

# Kosmologie und Astroteilchenphysik

Webseite der Vorlesung: <https://www.hzdr.de/db/Cms?p0id=49837&pNid=164>

## 4. Übung am 14.06.2017

### Aufgabe 1

Am 23.02.1987, 07:35 UT wurden innerhalb von nur 10 s etwa 10 Neutrinos ( $\nu_e$  oder  $\bar{\nu}_e$ ) der 50 kpc entfernten Supernova SN 1987 A im Detektor von Kamiokande-II mit 2140 t Wasser registriert. Die Messung erfolgte anhand der Cerenkov-Strahlung der geladenen Leptonen und leichten Rückstoßkerne in Wasser. Die daraus bestimmten Energien der Neutrinos variieren von 5 bis 20 MeV, die durchschnittliche Energie betrug 12 MeV. Bei dieser Energie beträgt der Wirkungsquerschnitt für die Reaktion von Neutrinos mit den Wasserstoffkernen des Wassers etwa  $\sigma = 4 \cdot 10^{-46} \text{m}^2$ .

Bestimmen Sie den Neutrinofluss  $\Phi$  am Experiment und schätzen Sie ab, wie viel Energie in Form von Neutrinos von der Supernova in 10 s insgesamt freigesetzt wurde. Man beachte: zu den festgestellten  $\nu_e$  kommen noch etwa so viele  $\nu_\mu$  und  $\nu_\tau$ .

### Aufgabe 2

Die Wetterbedingungen sind ideal und Sie entscheiden sich, einen Ausflug ins Umland zu machen, um Sterne zu beobachten. Beim Blick durch Ihr Fernrohr fallen Ihnen zwei Sterne A und B auf. Der Stern A ist aufgrund seiner großen scheinbaren Helligkeit leicht zu bemerken, aber der Stern B ist sehr schwer zu entdecken und lässt sich nicht mit bloßem Auge beobachten. Sie merken, dass der Winkel  $\alpha$  zwischen den Sichtlinien zu den Sternen A und B  $30^\circ$  beträgt. Voller Neugier suchen Sie in den vom Satelliten HIPPARCOS gemessenen Daten nach den jährlichen Parallaxen der Sterne, um ihre Entfernungen zu bestimmen. Die jährliche Parallaxe des Sterns A beträgt  $0.002''$ . Leider finden Sie die Parallaxe des Sterns B nicht.

Sie geben aber nicht auf und suchen weitere Informationen in der Literatur. Stern B ist vom Spektraltyp A0. Seine Leuchtkraft  $L_B$  beträgt  $100 L_\odot$ . Sie finden auch seine scheinbare Helligkeit  $m=11^m0$  und die visuelle Extinktion entlang seiner Sichtlinie zum Stern  $A_V = 0,4 \text{ mag}$ .

- Bestimmen Sie die Abstände zu den Sternen A und B in pc. Warum konnte HIPPARCOS die Parallaxe von Stern B nicht bestimmen?
- Wie groß ist die Entfernung  $d_{A,B}$  zwischen den Sternen?

### Aufgabe 3

Mit einem guten Fernrohr kann man die beiden Komponenten des Doppelsternsystems Cygnus 61 trennen. Folgende Daten lassen sich ermitteln:

- Parallaxe des Systems:  $p=0.286''$
- Abstand der beiden Komponenten:  $a=24.4''$
- Umlaufdauer:  $T=660$  a
- Verhältnis der Umlaufgeschwindigkeiten um den gemeinsamen Schwerpunkt  $v_a:v_b = 1.0 : 1.1$
- Stern A:  $m=5.21$
- Stern B:  $m=6.03$

Lösen Sie folgende Aufgaben:

- Bestimmen Sie die Entfernung von Cygnus 61 und den Abstand der beiden Sterne voneinander.
- Bestimmen Sie die Gesamtmasse  $m = m_A + m_B$  und anschließend die Einzelmassen.
- Bestimmen Sie die absoluten Helligkeiten und die Leuchtkräfte der beiden Komponenten.
- Bestimmen Sie Leuchtkraft und die absolute Helligkeit, sowie die scheinbare Helligkeit des Gesamtsystems Cygnus 61.

