

11º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2020

ESTUDO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS NA GERAÇÃO DE ENERGIA NAS ESTRELAS

IGOR KEVENN ALENCAR GOMES¹, NATÁLIA ELLEN CASTILHO DE ALMEIDA², HELOÍSA
BRESSAN GONÇALVES³

¹ Estudante do Ensino Médio Integrado em Informática, Campus Birigui, igor.kevonn@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente no Instituto Federal de São Paulo, Campus Birigui, natalia.almeida@ifsp.edu.br

³ Docente no Instituto Federal de São Paulo, Campus Birigui, heloisa.goncalves@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.06.03.06-9 Química Nuclear

RESUMO: Sabe-se que os elementos químicos estão diretamente envolvidos no processo de geração de energia que emana das Estrelas. No entanto, tal processo de elevada relevância e que ocorre a todo segundo no universo torna-se muitas vezes alvo de desinteresse por conta da falta de informações genuínas ou pela complexidade em que as mesmas são apresentadas. Visando ampliar e disseminar o conhecimento sobre este fato interessante e elementar que ocorre no universo, o presente trabalho teve como principal objetivo apresentar informações relevantes sobre o envolvimento dos elementos químicos no processo de geração de energia que ocorre no universo, em especial nas Estrelas. Neste contexto, efetuou-se uma ampla revisão bibliográfica sobre o assunto, a partir da qual foi possível analisar e selecionar os resultados aqui apresentados. Verificou-se que a geração de energia nas Estrelas é regida pelo processo de fusão nuclear, no qual diversos elementos químicos participam, dentre eles, o hidrogênio, hélio, carbono e outros elementos mais pesados.

PALAVRAS-CHAVE: universo; Estrelas, energia; elementos químicos; fusão nuclear.

STUDY OF CHEMICAL ELEMENTS INVOLVED IN ENERGY GENERATION IN STARS

ABSTRACT: It is known that the chemical elements are directly involved in the energy generation process that emanates from the Stars. However, such highly relevant process that occurs every second in the universe becomes oftentimes a target of disinterest due to the lack of genuine information or the complexity in which it is presented. Aiming to expand and disseminate the knowledge about this interesting and elementary fact that occurs in the universe, the present work had as main objective to present relevant information about the involvement of chemical elements in the energy process that occurs in the universe, especially in the Stars. In this context, a wide bibliographic review on the subject was carried out, from which it was possible to analyze and select the results presented here. It was found that the generation of energy in the Stars is governed by the nuclear fusion process, in which several chemical elements participate, among them, hydrogen, helium, carbon and other heavier elements.

KEYWORDS: universe; Stars, energy; chemical elements; nuclear fusion.

INTRODUÇÃO

De acordo com os cálculos estimados por Edwin Hubble há aproximadamente 13,7 bilhões de anos o universo apresentou e continua apresentando diversos eventos fascinantes, os quais são foco de muitos estudos científicos atuais (CORDEIRO, 2016). Neste contexto, muitos foram os avanços

científicos na área; porém, diversos fenômenos ainda permanecem completamente ou parcialmente desconhecidos. Os estudos envolvendo a matéria e a energia são cruciais para o entendimento do universo como um todo, desde o seu surgimento até os dias atuais.

As estrelas são as grandes protagonistas quando se trata de energia e matéria. Conforme apontam os trabalhos dos astrofísicos Shiv Singh (2014) e João Steiner (2006), as Estrelas são um dos primeiros corpos celestes que se formaram no cosmo logo após o evento do *Big Bang* devido às nuvens de hidrogênio e hélio geradas. Sabe-se que parte da energia que emana do universo é proveniente das Estrelas e que, após sofrerem diversos processos, estas adquirem diferentes fases, nas quais a energia liberada passa por alterações.

O processo de geração de energia pelas Estrelas se deve à fusão nuclear de determinados átomos. A título de exemplificação, a energia liberada pelo Sol, Estrela mais próxima ao planeta Terra, é resultado do processo de fusão nuclear envolvendo átomos de hidrogênio e hélio. Embora sejam pouco explorados, outros elementos químicos estão igualmente envolvidos no processo de geração de energia que emana das Estrelas. Em vista disso, o presente estudo teórico teve como principal objetivo a averiguação dos elementos químicos atuantes na geração de energia proveniente das Estrelas. Por conseguinte, desponta-se um entusiasmo em compreender como ocorre todo o processo e o seu impacto no universo.

