



Aglomerados Estelares & Sistemas Estelares

Vitor Ferrari



DFI | UEM

Departamento de Física

Aglomerados Estelares

Aglomerados Estelares

Aglomerados estelares são grupos de estrelas que se formaram a partir de uma mesma nuvem molecular (nebulosa) e que permanecem unidas por meio da interação gravitacional mútua.

- Não deve ser confundido com galáxias. Galáxias são muito maiores e muito mais massivas.
- Um típico aglomerado estelar (globular) contém uma massa de aproximadamente 100.000 sóis, enquanto a galáxia Via Láctea tem quase 1 trilhão de massas solares.

Aglomerados Estelares

Aglomerados estelares são grupos de estrelas que se formaram a partir de uma mesma nuvem molecular (nebulosa) e que permanecem unidas por meio da interação gravitacional mútua.

- São observados em diversos ambientes, desde o disco das galáxias até os halos.
- São categorizados em dois tipos: **Aglomerados Abertos** e **Aglomerados Globulares**.



Híades

Aglomerado
Alpha Persei

Plêiades

Aglomerado
estelar de Coma

Plêiades do Sul

Aglomerado
de Omicron
Velorum

Aglomerado
do Poço dos
Desejos

Aglomerado de
Ptolomeu

Presépio

Omega Centauri

47 Tucanae

Aglomerado da
Borboleta

Caixa de Joias

Aglomerado
Duplo

Aglomerado da
Pequena Colmeia

Mosaico de aglomerados abertos detectados pelo telescópio VISTA



VISTA infrared survey telescope at ESO's Paranal Observatory

Aglomerados Globulares

São agrupamentos compactos e aproximadamente esféricos de estrelas, contendo desde algumas dezenas de milhares até milhões de estrelas, todas concentradas em regiões de aproximadamente 10 a 30 anos-luz de diâmetro.

- Eles são compostos principalmente por estrelas muito antigas, conhecidas como estrelas de População II (pouco mais jovens que o próprio universo).
- Orbitam o centro de uma galáxia em seu halo.

Aglomerados Globulares

Pobres em metais, indicando que se formaram nos estágios iniciais da evolução do universo.

Alta densidade de estrelas no núcleo desses aglomerados leva a interações gravitacionais frequentes, influenciando a dinâmica interna.

Essas estrelas, em sua maioria, são de baixa massa, tipicamente com menos de duas massas solares, e apresentam coloração amarela ou vermelha devido à sua baixa temperatura superficial.

Aglomerados Globulares

As estrelas mais quentes e massivas que originalmente faziam parte desses aglomerados já passaram por fases avançadas de evolução estelar, resultando em supernovas ou em estrelas anãs brancas.

A Via Láctea abriga cerca de 150 aglomerados globulares, embora algumas dessas estruturas possam ter sido capturadas de galáxias menores que foram desfeitas pela interação gravitacional com a nossa galáxia.

Aglomerado Globular – Omega Centauri (NGC 5139)

- É o maior e mais brilhante aglomerado globular da Via Láctea.
- Contém cerca de 10 milhões de estrelas.



Aglomerado Globular – 47 Tucanae (NGC 104)



O segundo maior e mais brilhante aglomerado estelar globular.

Tem um núcleo extremamente denso.

Aglomerado Aberto

São agrupamentos de estrelas, **jovens** e **pequenas**, estão ligadas gravitacionalmente, mas de forma relativamente fraca ou seja, tendem a perder o vínculo gravitacional ao longo do tempo. Devido a isso, eles possuem uma forma mais irregular.

- Estão localizados principalmente no plano galáctico, ou seja, no disco da Via Láctea.

Vida curta - Desfazem-se em poucos milhares de anos.

Aglomerado Aberto

Devido à sua formação relativamente recente, as estrelas nesses aglomerados são, em sua maioria, estrelas de População I, ricas em metais (elementos mais pesados que o hélio).

