

**Aufgabe 34 (Schwarzes Loch):** Nehmen Sie an, dass ein schwarzes Loch über Hawking-Strahlung Energie abgeben kann (S. Hawking, Nature 248, 30, 1974), und dass die Hawking Strahlung dem Stefan-Boltzmann Gesetz gehorcht (unter Verwendung von  $R_{\text{Schwarzschild}}$  als Radius). Die Temperatur eines schwarzen Loches beträgt

$$T = \frac{hc^3}{16\pi^2 k_B GM}. \quad (1)$$

Der Schwarzschildradius ist als

$$R_{\text{Schwarzschild}} = \frac{2GM}{c^2} \quad (2)$$

definiert.

- Berechnen Sie die Temperaturen und Schwarzschildradien für die Massen  $m_p$ , 1000 kg,  $M_\odot$ ,  $5 M_\odot$ .
- Schätzen Sie die Lebensdauer eines schwarzen Lochs für die Massen aus a) ab.

**Aufgabe 35 (Gravitative Rotverschiebung):** Berechnen Sie die gravitative Rotverschiebung für ein Photon das

- von der Oberfläche der Sonne zu uns fliegt,
- von der Oberfläche eines typischen weißen Zwergs abgestrahlt wird,
- von der Oberfläche eines typischen Neutronensterns abgestrahlt wird.

**Aufgabe 36 (SN 1987A):** Der Zerfall eines  $^{56}_{27}\text{Co}$  Atoms (Halbwertszeit 77.7 Tage) setzt 3.72 MeV an Energie frei. Nehmen Sie an, dass in der SN 1987A  $0.075 M_\odot$  Kobalt aus dem Zerfall von  $^{56}_{28}\text{Ni}$  (Halbwertszeit 6.1 Tage) erzeugt wurden. Schätzen Sie ab, wieviel Energie aus dem radioaktiven Zerfall des Kobalts freigesetzt wurden:

- Unmittelbar nach der Erzeugung des Kobalts
- Ein Jahr nach der Explosion
- Vergleichen Sie ihre Resultate mit der Lichtkurve von SN 1987A

**Aufgabe 37 (Weißer Zwerg):** Ein Sternmodell berechnet den Zentraldruck, der notwendig ist um einen Gravitationskollaps zu verhindern als

$$P_c \approx (\pi/36)^{1/3} GM^{2/3} \rho_c^{4/3}. \quad (3)$$

Der Druck, der von einem relativistischen, entarteten Elektronengas erzeugt wird beträgt

$$P_{\text{UR}} = (hc/4)(3/8\pi)^{1/3} (\rho Y_e / m_H)^{4/3}. \quad (4)$$

- Setzen sie die Drücke aus Gleichung 3 und 4 gleich und stellen Sie die Sternmasse frei.
- Berechnen Sie die Masse des Sterns (nehmen sie  $Y_e = 0.5$  an).

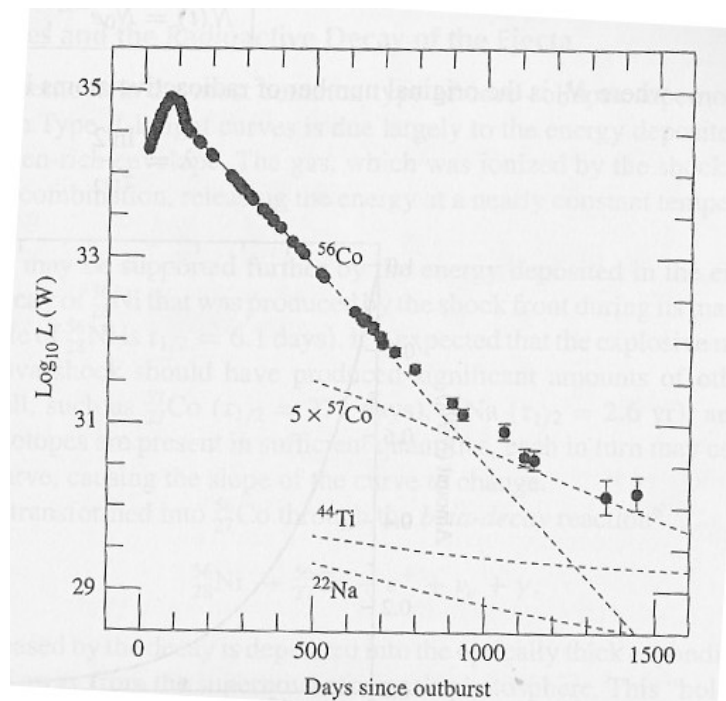


Abbildung 1: Bolometrische Lichtkurve der SN 1987A