



Astrofísica Geral

Tema 11: A vida das estrelas

Alexandre Zabet

Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Nascimento estelar

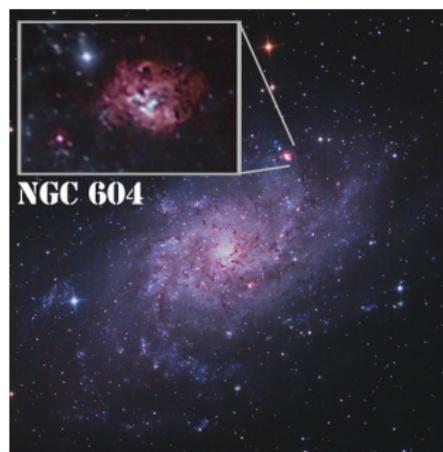
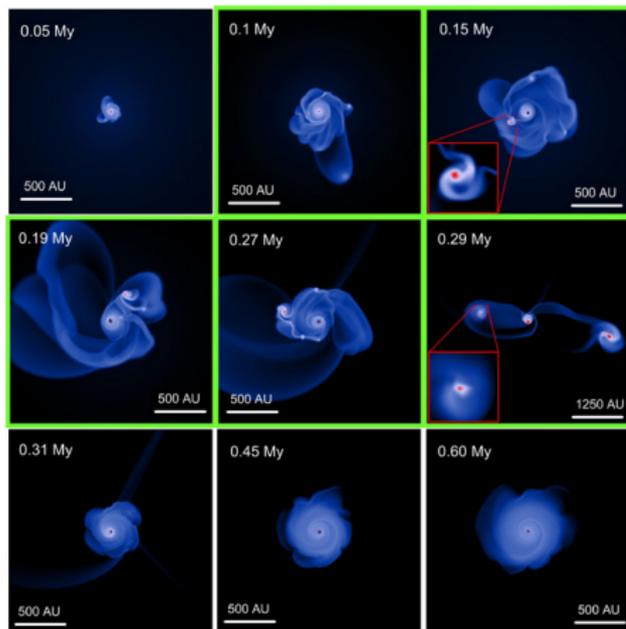


Imagem composta de NGC 604 na galáxia M 33 mostrando a formação de estrelas. Em azul, imagem em raios-X (Chandra) e em vermelho e verde, imagens no visível (Hubble).



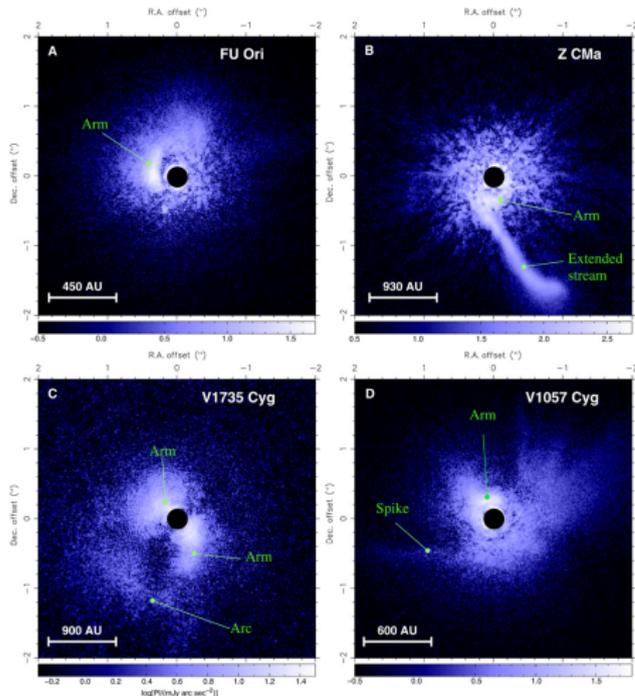
Nascimento estelar



Simulação hidrodinâmica do nascimento de uma estrela. A queda de material sobre a estrela nascente não é contínua. Algumas “bolhas” de materiais se formam no disco e caem repentinamente na estrela. Isso causa um aumento súbito de brilho da estrela e explica que a formação é mais rápida do que o previsto pelo modelo de queda contínua. Trabalho de Liu et al, 2016, Science Advances.



