

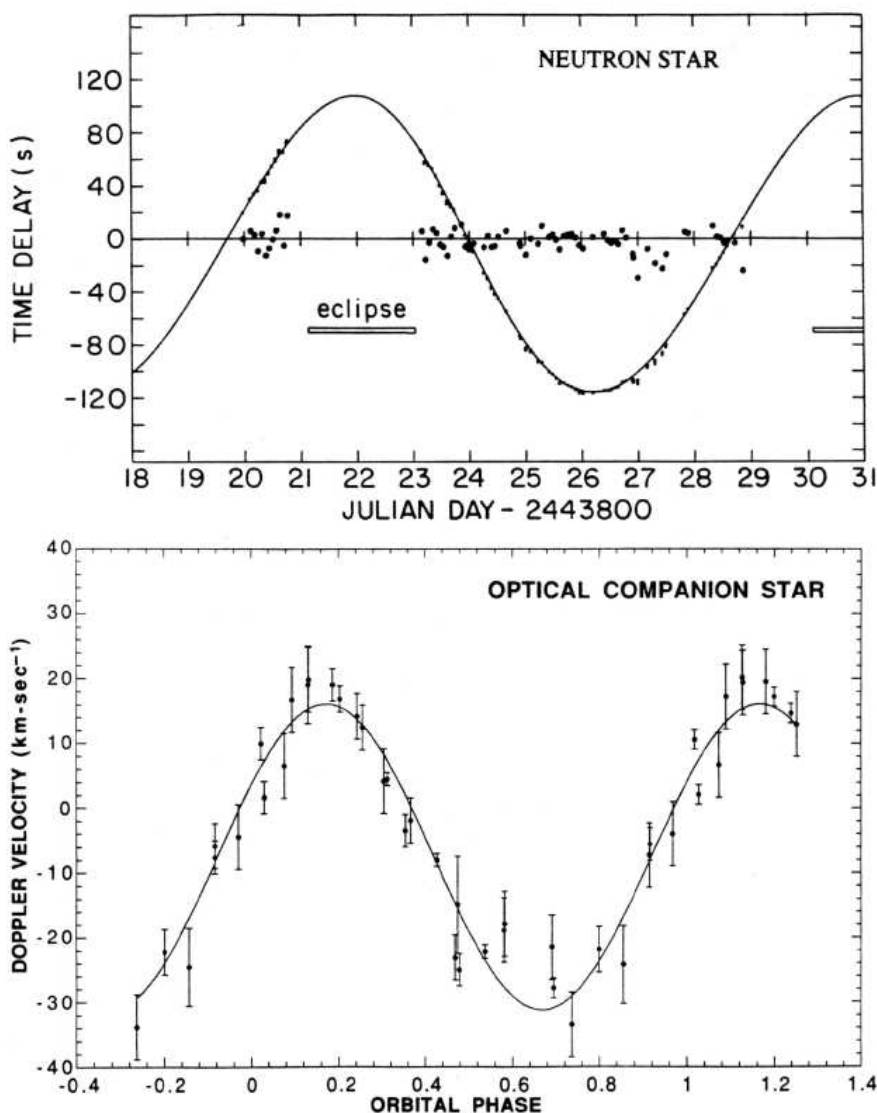


## Frage 1: Die Masse eines Neutronensterns

Diese Aufgabe wird in den Übungen als Präsenzaufgabe gelöst werden.

(Aufgabe übernommen aus der "Introduction to Astrophysics" des MIT)

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.

- Bestimme die Bahnperiode,  $P$ , in Tagen.
- Bestimme die Geschwindigkeitsamplitude des optischen Sterns,  $K_O$ , um seinen Schwerpunkt.
- Berechne aus diesen Ergebnissen den Bahnradius der Bahn des optischen Sterns,  $a_O$ .
- Bestimme den Bahnradius der Bahn des Neutronensterns.
- Bestimme das Massenverhältnis von Neutronenstern und optischen Stern,  $M_{NS}/M_O$ .
- Bestimme die Gesamtmasse des Systems in Sonnenmassen und die Einzelmassen von Stern und Neutronenstern ( $1 M_\odot = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ ;  $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ).
- Bestimme aus der Länge der Bedeckung des Neutronensterns durch den optischen Stern den Durchmesser des optischen Sterns. Drücke diesen in Einheiten des Sonnenradius aus ( $r_\odot = 700000 \text{ km}$ ).
- In dieser Aufgabe haben wir den häufigen Fall behandelt, daß die Geschwindigkeiten beider Objekte in einem Doppelsternsystem bestimmt werden konnten. Häufig ist dies nicht der Fall, z.B. wenn eine der Komponenten ein nichtrotierender Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch ist. In diesem Fall kann nur die Dopplerbewegung des optischen Sterns bestimmt werden, die eine Amplitude von  $K_1$  habe. Zeige, daß in diesem Fall die *Massenfunktion*

$$f_M := \frac{PK_1^3}{2\pi G} = \frac{M_2^3 \sin^3 i}{(M_1 + M_2)^2} \quad (1.1)$$

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

$$K = \frac{2\pi a}{P} \sin i \quad (1.2)$$

gegeben ist.

## Frage 2: Helligkeiten & Entfernungen

- Die scheinbare visuelle Helligkeit der Sonne beträgt  $m_V = -26.7 \text{ mag}$ . Berechne daraus ihre absolute visuelle Helligkeit.
- Um welchen Faktor unterscheiden sich die Strahlungsflüsse von Sonne und Vollmond ( $m_V = -12.5 \text{ mag}$ )?
- Der Stern Spica in der Jungfrau besitzt eine jährliche Parallaxe von  $0.019''$ . Seine scheinbare Helligkeit beträgt  $0.98 \text{ mag}$ . Berechne seine absolute Helligkeit.
- Für den hellen Schulterstern des Orion "Beteigeuze" kennt man auf Grund seines Spektrums die absolute Helligkeit  $M = -5.7 \text{ mag}$ , wohingegen seine scheinbare Helligkeit  $m_V = 0.4 \text{ mag}$  beträgt. Wie weit ist Beteigeuze entfernt ?