

A nucleossíntese estelar e os elementos químicos essenciais para a vida

Luana R. da Conceição e Roberto Ortiz

A nucleossíntese estelar é o principal mecanismo formador dos elementos químicos no Universo. Diferentes tipos de reações nucleares de fusão ocorrem nas várias fases evolutivas das estrelas de diferentes massas. Neste artigo, descrevemos alguns dos principais mecanismos de síntese nuclear em estrelas e as abundâncias dos elementos formados. Em seguida, fazemos uma breve discussão sobre a formação e evolução terrestre e suas consequências para a abundância de elementos químicos na Terra e nos seres vivos. As moléculas da vida são formadas principalmente por hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio que, juntamente com o hélio, constituem-se nos elementos químicos mais abundantes no Sol e no Universo como um todo. Entre os 24 elementos químicos considerados essenciais para os organismos vivos, somente seis deles possuem $Z > 28$. Além de serem mais abundantes, hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio possuem características versáteis que favorecem a formação de diversas moléculas da vida, tais como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos, etc. Os demais elementos essenciais para a vida ocorrem em concentrações bem menores, assim como sua disponibilidade no meio ambiente.

► astroquímica, abundâncias químicas, astrobiologia ◀

Recebido em 08/08/2023; aceito em 27/11/2023

89

Introdução

Com exceção dos elementos mais leves, como o hidrogênio, hélio, lítio, berílio e boro, os demais elementos químicos naturais são formados principalmente por meio da nucleossíntese estelar, isto é, reações nucleares que ocorrem nos núcleos das estrelas. O resultado desses processos é a síntese de novos elementos, os quais, posteriormente, podem formar moléculas orgânicas e inorgânicas.

A Figura 1 representa a abundância dos elementos químicos no Sol, em uma escala logarítmica, em função do número atômico (Z). Embora ela se refira a uma única estrela, pode-se dizer que ela representa razoavelmente bem a abundância típica dos elementos químicos encontrados no Universo. Essa figura mostra que: (1) de modo geral, à exceção de uns poucos elementos químicos muito leves, a abundância diminui em função do número atômico; (2) a abundância dos elementos de número atômico par é, em geral, maior do que aqueles de número atômico ímpar com Z semelhante; (3) há um aumento significativo das abundâncias químicas em torno do “pico do ferro” ($Z = 26$) e uma notável diminuição da abundância de elementos além deste.

Nucleossíntese na Sequência Principal (SP)

O diagrama Hertzsprung-Russel (ou diagrama H-R, Figura 2) representa graficamente a luminosidade *versus* temperatura efetiva das estrelas. A sequência principal (SP) é uma faixa diagonal que atravessa o diagrama desde o seu canto superior esquerdo (onde estão as estrelas mais massivas, quentes e muito luminosas) até o canto inferior direito (onde estão as estrelas menos massivas, frias e pouco luminosas).

Enquanto a estrela estiver na SP, a transformação de hidrogênio em hélio no núcleo da estrela é o principal mecanismo de geração de energia. A uma temperatura mínima de cerca de 10^7 K, a sequência de reações nucleares que transforma quatro núcleos de hidrogênio em um núcleo de hélio é chamada de *ciclo próton-próton* (ou ciclo p-p):



A principal restrição à ocorrência de reações nucleares é a repulsão eletrostática: núcleos atômicos se repelem por possuírem carga positiva. Quanto maior for o número atômico Z , maior será a força de repulsão. Em estrelas de massa