Nascimento estelar



Observação de quatro estrelas nascentes com o telescópio Subaru. As estrelas foram observadas com luz polarizada no infravermelho. Trabalho de Liu et al, 2016, Science Advances.



Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

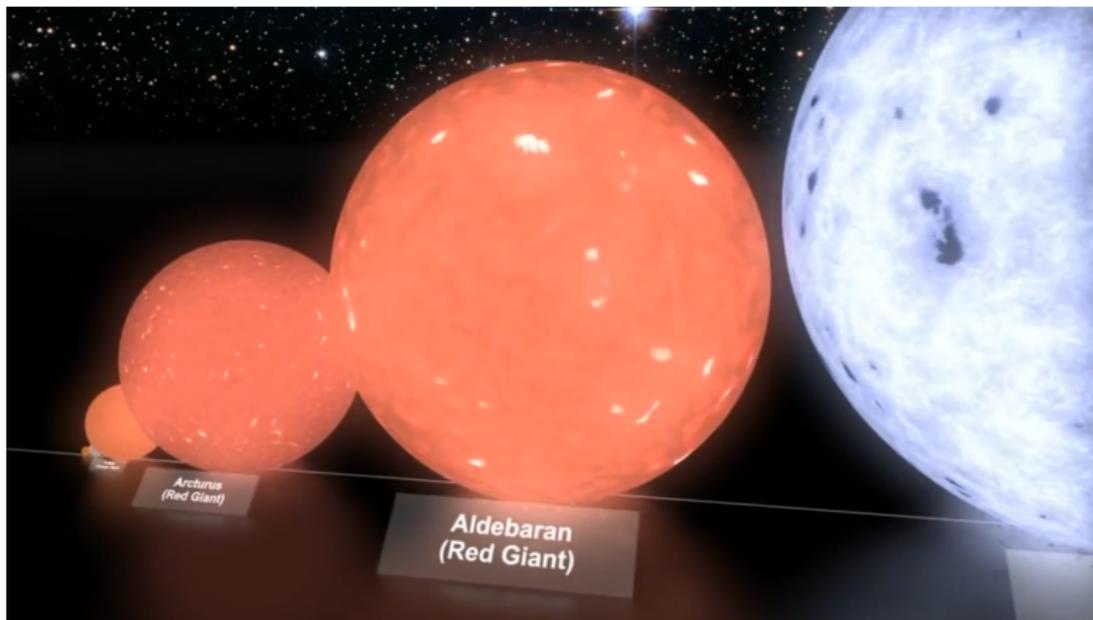
Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Tamanhos

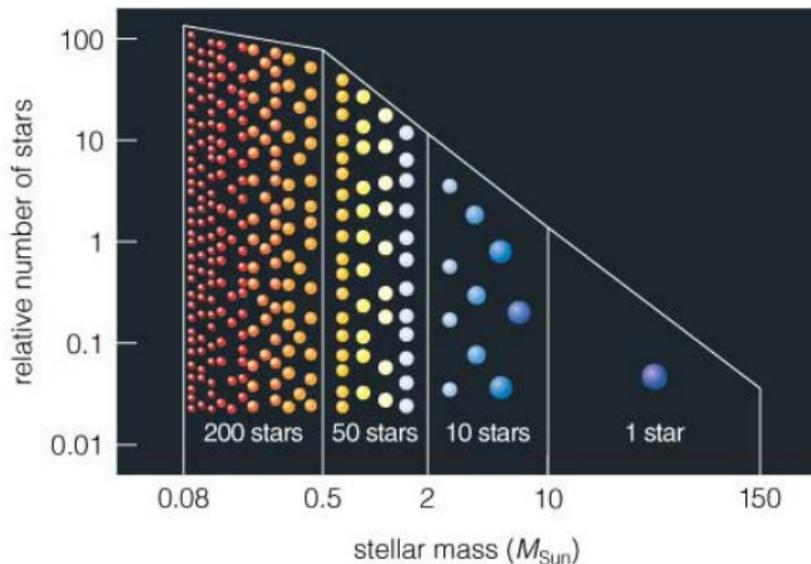


Os extremos de tamanho das estrelas normais vão de $0.29 R_{\odot}$ (Proxima Centauri) a $1708 R_{\odot}$ (UY Scuti). Estrelas de neutros têm tamanhos de 20 a 40 km.