## Zusatzaufgabe

Die Sterne  $\eta_1$  und  $\eta_2$  sind die zwei Komponenten eines bedeckungsveränderlichen SB2-Doppelsterns. Es wurde eine Lichtkurve des Sterns aufgenommen, die die scheinbare visuelle Helligkeit  $m$  als Funktion der Zeit angibt. (Abb. 1, oberes Diagramm). Die gemessene Umlaufzeit  $U$  beträgt fünf Monate. Es wurden ferner mithilfe einer Spektrallinie bei  $\lambda = 6793 \text{ \AA}$  die Dopplerverschiebungen beider Komponenten als Funktion der Zeit aufgenommen und in einem Diagramm zusammengefasst (siehe Abb. 1, unteres Diagramm).

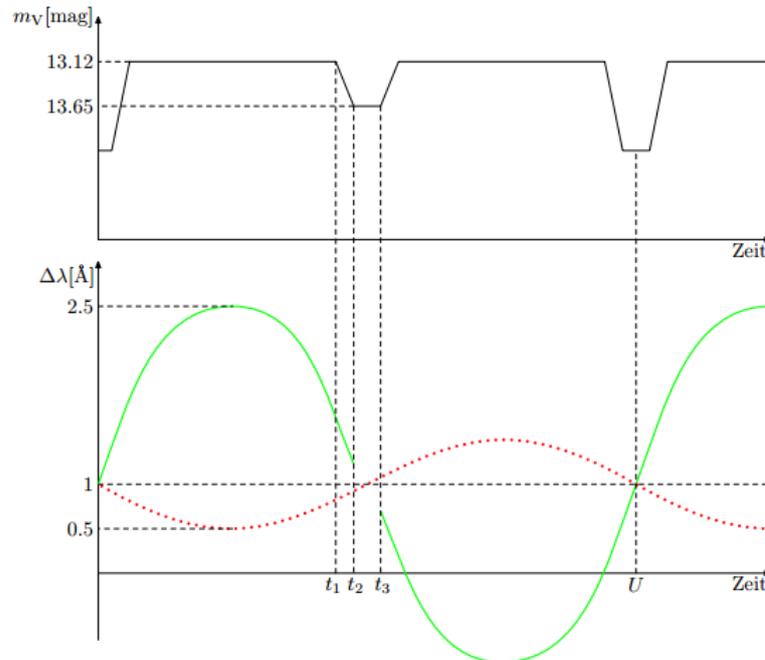


Abbildung 1: Oben: Lichtkurve des Doppelsterns: Aufgetragen ist die scheinbare visuelle Helligkeit als Funktion der Zeit. Unten: Dopplerverschiebung einer Spektrallinie bei  $\lambda = 6793 \text{ \AA}$  für beide Komponenten.

- Überlegen Sie zunächst qualitativ: Welche Komponente ist massereicher? Was ist die Ursache dafür, dass das Spektrum der Komponente  $\eta_2$  im Zeitintervall  $[t_2, t_3]$  nicht beobachtbar ist? Was beschreiben die zwei angegebenen Helligkeiten? Wie groß ist der Inklinationswinkel  $i$  der Normalen der Bahnebene (mit sehr guter Genauigkeit)?
- Wie groß ist die Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes relativ zur Erde,  $\gamma$ ? Wie groß sind die maximalen Radialgeschwindigkeiten der Komponenten  $\eta_1$  und  $\eta_2$  relativ zum Schwerpunkt? Geben Sie die Geschwindigkeiten jeweils in km/s an.
- Angenommen, die absoluten Bahnen der Komponenten seien kreisförmig, wie groß sind dann jeweils die Bahnradien  $a_1$  und  $a_2$  der beiden Komponenten in AU?
- Wie groß sind die Massen  $M_1$  und  $M_2$  der beiden Komponenten in  $M_\odot$ ?
- Sie messen:  $t_2 - t_1 = 13 \text{ h}$ . Wie groß ist folglich der Sternradius von  $\eta_2$  in  $R_\odot$ ?
- Sie haben ferner festgestellt:  $t_3 - t_2 = 26 \text{ h}$ . Wie groß ist der Sternradius von  $\eta_1$  in  $R_\odot$ ?