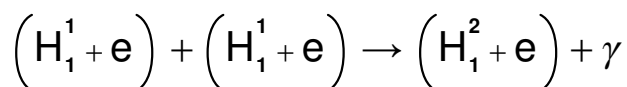
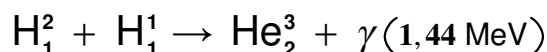


– **Nucleosintesi mediante reazioni nucleari di fusione nucleare**

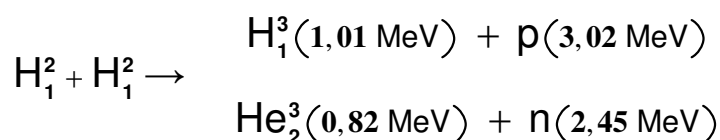
La prima reazione di sintesi è quella di fusione tra due atomi di idrogeno che forma deuterio, secondo lo schema :



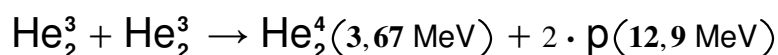
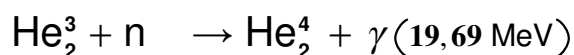
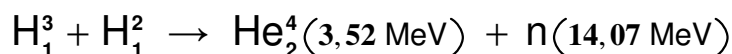
il deutone così formato può dare origine alle due reazioni seguenti :



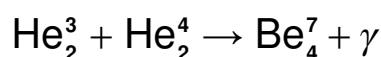
oppure :



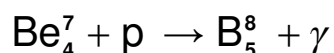
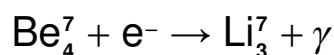
i prodotti della reazione si fondono ancora con deutoni, producendo protoni e neutroni molto energetici :



Seguendo diversi schemi alternativi, i nuclei di elio si fondono per sintetizzare i nuclei più pesanti.



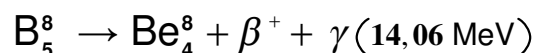
il Be_4^7 è instabile e si trasforma secondo i due seguenti schemi alternativi .



Mentre la prima reazione, che prevede la sintesi di un neutrone, presenta una probabilità di realizzarsi molto bassa, la seconda invece si realizza con molta facilità, in quanto prevede solo l'assorbimento di un protone in un ambiente in cui essi sono molto abbondanti.

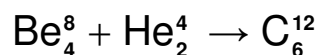
Anche per questa ragione, **il litio in natura sarà poco presente.**

Il nucleo B_5^8 è instabile e si scinde secondo lo schema :



Anche il Be_4^8 è instabile e si trasforma secondo diverse vie.

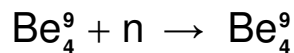
La reazione più probabile è la fusione con un nucleo di elio per sintetizzare il carbonio, secondo la :



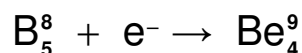
la seconda reazione possibile è la scissione in due nuclei di elio, senza dare così alcun contributo alla nucleosintesi.



Esiste infine una lontana possibilità che il nucleo assorba un neutrone libero, secondo lo schema :



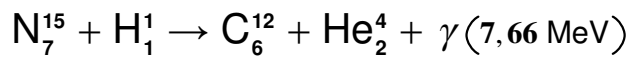
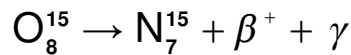
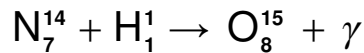
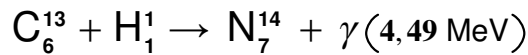
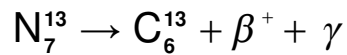
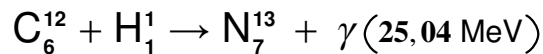
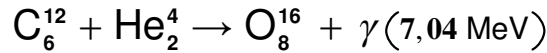
Sempre con probabilità molto bassa, si può avere la reazione :



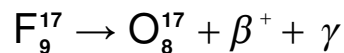
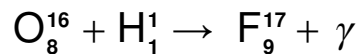
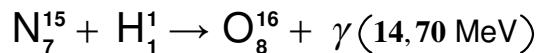
In ogni caso, l'isotopo Be_4^9 sarà sempre poco presente in natura.

Abbiamo, a questo punto della nucleosintesi, un numero di nuclei di carbonio relativamente abbondante in un ambiente ricco di idrogeno ed elio, con i quali essi possono fondersi fornendo nuclei più stabili.

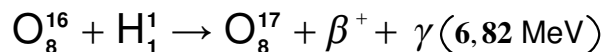
In opportune condizioni ambientali, il processo risulta spontaneo e si realizza con liberazione di energia.