<https://www.youtube.com/watch?v=HEeh1BH34Q>



Massas



As massas das estrelas variam muito, de $0.08 M_{\odot}$ a $\sim 150 M_{\odot}$. Mas as estrelas menos massivas são muito mais comuns.



Limites das massas

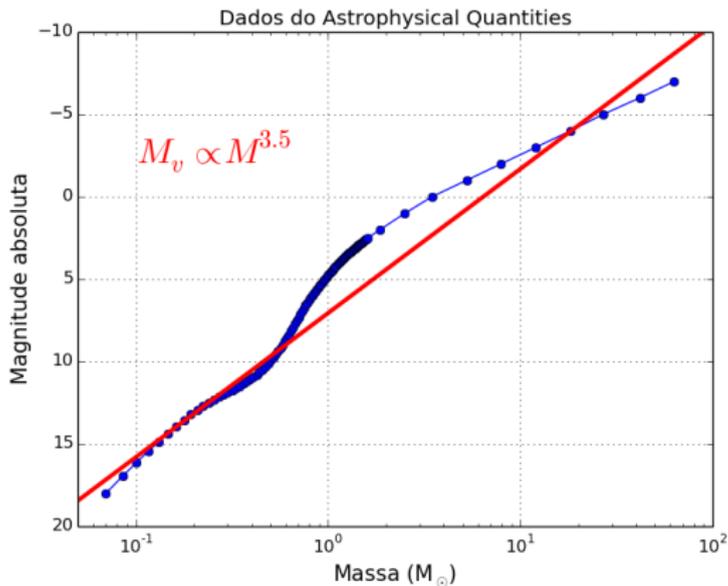
- ▶ A massa determina T e ρ no núcleo
 - ▶ T e ρ determinam a taxa de fusão
 - ▶ A energia gerada depende da massa
 - ▶ Tudo na estrela depende da sua massa
- ▶ Massa mínima: $\sim 0.08M_{\odot}$
 - ▶ Massa máxima: $\sim 150M_{\odot}$



Nebulosa da bolha, NGC 7635. A estrela massiva centra, BD+602522, expele suas camadas externas por vento estelar.



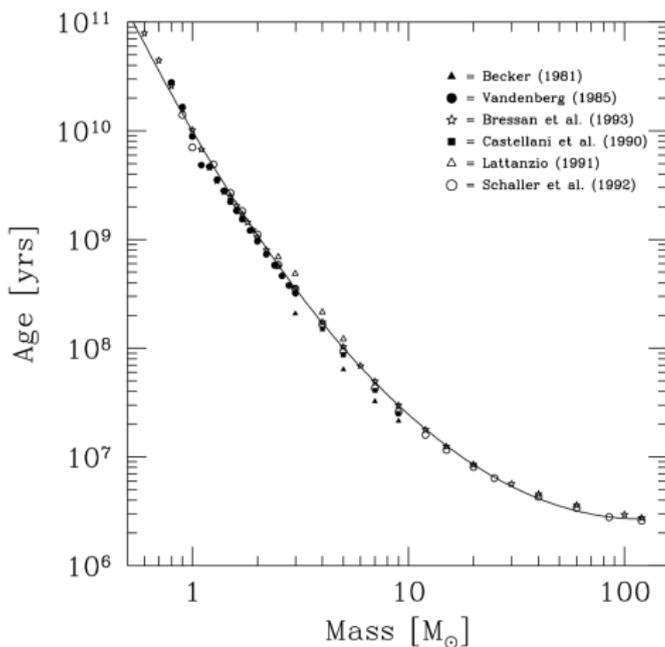
Relação massa – luminosidade



O brilho de uma estrela depende da sua massa.



