[white paper]

Diamond Open Access

[waiting peer review]

Como as estrelas se formam?

Colaboração Ciência Aberta¹

4 de Dezembro de 2021

Resumo

Este é um artigo de divulgação científica em que discutimos, resumidamente, a partir de [1], como são formadas as estrelas parecidas com o Sol.

palavras-chave: formação de estrelas, poeira cósmica, divulgação científica

A versão mais atualizada deste artigo está disponível em
<https://osf.io/xr593/download>
<https://zenodo.org/record/5759090>

Preâmbulo

1. Este artigo foi elaborado a partir de [1], seguindo as diretrizes da licença *Creative Commons* [2].
2. A referência [1], em português, pode ser lida em <https://bit.ly/3I6QBRH>.

¹Todos os autores com suas afiliações aparecem no final deste artigo.

[1,2]

Glossário

3. **Meio interestelar (MIE):** Todo o espaço dentro das galáxias onde não há estrelas, mas muito gás e poeira.
4. **Nuvem molecular:** Uma grande nuvem espacial cheia de gás e poeira. Nuvens moleculares são encontradas dentro do meio interestelar.
5. **UA:** Unidade Astronômica, que é a distância da Terra ao Sol.
6. **Zero absoluto:** A temperatura mais baixa possível, também chamada de 0 K.
7. **Acreção:** O processo em que um objeto acumula a massa de outro objeto.

Introdução

8. Neste artigo, explicamos o processo de formação de estrelas para estrelas regulares semelhantes ao Sol.

9. As estrelas se formam a partir de um acúmulo de gás e poeira, que entra em colapso devido à gravidade e começa a formar estrelas.
10. O processo de formação de estrelas leva cerca de um milhão de anos, desde o momento em que a nuvem de gás inicial começa a entrar em colapso até a estrela ser criada e brilhar como o Sol.
11. O material restante do nascimento da estrela é usado para criar planetas e outros objetos que orbitam a estrela central.
12. Observar a formação de estrelas é difícil, porque a poeira não é transparente à luz visível.
13. No entanto, é possível observar esses berçários estelares escuros usando ondas de rádio, porque as ondas de rádio viajam livremente até nós e nossos radiotelescópios.
14. Estrelas, como nosso próprio Sol, nem sempre existiram.
15. As estrelas nascem e morrem ao longo de milhões ou mesmo bilhões de anos.
16. As estrelas se formam quando regiões de poeira e gás na galáxia entram em colapso devido à gravidade.
17. Sem essa poeira e gás, as estrelas não se formariam.

A poeira na formação estelar

18. Uma galáxia contém não apenas bilhões de estrelas, mas também grandes quantidades de gás e poeira.
19. Essas regiões de gás e poeira na galáxia ficam no espaço entre as estrelas.
20. Se a galáxia fosse uma rua, as casas seriam estrelas e as regiões de gás e poeira seriam os jardins entre as casas.

21. O espaço entre as estrelas em uma galáxia é chamado de meio interestelar, porque é o meio, ou substância, que compõe o espaço entre os objetos estelares.
22. As regiões de gás e poeira são chamadas de nuvens moleculares, por causa de seu conteúdo.
23. Nuvens moleculares são feitas de uma mistura de átomos, moléculas e poeira.
24. Os átomos são os pequenos blocos de construção de todas as coisas ao nosso redor.
25. As moléculas consistem de dois ou mais átomos unidos.
26. As moléculas presentes nas nuvens moleculares são tipicamente hidrogênio molecular, H_2 , mas também podem ser moléculas mais complexas, como metanol, com seis átomos, ou água, com três átomos.
27. Os grãos de poeira são aglomerados ainda maiores de matéria e podem ter até alguns milímetros de tamanho, o que é enorme em comparação com átomos ou moléculas.
28. As nuvens moleculares no meio interestelar são grandes.
29. Na verdade, uma única nuvem molecular pode ser centenas de milhares de vezes mais pesada que o Sol.
30. Seus volumes também variam: uma nuvem molecular pode ser do mesmo tamanho ou muitas vezes maior do que todo o nosso sistema solar.
31. Essas enormes nuvens moleculares sofrem movimentos turbulentos.
32. Isso significa que o gás e a poeira dentro das nuvens não ficam no mesmo lugar com o passar do tempo.

33. Essas substâncias se movem em todas as direções, como crianças correndo no pátio de uma escola.
34. Este movimento turbulento do gás e da poeira distribui os átomos e moléculas de forma desigual, de modo que algumas regiões da nuvem molecular terão mais matéria do que outras regiões (veja a Fig. 1A).
35. Se o gás e a poeira se acumularem a um nível muito alto em uma determinada região, essa região começa a entrar em colapso devido à atração de sua própria gravidade.
36. A região é menor que a nuvem molecular e vive dentro dela.
37. A região tem “apenas” algumas centenas de Unidades Astronômicas (UA), que é algumas centenas de vezes a distância da Terra ao Sol.

