

materia solare; pertanto essi mantengono inalterate le loro caratteristiche originarie fornendo informazioni dirette sui meccanismi che li hanno generati.

Sfortunatamente, la bassa probabilità di interazione dei neutrini rende molto ardui gli esperimenti per la loro osservazione. Il problema della rivelazione dei neutrini solari sarà considerato nel cap. XIII.

2. Origine dell'energia solare

L'origine dell'energia irradiata dal sole è stata attribuita in passato a varie cause, ma il processo che fornisce una spiegazione quantitativamente accettabile della luminosità solare è costituito dalla fusione di quattro protoni in un nucleo di elio mediata dalla reazione $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu$; ad esso viene principalmente dedicato questo capitolo. Mostriamo, prima, l'insufficienza delle ipotesi chimica e gravitazionale.

2.1 Ipotesi chimica

Prendiamo come esempio di fenomeno chimico esotermico la combustione del carbone ($C + O_2 \rightarrow CO_2$) e supponiamo che la massa solare sia costituita da $1/3$ di carbone e da $2/3$ di ossigeno. Poiché 1 g di carbone bruciando può fornire circa $8 \cdot 10^3$ calorie $= 3.35 \cdot 10^{11}$ erg, il sole potrebbe fornire un'energia totale

$$E = \frac{1}{3} 3.35 \cdot 10^{11} \cdot 1.99 \cdot 10^{33} = 2.22 \cdot 10^{44} \text{ erg}$$

Tenuto conto della sua luminosità, il sole avrebbe una durata

$$t = \frac{E}{L} = \frac{2.22 \cdot 10^{44} \text{ erg}}{3.86 \cdot 10^{33} \text{ erg/s}} = 0.57 \cdot 10^{11} \text{ s} = 1.8 \cdot 10^3 \text{ anni}$$

valore troppo piccolo rispetto all'età del sole di 10^9 anni, che si ottiene da dati geologici sulle rocce terrestri e lunari (vedi par. 2.3 del cap. III).

2.2 Ipotesi gravitazionale

Si supponga che la materia solare sia inizialmente costituita da frammenti di massa dm a distanza infinita, che successivamente