Relação massa – tempo de vida



O tempo de vida de uma estrela depende da sua massa.



Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

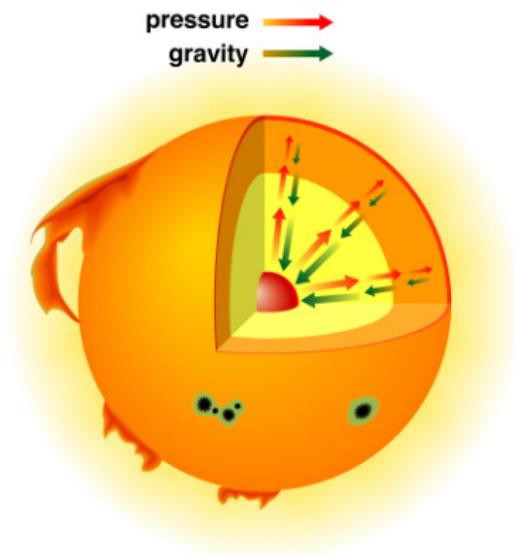
Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Estrutura estelar

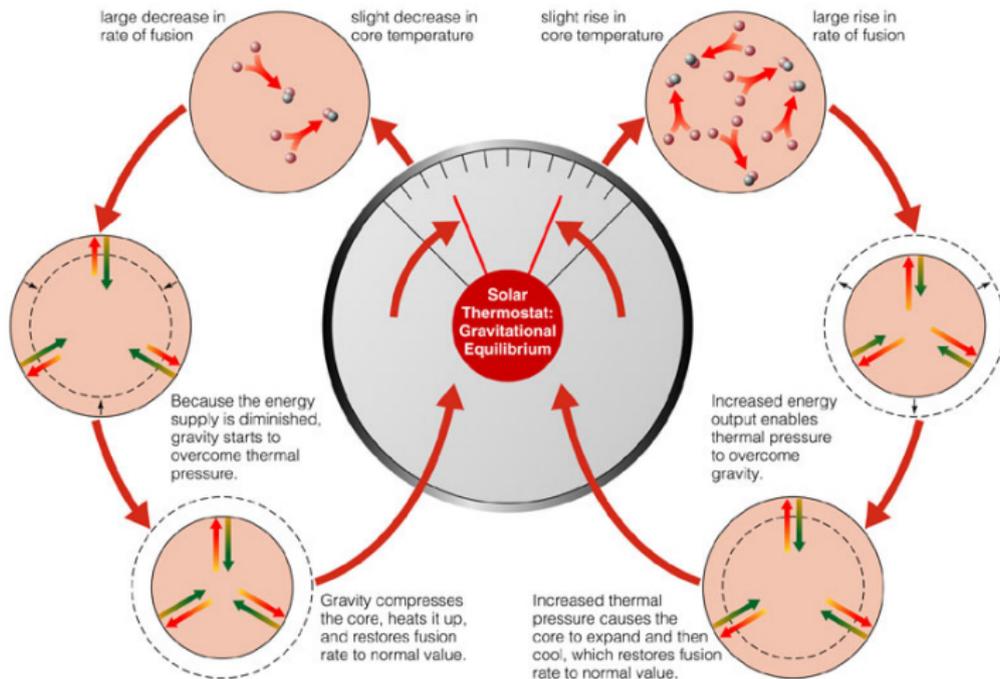


Todas as estrelas “adultas” são compostas por camadas que estão em equilíbrio hidrostático.

O núcleo produz a energia e as outras camadas a transmitem.