As Plêiades, ou as Sete Irmãs, provavelmente são o aglomerado estelar mais famoso: é brilhante, bonito, fácil de ver e visível de todo o mundo.

- Localizado a cerca de 444 anos-luz na constelação de Touro.

Aglomerado Aberto – Plêiades (M45)



Contém cerca de 3 mil estrelas, mas só 7 são visíveis a olho nu.

Aglomerado Aberto – Poço dos Desejos (NGC 3532)

Em 1990, o Aglomerado do Poço dos Desejos tornou-se o primeiro alvo a ser observado pelo Telescópio Espacial Hubble.

- Situado a cerca de 1.300 anos-luz de distância na constelação de Carina.
- Este grupo de estrelas tem cerca de 300 milhões de anos de idade.



Aglomerado Aberto – Caixa de Joias (NGC 4755)

O brilhante aglomerado estelar da Caixa de Joias tem cerca de uma dúzia de estrelas em vários tons de azul, amarelo e laranja; a olho nu, ele parece uma estrela difusa.



Aglomerado Aberto Duplo (NGC 869 e NGC 884)

- O Aglomerado Duplo contém dois aglomerados estelares separados.
- Os dois aglomerados possuem praticamente a mesma idade
- Forte evidência de que ambos os aglomerados provavelmente foram o produto de uma mesma região de formação de estrelas.



Formação de Um Aglomerado Estelar

https://www.youtube.com/watch?v=3z9ZKAkbMhY&ab_channel=djxatlanta

Glóbulos de Bok

São pequenas e densas nuvens de gás e poeira no espaço interestelar, que têm massas de cerca de 2 a 50 vezes a massa do Sol e diâmetros de até alguns anos-luz.

Eles são opacos à luz visível devido à alta densidade de poeira.



Glóbulos de Bok na Nebulosa Carina

Glóbulos de Bok

São locais onde a formação estelar pode ocorrer, sob a influência de sua própria gravidade, o material no interior de um glóbulo de Bok pode colapsar, dando origem a novas estrelas.

Muitas vezes, os glóbulos de Bok são observados em regiões de formação estelar ativa, como parte de nebulosas maiores.

Glóbulos de Bok

- Aglomerados estelares, especialmente os aglomerados abertos, frequentemente se formam a partir do colapso de uma única nuvem molecular gigante, que pode conter vários glóbulos de Bok.

Cada glóbulo de Bok dentro dessa nuvem pode dar origem a um grupo de estrelas, e esses grupos podem permanecer gravitacionalmente ligados, formando um aglomerado estelar.



Glóbulos de Bok

- Os glóbulos de Bok em si são estruturas transitórias no processo de formação estelar. Uma vez que as estrelas se formam e começam a emitir radiação, o glóbulo de Bok pode ser dissipado pela radiação estelar e pelos ventos estelares.



Aglomerados Embutidos

São grupos de estrelas que estão totalmente ou parcialmente imersas ou embutidas em uma nuvem de poeira ou gás interestelar (nebulosa).

- São grupos de estrelas recém-formadas que ainda estão imersas na nuvem molecular a partir da qual se formaram.

