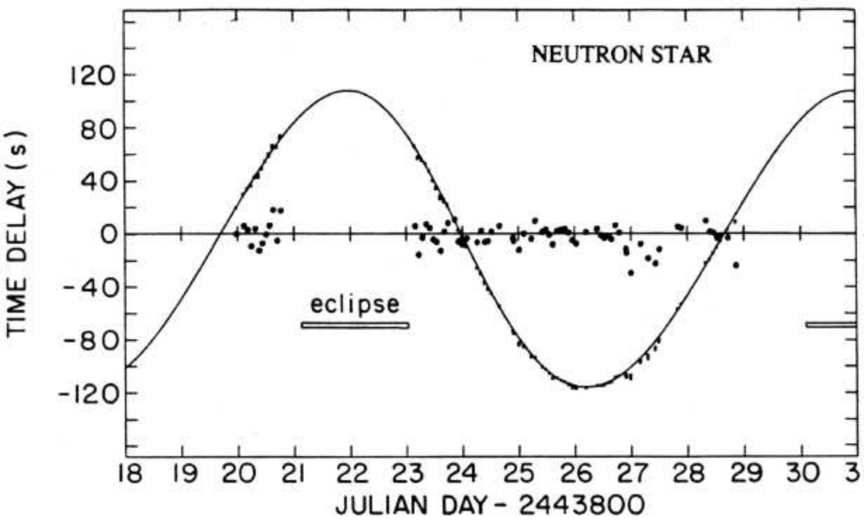
eine untere Grenze für die Masse M_2 des unsichtbaren Begleiters darstellt. Gehen Sie davon aus, daß die Objekte sich auf Kreisbahnen bewegen, die eine Inklination von i gegenüber der Sichtlinie haben, so daß die Geschwindigkeitsamplitude durch

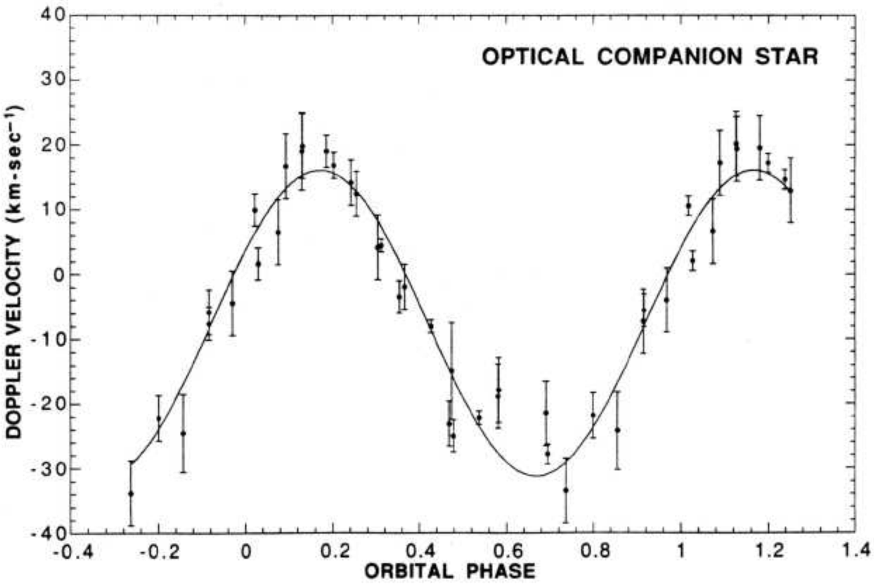
$$K = \frac{2\pi a}{P} \sin i \tag{1.2}$$

gegeben ist.

Frage 2: *Die Masse eines Neutronensterns*

Das Doppelsternsystem Vela X-1 (4U0900−40) besteht aus einem sogenannten Neutronenstern und aus einem normalen Stern. Der Neutronenstern ist stark magnetisiert und rotiert. Material fällt vom normalen Stern auf die magnetischen Pole des Neutronensterns, wo es sich aufheizt und im Röntgenbereich zu strahlen beginnt. Daher sehen wir den Neutronenstern als sogenannten "Röntgenpulsar". Die folgende Abbildung gibt die Ergebnisse von Beobachtungen dieses Systems wieder:





Die obere Abbildung zeigt die Zeitverzögerung in Sekunden von Röntgenpulsen, die von dem System detektiert wurden, als Funktion der Zeit (angegeben in Tagen) über den Umlauf des Neutronensterns um den Schwerpunkt des Systems. Die Verzögerung kommt dadurch zustande, daß das Röntgensignal je nach Position des Neutronensterns auf seinem Orbit länger oder kürzer benötigt, um auf der Erde detektiert zu werden (die Punkte auf der x-Achse können ignoriert werden).

Die untere Abbildung zeigt die aus der Dopplerverschiebung ermittelte Radialgeschwindigkeit des Sterns. Die Zeit ist in dieser Abbildung als Funktion der Bahnphase gegeben, von Phase 0.0 bis Phase 1.0 läuft der Stern einmal um den gemeinsamen Schwerpunkt des Systems.

Im Folgenden nehmen wir an, daß sich beide Objekte auf Kreisbahnen bewegen und daß wir das System von der Seite aus betrachten (warum ist das eine gute Annahme?).

a) Bestimmen Sie die Bahnperiode, P, in Tagen.
b) Bestimmen Sie die Geschwindigkeitsamplitude des optischen Sterns, K_O, um seinen Schwerpunkt.
c) Berechnen Sie aus diesen Ergebnissen den Radius der Bahn des optischen Sterns, a_O.
d) Bestimmen Sie den Radius der Bahn des Neutronensterns.
e) Bestimmen Sie das Massenverhältnis von Neutronenstern und optischen Stern, $M_\mathrm{NS}/M_\mathrm{O}$.
f) Bestimmen Sie die Gesamtmasse des Systems in Sonnenmassen und die Einzelmassen von Stern und Neutronenstern ($1\,M_\odot = 2 \times 10^{30}$ kg; $G = 6.7 \times 10^{-11}\,\mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$).
g) Bestimmen Sie aus der Länge der Bedeckung des Neutronensterns durch den optischen Stern den Durchmesser des optischen Sterns. Drücken Sie diesen in Einheiten des Sonnenradius aus ($r_\odot = 700000$ km).