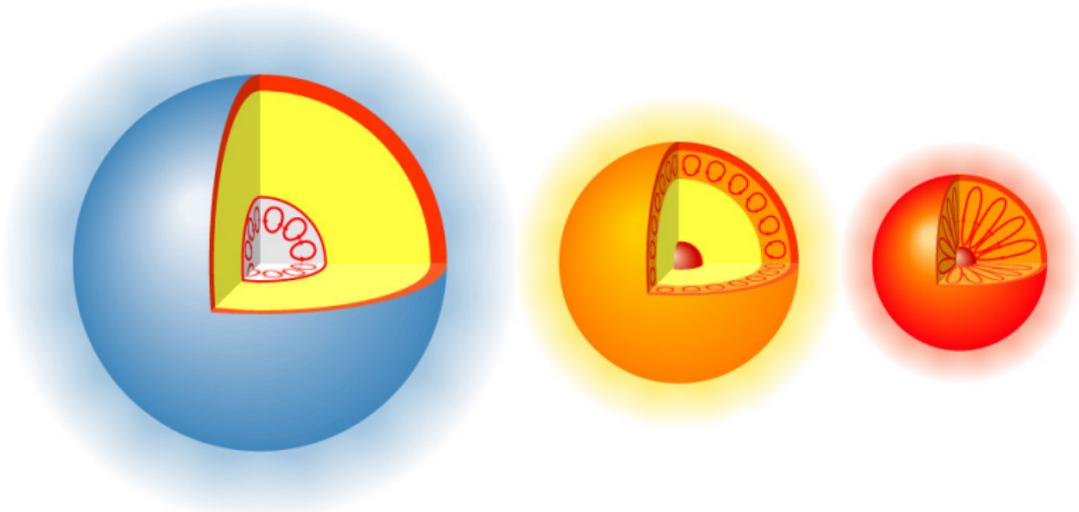
Equilíbrio e estrutura estelar



Para a estrela estar em equilíbrio, qualquer mudança na taxa de fusão nuclear implica numa expansão ou contração da estrela toda.



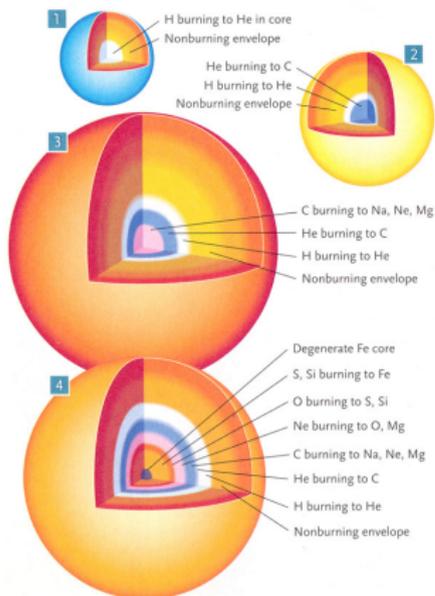
Estrutura estelar



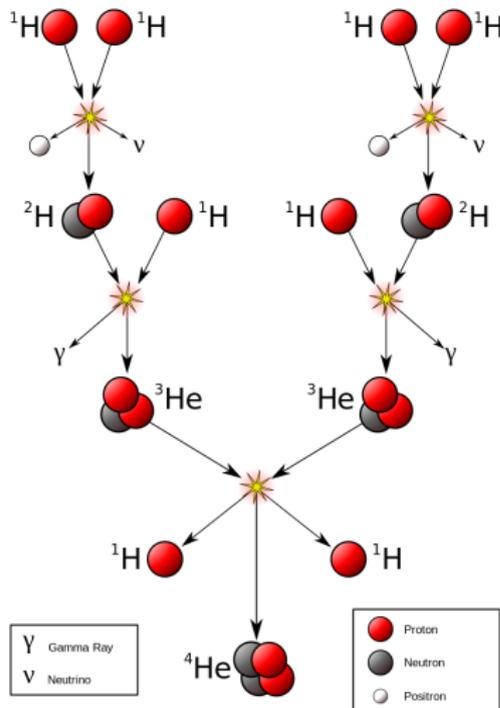
As camadas radiativa e convectiva dependem da massa da estrela.