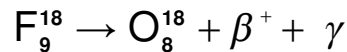
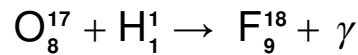


Una volta su 2000 circa, invece di quest'ultima reazione si realizza il ciclo seguente :

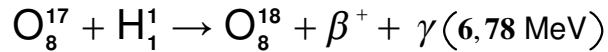


le due reazioni possono essere sintetizzate nell'unico evento :

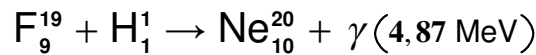
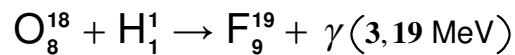
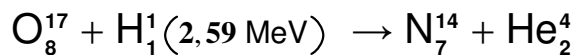




equivalenti a :



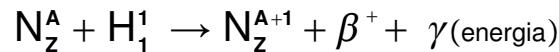
alcune volte si verifica la reazione endotermica :



Inizia, a questo punto, la fusione dei nuclei di elio, realizzando le reazioni :



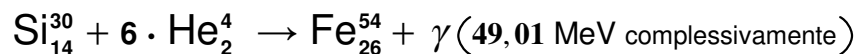
I nuclei Ne_{10}^{20} e Mg_{12}^{24} assorbono protoni ed emettono positroni, realizzando un aumento del numero di neutroni, secondo lo schema solito :



si arriva così alla sintesi del silicio con la reazione :

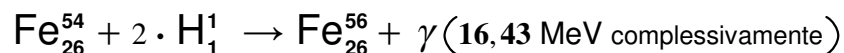


Per fusioni successive di nuclei di silicio con quelli di elio, si arriva alla sintesi del ferro :

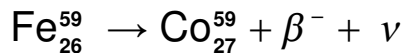


A questo punto, **per assorbimenti ripetuti di protoni e cattura di elettroni sulla prima orbita** (verso il nucleo), vengono sintetizzati tutti gli isotopi, del

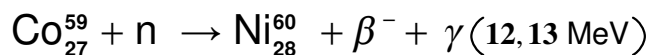
ferro, fino all'ultimo, instabile, Fe_{26}^{59} secondo lo schema :



Il nucleo Fe_{26}^{59} decade formando cobalto, secondo la reazione :

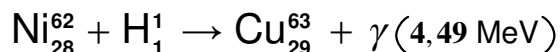


Per assorbimento di un protone e successiva cattura di un elettrone, oppure per **cattura diretta** di un neutrone proveniente dall'esterno, il Co_{27}^{59} forma il nucleo radioattivo Co_{27}^{60} che decade con emissione β^- , formando il nucleo stabile Ni_{28}^{60} .

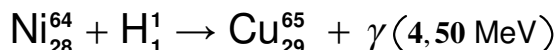


Sempre per assorbimento di protoni liberi e successiva cattura di un elettrone interno, oppure per cattura diretta di neutroni esterni, vengono sintetizzati tutti gli altri isotopi.

Il Ni_{28}^{62} , cattura un protone e produce il nucleo stabile Cu_{29}^{63} , secondo la reazione :

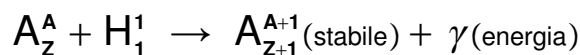


analogamente :

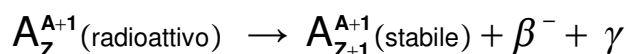
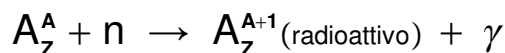


Procedendo sempre per cattura di protoni, vengono sintetizzati anche i nuclei più pesanti.

Lo schema generale è il seguente :



in alternativa :



Con qualche rara eccezione, le reazioni indicate sono praticamente sempre esoenergetiche.

E' da sottolineare che, se le reazioni non vengono realizzate artificialmente, nella nucleosintesi, i neutroni che abbiamo indicato sono quelli che vengono sintetizzati per cattura all'interno dei nuclei e solo raramente sono provenienti dall'esterno.

Per poter soddisfare quindi i principi di conservazione dell'energia e della quantità di moto del sistema formato dalle due particelle interagenti, spesso fuoriescono con una energia quasi uguale a quella del protone incidente.

Con il processo descritto vengono sintetizzati tutti i nuclei fino all'astato At_{85}^{210} , anche se gli ultimi due nuclei non sono stabili ed in un tempo relativamente breve decadono, formando nuclei stabili.

E' da notare che, per comodità di esposizione, nella successione di reazioni che abbiamo indicato, sono state inserite anche quelle di scissione, le quali in realtà non sono di fusione, ma di fissione e verranno trattate in maniera più completa in seguito.