Figura 1: O processo de formação de estrelas [1, 2].

38. A ilustração da Fig. 1 mostra as seis etapas da formação estelar para estrelas semelhantes ao Sol.

(A) O processo começa quando o gás e a poeira no espaço entre as estrelas (também chamado de meio interestelar, MIE), colapsam em uma bola densa de gás chamada de núcleo pré-estelar.

(B) Esse núcleo eventualmente se tornará o Sol.

(C) Durante o colapso, um disco se forma ao redor do núcleo, enquanto dois jatos são emitidos nos polos. Em algum ponto, a estrela para de crescer, mas o gás ainda cai no disco.

(D) Depois de alguns milhões de anos, esse processo também é interrompido.

(E) A estrela agora nasce enquanto os planetas estão sendo formados a partir do material remanescente, que eventualmente se tornará um sistema solar.

(F) Um sistema solar vive normalmente 10 bilhões de anos após o processo de formação.

A nuvem molecular em colapso

39. Uma nuvem molecular é muito fria, apenas alguns graus acima do zero absoluto, que é a temperatura mais baixa possível (0 K).

40. Mas, quando o gás e a poeira começam a entrar em colapso em uma região dentro da nuvem molecular, ele se aquece lentamente.

41. Isso é consequência de uma lei da Física, que nos diz que, quando a matéria é comprimida, a densidade da matéria aumenta e a matéria começa a se aquecer.

42. A borda externa de uma região em colapso terá uma temperatura de cerca de 10 K acima do zero absoluto, e a região interna irá aquecer lentamente até cerca de 300 K, que é em torno da temperatura ambiente.

43. Quando a região em colapso atinge um tamanho de quase 10.000 UA, ela é chamada de núcleo pré-estelar (Fig. 1B) e é oficialmente uma estrela em formação.
44. “Estelar” significa estrela, então pré-estelar significa “antes de se tornar uma estrela”.
45. A palavra núcleo se refere ao gás e à poeira, que agora são tão densos que o termo núcleo é mais preciso do que região ou nuvem.
46. Além disso, esse núcleo pré-estelar mais tarde se tornará o núcleo interno da estrela.
47. Ao longo dos próximos 50.000 anos ou mais, o núcleo pré-estelar se contrai.
48. Isso pode parecer muito tempo, mas em uma escala de tempo astronômica é considerado um processo bastante rápido em comparação, por exemplo, com a idade do Universo, que é quase 14 bilhões de anos.
49. O núcleo se contrai até atingir cerca de 1.000 UA (Fig. 1C).
50. Ele ainda é composto do mesmo gás e poeira, então isso significa que a densidade dessa matéria está aumentando à medida que o diâmetro encolhe para 1/10 do tamanho original da região em colapso.
51. Depois de 50.000 anos, o sistema terá formado um disco ao redor do núcleo central, e o material excedente será ejetado para fora dos polos da estrela.
52. O polo de uma estrela é como os da Terra, ou seja, definido como o eixo em torno do qual a estrela gira.
53. Na Fig. 1C, você pode ver duas estruturas semelhantes a um chafariz, onde o excesso de material é ejetado.
54. Essas estruturas são chamadas de jatos e obedecem às leis da Física.

55. O movimento aleatório do gás e da poeira que descrevemos anteriormente, combinado com a contração do sistema à medida que o núcleo pré-estelar se forma, fará com que todo o sistema gire.
56. Este processo faz com que um **disco plano** se forme em torno do **núcleo pré-estelar**.
57. Isso é semelhante ao modo como um vestido forma um disco achatado ao redor de um patinador em movimento.
58. Se a patinadora não estivesse girando, o vestido não seria um disco achatado ao redor dela, mas, em vez disso, ficaria pendurado ao longo de seus lados.
59. Os jatos nos polos surgem para manter o sistema em equilíbrio.
60. O sistema agora é chamado de *protoestrela*, o que significa que está em seu primeiro estágio para se tornar uma estrela real.

Do núcleo pré-estelar à estrela

61. O disco descrito em (56) é crucial para a protoestrela crescer e se tornar uma estrela de tamanho adequado.
62. O disco é composto principalmente por gás, o qual gira com o disco e se aproxima lentamente da superfície da protoestrela.
63. Quando o gás chega perto o suficiente da estrela, ele cai em sua superfície por causa da gravidade, e a estrela cresce.
64. Este crescimento é chamado **processo de acreção** e diz-se que a estrela *acrescenta* (acumula) matéria do disco.
65. Nos próximos 1.000 anos, a matéria do disco é acrescida pela estrela ou expelida do disco (Fig. 1D).