Fonte de energia



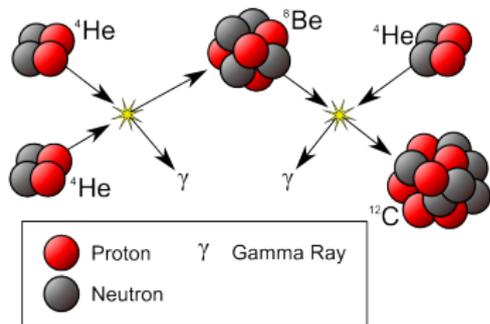
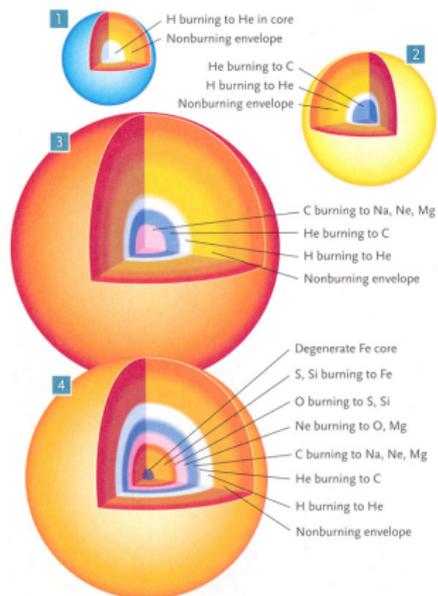
A fusão nuclear acontece no núcleo da estrela ou próximo dele, em regiões suficientemente densas e quentes.



Ciclo próton-próton produz He a partir de H.



Fonte de energia



Reação triplo-alfa produz C a partir de He.

A fusão nuclear acontece no núcleo da estrela ou próximo dele, em regiões suficientemente densas e quentes.



Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Diagrama HR



Henry Norris Russell. EUA.
25/10/1877 – 18/02/1957.



Ejnar Hertzsprung. Dinamarca.
8/10/1873 – 21/10/1967.

Hertzsprung e Russell (além de outras pessoas) trabalharam no mesmo tipo de diagrama $M_V \times B - V$ por volta de 1910.



Diagrama HR

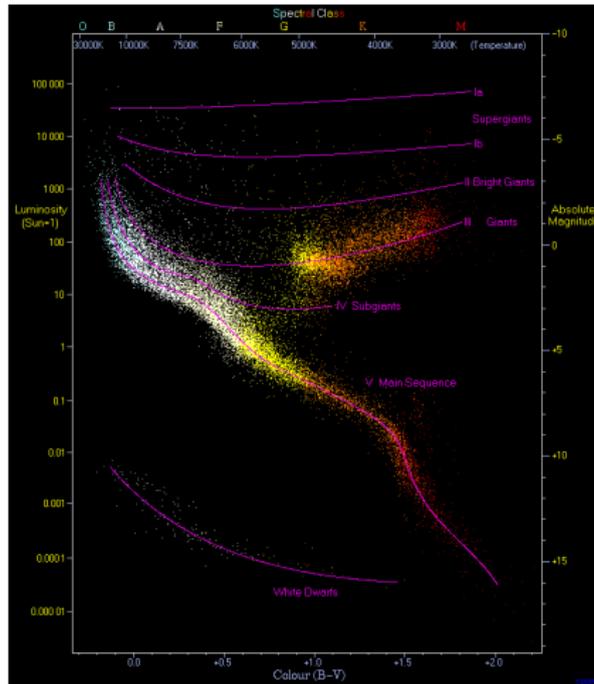
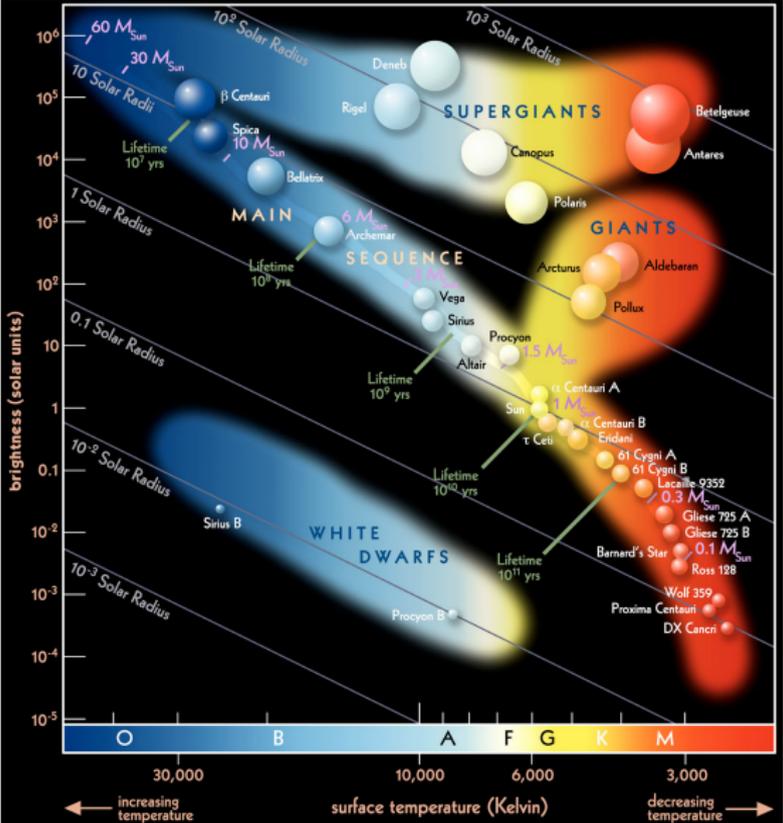