MATERIAL E MÉTODOS

A execução do trabalho seguiu as seguintes etapas: revisão bibliográfica; obtenção e análise das informações; apresentação dos resultados.

Na revisão bibliográfica foram utilizados livros que tangem as áreas da química, da física e da astronomia. Adicionalmente, as pesquisas bibliográficas foram igualmente embasadas em artigos científicos e pesquisas voltadas ao estudo da energia no cosmo, em especial os processos envolvidos na geração da energia que emana das Estrelas. De modo subsequente, após a obtenção e análise das informações contidas na literatura, estas foram compiladas e encontram-se apresentadas neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da pesquisa realizada, verificou-se que inicialmente, quando as Estrelas estão em processo de formação, todas elas passam por um mesmo processo que consiste na fusão nuclear envolvendo átomos de hidrogênio. Este processo se inicia quando a massa da Estrela apresentar ao menos 10% da massa solar.

A partir do momento que a Estrela começa a consumir hidrogênio no processo de fusão nuclear, sua pressão interna aumenta gradativamente até atingir o equilíbrio hidrostático¹, e assim origina uma Estrela. A Figura 1 ilustra o processo de fusão nuclear que ocorre com os átomos do elemento químico hidrogênio. O processo se inicia com a fusão nuclear de dois isótopos do hidrogênio (^1H), conhecidos como prótio ou simplesmente hidrogênio comum, os quais contêm um próton nos núcleos de seus átomos. Esses dois átomos colidem entre si, devido à alta velocidade que se movem no núcleo da Estrela, e essa colisão libera um pósitron e um neutrino, além de gerar o isótopo deutério (^2H), o qual é constituído por um próton e um nêutron presentes no núcleo de seu átomo. Em seguida, o átomo de deutério formado colide com um outro átomo de prótio, liberando raios gama e gerando hélio-3 (^3He), que, comparado ao átomo de deutério, apresenta um próton a mais em seu núcleo.

¹ Processo no qual a pressão interna e a força gravitacional agem em sentido oposto. Quando a força resultante é igual a 0, tem-se o equilíbrio hidrostático (LOSS, 2018).

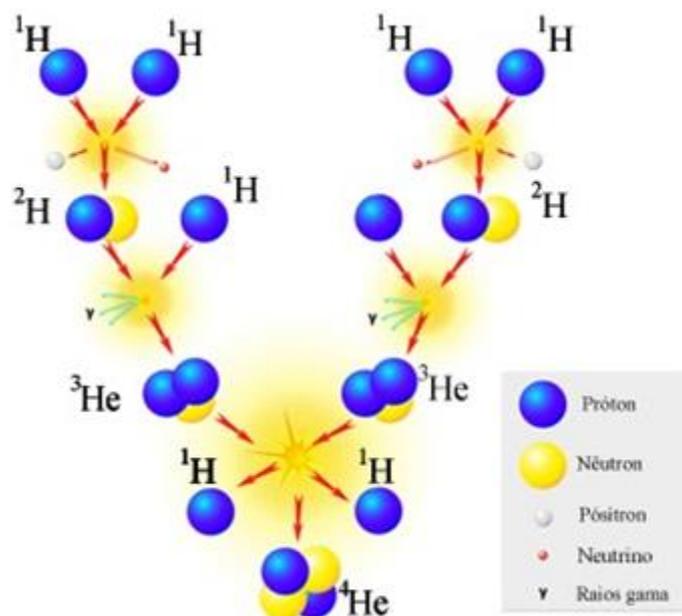


FIGURA 1. Representação do processo de fusão nuclear do hidrogênio. Figura adaptada de: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reator-fusao-nuclear.htm>.

Paralelamente ao processo acima descrito, que se repete milhares de vezes gerando outros átomos de hélio-3, estes entram em colisão, há liberação de uma quantidade de energia muito superior comparado às demais liberadas nas etapas anteriores, além da formação do hélio-4 (^4He), conhecido simplesmente como hélio, o qual contém 2 prótons e 2 nêutrons no núcleo de seu átomo.