66. A estrela cresceu em tamanho e densidade o suficiente para a região central iniciar uma reação nuclear, que faz com que a estrela brilhe, como o Sol.
67. Neste ponto, a estrela é chamada de estrela T-auri, e esta é a primeira vez que a estrela pode ser observada visualmente.
68. A estrela eventualmente para de agregar matéria do disco, mas o material restante ao redor da estrela ainda está em forma de disco (Fig. 1E).
69. O disco não serve mais ao propósito de alimentar a estrela com matéria para fazê-la crescer.
70. Em vez disso, o disco agora é apenas um plano circular de material em movimento, que lentamente começará a se agrupar e orbitar a estrela.
71. Esses pequenos aglomerados, feitos do material que sobrou da criação da estrela, formarão novos planetas.
72. *Isso significa que os planetas em nosso sistema solar são feitos de material remanescente do nascimento do Sol!*
73. *É também por isso que todos os planetas do sistema solar se encontram no mesmo plano!*
74. O sistema solar final (Fig. 1F) é concluído quando o disco está completamente exaurido e todos os planetas são formados.
75. Nos próximos 10 bilhões de anos, a estrela queimará combustível nuclear em seu centro e emitirá energia na forma de radiação que chamamos de luz solar.

Observando nuvens moleculares

76. **Nuvens moleculares** que hospedam e dão forma a estrelas recém-nascidas são áreas escuras no céu noturno.

77. Não é possível para um ser humano ver uma nuvem molecular – nem mesmo com um telescópio.
78. A razão pela qual não podemos ver uma nuvem molecular é que as partículas de poeira estão espalhadas por toda a nuvem e absorvem a luz das estrelas circundantes.
79. Isso evita que a luz das estrelas viaje pelo espaço e chegue até nós aqui na Terra, razão pela qual uma nuvem molecular parece uma área escura no céu.
80. Felizmente para os astrônomos, **a nuvem molecular é transparente às ondas de rádio.**
81. Isso significa que as ondas de rádio não são absorvidas pelas partículas de poeira na nuvem e, portanto, podem viajar livremente até nós na Terra.
82. As ondas de rádio não são visíveis a olho nu, mas, usando grandes radiotelescópios, é possível obter sinais dessas nuvens moleculares escuras.
83. Essas ondas de rádio carregam informações sobre o conteúdo da nuvem molecular escura.
84. Se uma estrela está nascendo, a nuvem enviará ondas de rádio diferentes do que se nenhuma estrela estivesse nascendo dentro dela.
85. O uso de ondas de rádio permite que os astrônomos vejam quando as estrelas estão nascendo, mesmo que a nuvem molecular seja escura.
86. E, embora os astrônomos hoje saibam muito sobre como estrelas como o Sol são formadas, na verdade ainda há um grande mistério a ser resolvido.

Considerações Finais

87. O grande mistério surge quando estrelas muito grandes se formam.
88. Os astrônomos sabem que estrelas com até cerca de seis vezes a massa do nosso Sol nascem da maneira que descrevemos neste artigo.
89. Estrelas com massas maiores requerem um processo diferente, porque a pressão da radiação das estrelas empurrará o disco para longe, evitando que as estrelas cresçam mais do que cerca de seis vezes o tamanho do nosso Sol.
90. Os astrônomos observam estrelas grandes, então eles sabem que elas existem e devem nascer de alguma forma.
91. Mas, como elas nascem ainda é uma grande questão em aberto para os astrônomos de todo o mundo.

Ciência Aberta

O **arquivo latex** para este artigo, juntamente com outros *arquivos suplementares*, estão disponíveis em [3]. Seja coautor(a) deste artigo, envie sua contribuição para `mplobo@uft.edu.br`.

Consentimento

Os autores concordam com [4].

Como citar este artigo?

<https://doi.org/10.31219/osf.io/xr593>

<https://zenodo.org/record/5759090>

Licença

CC-By Attribution 4.0 International [2]

Referências

- [1] Christensen M (2019) “How Do Stars Form?.” *Front. Young Minds.* 7:92. <https://doi.org/10.3389/frym.2019.00092>
- [2] CC. Creative Commons. *Attribution 4.0 International* (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
- [3] Lobo, Matheus P. “Open Journal of Mathematics and Physics (OJMP).” *OSF*, 21 Apr. 2020. <https://doi.org/10.17605/osf.io/6hzyt>
- [4] Lobo, Matheus P. “Simple Guidelines for Authors: Open Journal of Mathematics and Physics.” *OSF Preprints*, 15 Nov. 2019. <https://doi.org/10.31219/osf.io/fk836>

Colaboração Ciência Aberta

Victor Manoel Soares da Conceição¹

(autor principal, manoelsoares1652@gmail.com)

Viviane Vitória Machado Mariano¹

Matheus Pereira Lobo^{1,2}

<https://orcid.org/0000-0003-4554-1372>

¹Universidade Federal do Tocantins (Brasil)

²Universidade Aberta (UAb, Portugal)