Diagrama HR permite decifrar as várias fases da evolução estelar.

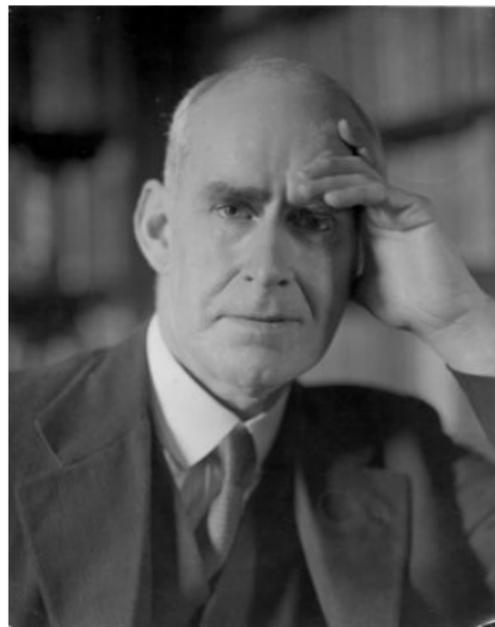


Diagrama HR



Sir Arthur Eddington

- ▶ Modelo físico da estrutura das estrelas (muito bom!)
- ▶ Pressão de radiação é maior que a térmica para estrelas massivas
- ▶ Relação massa-luminosidade (que permitiu entender o diagrama HR)
- ▶ Fusão nuclear como mecanismo da fonte de energia das estrelas, inclusive dizendo que $H \rightarrow He$ seria a mais provável.
- ▶ Primeiros livros explicando a Relatividade Geral
- ▶ Experimento em Sobral, 1919.
- ▶ Orientou Lemaître na criação da Teoria do Big Bang
- ▶ Muito mais ...



Sir Arthur Eddington, 1882-1944. Maior Astrofísico de todos os tempos.



Índice

Nascimento estelar

Propriedades fundamentais

Estrutura Estelar

Diagrama HR

Bibliografia



Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 7
- ▶ Curso de Astronomia do Prof. Steiner, aulas 23 e 24.
- ▶ Várias seções em <http://astro.if.ufrgs.br/>
- ▶ Curso de Astronomia, Auta & Joel, Aula 13



REALIZAÇÃO