Desta forma, a energia que as Estrelas emitem, denominada de radiação luminosa, é resultado da fusão nuclear de elementos químicos, conforme supracitado. Sabe-se que a potência luminosa emitida pelas Estrelas, chamada de luminosidade, é diretamente proporcional à temperatura da superfície da Estrela e ao seu raio (ARANY-PRADO, 2006; LOSS, 2018), podendo ser obtida a partir da Equação 1.

$$L = T^4 * R^2 \quad (1)$$

em que,

- L – luminosidade da Estrela, em Lux (lx);
- T – temperatura superficial, em Kelvin (K);
- R – raio da Estrela, em Quilômetro (km).

Após o consumo dos átomos de hidrogênio do seu núcleo inicial, a Estrela passa a ter um núcleo repleto de átomos de hélio-4 gerados através da fusão nuclear do hidrogênio, conforme apresentado na Figura 1, e o equilíbrio hidrostático é rompido. Por consequência, a Estrela volta a ser comprimida pela gravidade e sua densidade e temperatura elevam-se. Em decorrência dessa compressão, átomos de hidrogênio, que estão em uma camada próxima ao núcleo da Estrela onde se encontram os átomos de hélio-4, começam a realizar o processo de fusão nuclear novamente, pois a temperatura da Estrela volta a ficar próxima a 10.000 °C. Como resultado, formam-se gradativamente mais átomos de hélio-4 no núcleo da Estrela. Para tentar se reequilibrar dessa incessante compressão, as camadas externas da Estrela irão se expandir, ficando inúmeras vezes maior que seu tamanho atual e tornando-se uma gigante vermelha.

Algumas Estrelas, que possuem massa entre 0,1 e 0,5 M_{\odot}^2 , não atingem temperatura suficiente para dar prosseguimento ao processo de fusão nuclear com os átomos de hélio-4. Logo, estas esfriarão após a fusão do hidrogênio, tornando-se anãs brancas. Quando uma anã branca cessar toda sua luminosidade, a mesma tornar-se-á uma anã negra (ARANY-PRADO, 2006; OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2007; LOSS, 2018).

² Símbolo utilizado para representar a massa do sol (ARANY-PRADO, 2006).

Para Estrelas com massa entre $0,5$ e $8 M_{\odot}$, como o Sol e outras 97% das Estrelas do cosmo, na fase da gigante vermelha a fusão do hélio-4 em seu núcleo irá iniciar devido à elevada temperatura em que o mesmo se encontra e assim serão gerados átomos de carbono-12 (^{12}C), conforme ilustrado na Figura 2. A primeira etapa deste processo é caracterizada pela fusão nuclear de átomos de hélio-4 formando o berílio-8 (^8Be). Em uma segunda etapa, parte dos átomos de berílio-8 gerados irão se fundir com outros átomos de hélio-4 para dar origem aos átomos de carbono-12 (^{12}C). Mesmo sendo comprimida pela gravidade, essas Estrelas não atingem a uma temperatura necessária para realizar a fusão nuclear dos átomos de carbono-12 no núcleo estelar. Consequentemente, essas Estrelas irão se comprimir e ejetarão as camadas exteriores ao núcleo no universo, formando uma nebulosa planetária, e seu núcleo formará uma anã branca majoritariamente composta de átomos de carbono-12 e com poucos átomos de oxigênio-16 (^{16}O). Em seguida, a anã branca irá esfriar tornando-se uma anã negra (ARANY-PRADO, 2006; OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2007; LOSS, 2018).

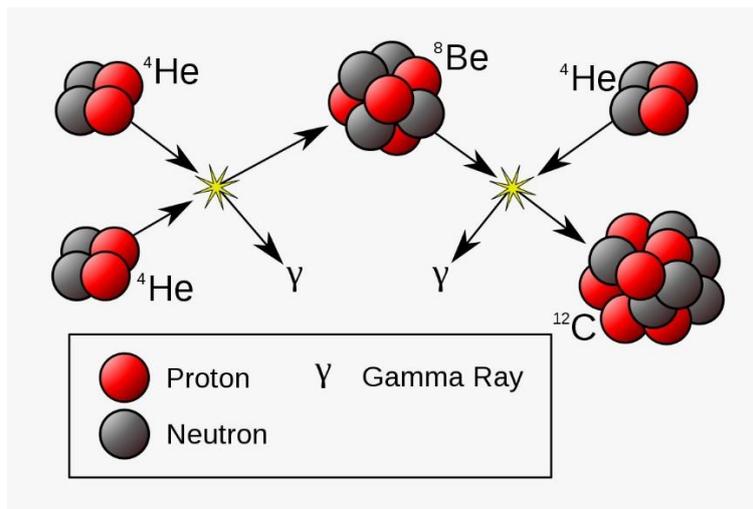


FIGURA 2. Ilustração do processo de fusão nuclear do hélio, também conhecido como processo alfatriplo. Figura obtida de (PROCESSO triplo-alfa, 2017).