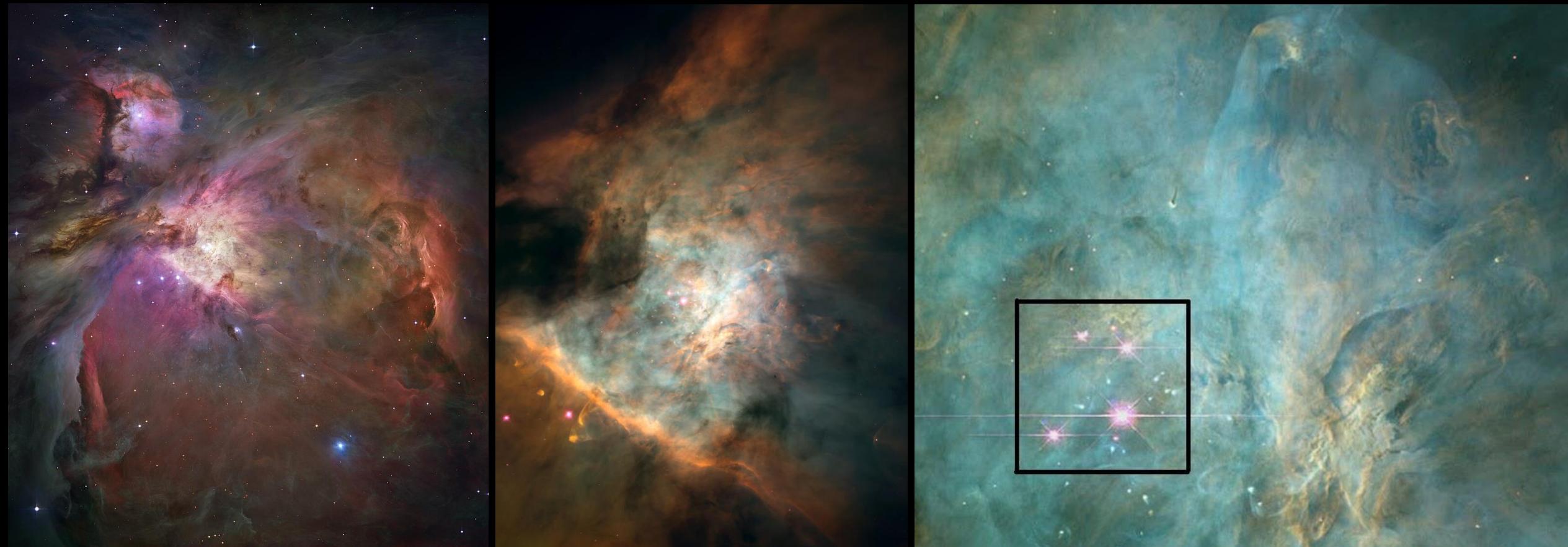
Esses aglomerados representam um estágio inicial na vida de um aglomerado estelar, antes de as estrelas jovens terem dispersado completamente o material remanescente da nuvem por meio de sua radiação e ventos estelares.

Aglomerados Embutidos

- Essas estrelas estão localizados dentro de nuvens moleculares densas e frias, que são compostas principalmente de hidrogênio molecular, poeira e outros gases.
- Essas nuvens são opacas à luz visível, o que torna os aglomerados embutidos difíceis de observar em comprimentos de onda ópticos. Eles são melhor observados em infravermelho, que pode penetrar a poeira interestelar.

Aglomerados Embutidos – Aglomerado do Trapézio

O exemplo mais famoso é o aglomerado do Trapézio, localizado dentro da nebulosa de Orion (M42).



Aglomerados Embutidos – Aglomerado do Trapézio

O exemplo mais famoso é o aglomerado do Trapézio, localizado dentro da nebulosa de Orion (M42).



Aglomerados Embutidos – Aglomerado do Trapézio



O aglomerado do trapézio é um sistema estelar múltiplo completamente imerso na Nebulosa de Órion.

- As 4 estrelas, são responsáveis pela iluminação de toda a parede da nebulosa que se encontra exposta à sua radiação.
- Na verdade o aglomerado do trapézio é um grupo enorme de mais de 300 estrelas.

Formação Estelar na Nebulosa de Orion

A nebulosa de Órion é um excelente exemplo de formação e evolução estelar, onde o poeira interestelar forma estrelas à medida que se vão associando devido à atração gravitacional.

- As observações da nebulosa mostraram aproximadamente 700 estrelas em diferentes etapas de formação.

Formação Estelar na Nebulosa de Orion

- Em torno da estrela mais brilhante, podemos ver um impressionante conjunto de casulos proto-estelares;
- Todos com uma forma que faz lembrar uma gota de água.
- Apresentando uma cauda de gás e poeira apontada na direção oposta à direção da estrela mais brilhante.



