

Vorlesung Radioastronomie WS17/18

Übungsblatt #9

Abgabe: 08.01.2018

Aufgabe 9.1 - Krebsnebel (20 Punkte)

Der Krebsnebel ist der Überrest einer Supernovaexplosion im Jahre 1054 AD. Abbildung 1 zeigt die spektrale Energieverteilung $\nu S_\nu(\nu)$ des Supernovaüberrests. Von niedrigsten Frequenzen bis über 10^{22} Hz wird die Emission durch Synchrotronstrahlung dominiert. Unterhalb 10^{15} Hz sieht man Radiostrahlung von Elektronen wie sie an der Stoßfront beschleunigt werden. Oberhalb wird das Spektrum steiler, da sich verschieden „gealterte“ Elektronenpopulationen überlagern. Der „Knick“ im Radiospektrum bei 10^{15} Hz spiegelt jene Elektronen wider, die unmittelbar nach der Explosion an der Stoßfront beschleunigt wurden. Im Folgenden sei vereinfachend angenommen, dass Elektronen ausschließlich bei der kritischen Frequenz der Synchrotronstrahlung

$$\nu_{crit} = \frac{3\pi}{8} \gamma^2 \nu_G,$$

emittieren. Hier wurde angenommen, dass $\langle \sin \alpha \rangle = \pi/4$ und ν_G ist die Gyrofrequenz (hier nicht Kreisfrequenz ω).

- a) Schätzen die Stärke des Magnetfeldes (in μ Gauss) im Krebsnebel! Nehmen Sie dazu, dass die Zeitskala

$$\tau = \frac{E}{P}$$

(E ist die Energie eines relativistische Elektrons und P die Gesamtstrahlungsleistung der Synchrotronstrahlung) der Elektronen, die bei 10^{15} Hz abstrahlen, dem Alter des Supernovaüberrests entspricht.

- b) Bestimmen Sie den Lorentzfaktor, die Umlauffrequenz ω_B und den Radius der Kreisbahn von Elektronen die bei 10^{22} Hz emittieren!
- c) In Tabelle 1 sind typische Frequenzen drei verschiedener „Beobachtungsfenster“ angegeben, bestimmen Sie die Energieverlustzeitskala τ .
- d) Der Krebsnebel ist 6000 Lichtjahre entfernt. Welche Leuchtkräfte P_ν ergeben sich aus Abbildung 1 für die drei in Tabelle 1 genannten Frequenzen? Viele Elektronen sind jeweils erforderlich, um die entsprechende Energie abzustrahlen? Das Volumen der emittieren Region betrage $3 \cdot 10^{56} \text{ cm}^3$. Welche Teilchenzahldichten ergeben sich für die drei Frequenzen?

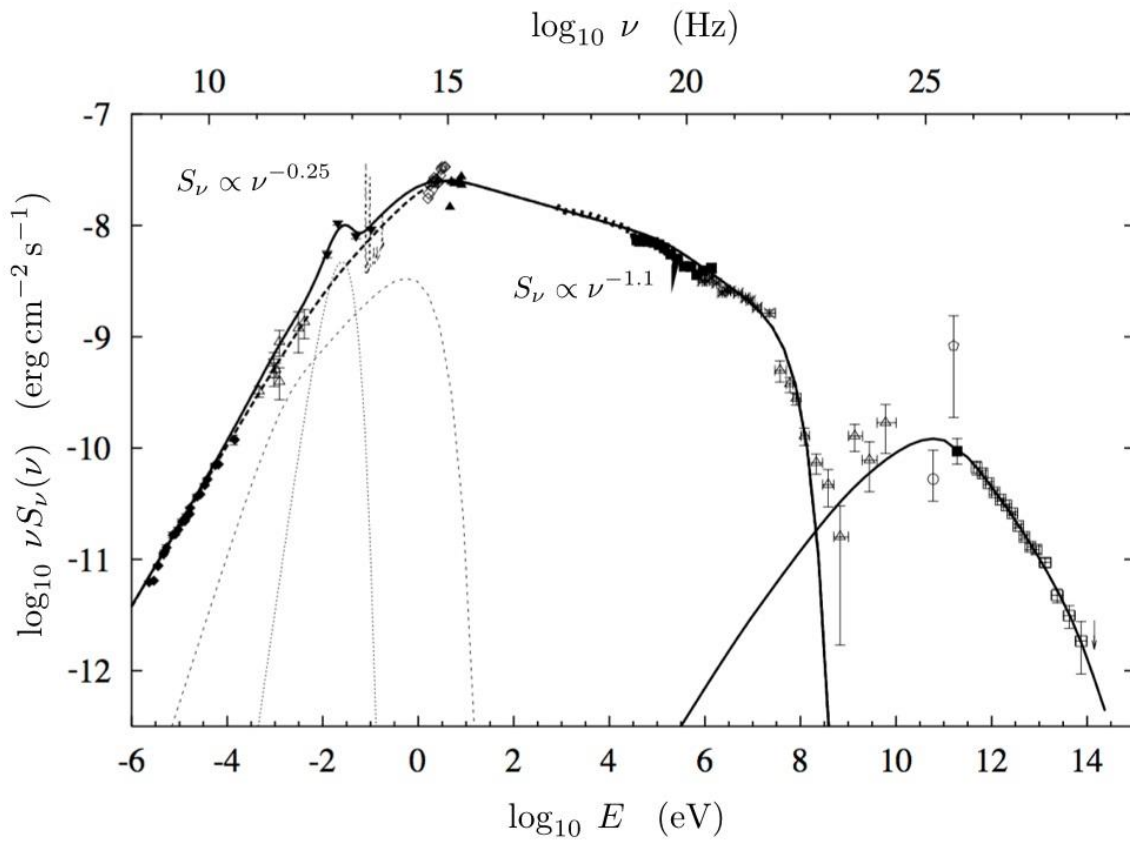


Abbildung 1: Verteilung der spektralen Energiedichte des Krebsnebels.

	Frequenz (Hz)
Radio (0.5 GHz)	$5 \cdot 10^8$
Optisch (600 nm)	$5 \cdot 10^{14}$
Röntgen (4.1 keV)	$1 \cdot 10^{18}$

Tabelle 1: Frequenzen in typischen "Beobachtungsfenstern"