Em Estrelas consideravelmente massivas, que apresentam massas superiores a $8 M_{\odot}$, após o consumo dos átomos de hélio-4 enquanto a mesma encontra-se na fase de uma gigante vermelha, seu núcleo estará repleto de átomos de carbono-12. Esses átomos irão sofrer o processo de fusão nuclear gerando elementos mais pesados até o núcleo da Estrela estar repleto de átomos de ferro-56 (^{56}Fe). Devido ao fato dos átomos de ferro-56 serem resistentes ao processo de fusão nuclear, pois o processo requer temperaturas muito elevadas para ocorrer, quando a Estrela atinge este estágio a gravidade irá comprimir o núcleo e a Estrela explodirá, liberando níveis descomunais de energia. Neste estágio, a Estrela tornar-se-á uma supernova. Nesta fase, a Estrela possuirá temperatura muito elevada e, em decorrência desse fato, o ferro-56 pode dar origem a elementos químicos ainda mais pesados como o ouro-197 (^{197}Au) e o urânio-238 (^{238}U) (ARANY-PRADO, 2006; OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2007; LOSS, 2018).

O que restar de massa da Estrela após a explosão dará origem a uma outra fase. Se a massa restante for inferior a $1,4 M_{\odot}$, a Estrela será comprimida pela força gravitacional até que os prótons e os elétrons se combinem e formem nêutrons, gerando as Estrelas de nêutrons. Se, porventura, a massa da Estrela for superior a $1,4 M_{\odot}$, a Estrela será comprimida até seu tamanho se aproximar de 0 (zero), formando um ponto com densidade praticamente infinita, também chamado de buraco negro (ARANY-PRADO, 2006; OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2007; LOSS, 2018).

CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que o processo de geração de energia que emana das Estrelas é decorrente do processo de fusão nuclear que ocorre com diversos elementos químicos, tais como

hidrogênio, hélio-4, carbono-12, dentre outros, sempre partindo de elementos mais leves para formar elementos mais pesados. Sendo assim, a geração de energia proveniente das Estrelas não se limita aos elementos mais leves como o hidrogênio e hélio, mas envolve outros elementos também, tais como carbono e ferro, desde que haja condições necessárias para que o processo de fusão nuclear ocorra. Vale ressaltar que os tipos de elementos químicos envolvidos nos processos de fusão nuclear estão associados às diferentes fases que as Estrelas adquirem, o que resulta na variação da luminosidade liberada por estes corpos celestes, uma vez que esta depende dos elementos envolvidos, do raio e da temperatura da Estrela.

AGRADECIMENTOS

A instituição de ensino Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Birigui, pelo incentivo à pesquisa e infraestrutura concedida.

REFERÊNCIAS

ARANY-PRADO, Lilia Irmeli. A luz das estrelas: Ciência através da Astronomia. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

CORDEIRO, Tiago. Qual é a idade do universo?. Super Interessante, São Paulo, out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/qual-e-a-idade-do-universo/>.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Reator de Fusão Nuclear"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reator-fusao-nuclear.htm>. Acesso em: 20 set 2020.

LOSS, Pedro Emílio Niebuhr. 1 vídeo (11 min). De Poeira Estelar a Supernovas: O Ciclo de Vida das Estrelas, 2018. Publicado pelo canal Ciência Todo Dia. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=1wPSGIV84aI&ab_channel=Ci%C3%AanciaTodoDia. Acesso em: 10 ago 2020.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria Fátima de Oliveira. Astronomia e Astrofísica. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

PROCESSO triplo-alfa . In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [São Francisco, CA: Fundação Wikimedia], 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Processo_triplo-alfa. Acesso em: 20 set 2020.

SINGH, Shiv Shakti. Origin of Universe. International Journal of Education and applied research, CMJ University Shillong, Jorabat v. 4, n. 1, p. 15-16, 2014. Disponível em: <http://ijear.org/vol4.1/shiv.pdf>. Acesso em: 3 abr 2020.

STEINER, João E. Origem do universo e do homem: A origem do universo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 20, n. 58, p. 232-248, 2006.