

nen und Neutrinos werden. Die Neutrinos verlassen den Stern ungehindert, was dem Kern weitere Energie entzieht.

Entartungsdruck

Wenn Elementarteilchen mit halbzahligem Spin (Fermionen wie z. B. Protonen, Elektronen oder Neutronen) extrem hohe Dichte besitzen, tritt der Gravitation, die die Dichte noch weiter erhöhen möchte, ein so genannter Entartungsdruck (Fermi-Druck) entgegen. Dieser hat seine Ursache im Pauli-Prinzip, welches besagt, dass zwei Fermionen nicht gleichzeitig am gleichen Ort den gleichen Quantenzustand annehmen können.

Kollaps | Der Kern des Sterns kollabiert innerhalb von einer Sekunde auf einen Radius von 50 km, bis die Atomkerndichte den Wert von 10^{15} g/cm^3 erreicht hat. Dies ist die Dichte des inneren Teils eines Neutrons. Hierbei wird der stellare Kern hart, seine Neutronen entarten und die starke Kernkraft wird abstoßend (→ Abbildung 16.2 auf Seite 370).

Druckwellen | Der innere Kern federt etwas zurück und erzeugt dabei Druckwellen, die in den weiter außen noch kollabierenden Kern hinein laufen.

Die Druckwellen erreichen Schallgeschwindigkeit und werden zu Stoßwellen, die durch Neutrinos weiter beschleunigt und aufgeheizt werden.

Nach 20 ms erreicht die Stoßwelle die den Kern umgebende Hülle und lässt diese explosionsartig expandieren. Die hierbei freierwerdende Energie beträgt 10^{51} erg .

Leuchtkraft | Die Supernova erreicht eine maximale Leuchtkraft von $10^9 L_{\odot}$, das sind $4 \cdot 10^{42} \text{ erg/s}$. Bei dieser Leuchtkraft würde die typische Zeitskala der Sichtbarkeit

$\tau = 10^{51} / 4 \cdot 10^{42} \text{ Sek.} = 8.0 \text{ Jahre}$ betragen.

Lichtkurven

Ursachen der Helligkeit

Die Supernova bezieht ihre Leuchtkraft aus dem Zerfall des radioaktiven Kerns von Nickel-56, welches durch die Stoßwelle entstanden ist. Diese Energiequelle ist bei einer Halbwertszeit von etwa 6 Tagen rasch erschöpft. Allerdings zerfällt nun das als Zerfallsprodukt entstandene Kobalt-56, das ebenfalls instabil ist und eine Halbwertszeit von gut 77 Tagen besitzt.

Typenspezifische Formen

Die Lichtkurven der Supernovae vom Typ Ia und Typ II unterscheiden sich geringfügig. Der Typ II unterteilt sich nochmals in zwei Varianten vom Typ II-L und Typ II-P.¹

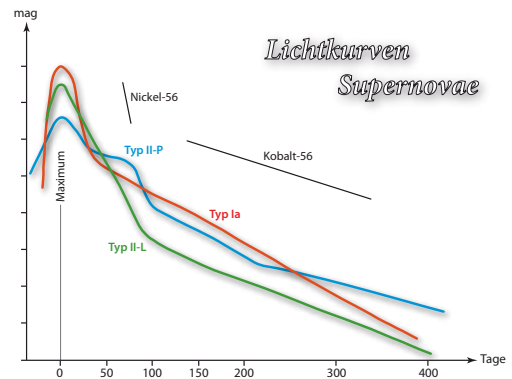


Abbildung 45.2 Schematische Lichtkurven von Supernovae Typ Ia und Typ II.

Zum Vergleich sind die Zerfallskurven von Nickel-56 und Kobalt-56 eingezeichnet, deren Steigungen mit einigen Abschnitten der Helligkeitsprofile ähnlich sind.

Beim Typ Ia ist gleich in den ersten Tagen nach dem Maximum ein steiler Helligkeitsabfall zu beobachten, der durch den Zerfall von Nickel-56 zustande kommt. Anschließend geht der Helligkeitsabfall langsamer vonstatten.

¹ L = Linear, P = Plateau