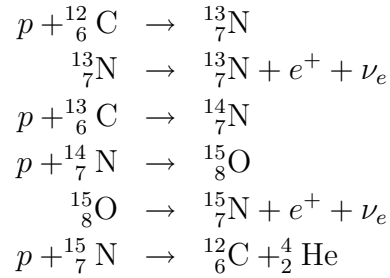
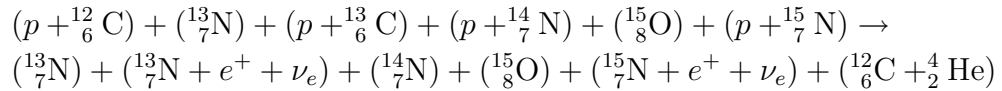


ciclo del carbonio o di Bethe

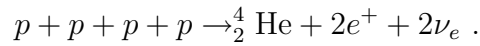
Calcolare l'energia totale fornita dal seguente ciclo del carbonio (ciclo di Bethe)



Invece di trovare tutte le energie fornite da ogni singola reazione e poi sommare, possiamo sommare tutte le reazioni



e cancellare i termini uguali a destra e a sinistra. Ne risulta



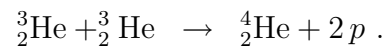
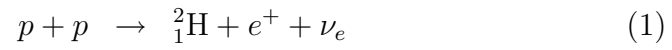
L'insieme delle reazioni è dunque equivalente alla fusione di quattro protoni in un atomo di elio. Trascurando la differenza di energia di legame degli elettroni nell'atomo di idrogeno, rispetto a quella nell'atomo di elio si ha

$$\begin{aligned} 4(M_{\text{H}} - m_e)c^2 &= (M_{\text{He}} - 2m_e)c^2 + 2m_e c^2 + Q \\ Q &= (4M_{\text{H}} - M_{\text{He}} - 4m_e)c^2 \\ &= [4(1.0078250) - 4.0026032] \text{uma} (931.49 \text{ MeV/uma}) + \\ &\quad - 4 \cdot 0.511 \text{ MeV} = 24.69 \text{ MeV} . \end{aligned}$$

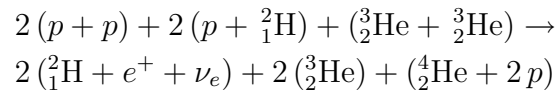
Di fatto il carbonio agisce come una sorte di catalizzatore dato che, alla fine del ciclo, viene rigenerato.

ciclo di Critchfield

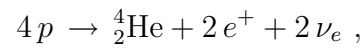
Mostrare l'equivalenza del ciclo seguente



Considerando due volte le reazioni (1) e (2) e sommando si ottiene:



e semplificando i termini uguali



come nel ciclo del carbonio. In questo caso però non ci sono catalizzatori.