Formação Estelar na Nebulosa de Orion

Todas estas estrelas são muito jovens, provavelmente com menos de 300.000 anos.

Aliás os membros mais jovens do grupo ainda não concluíram o processo de contração gravitacional, ou seja, ainda não entraram na chamada “sequência principal”.

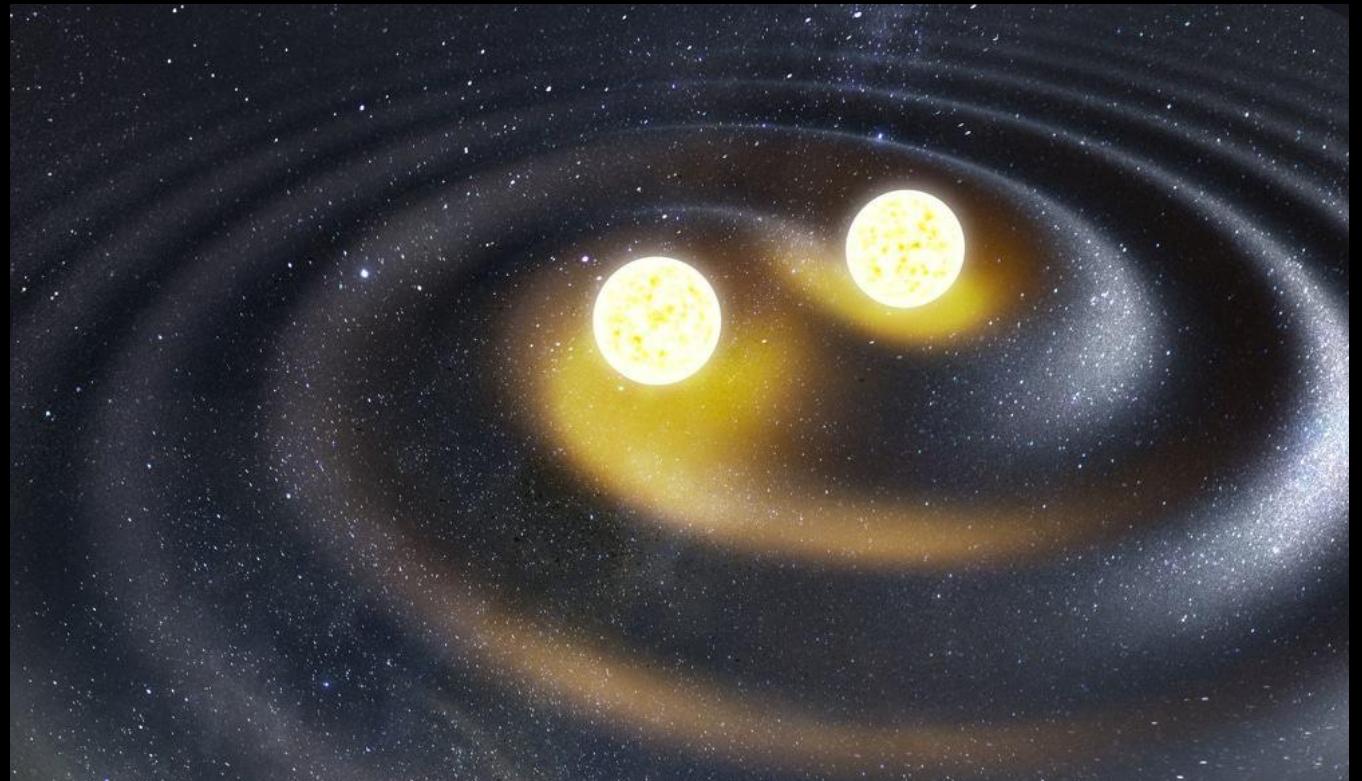


Sistemas Estelares

Estrela Binária

Uma estrela binária é um sistema estelar onde duas estrelas estão gravitacionalmente ligadas e orbitando em torno de um centro de massa comum.

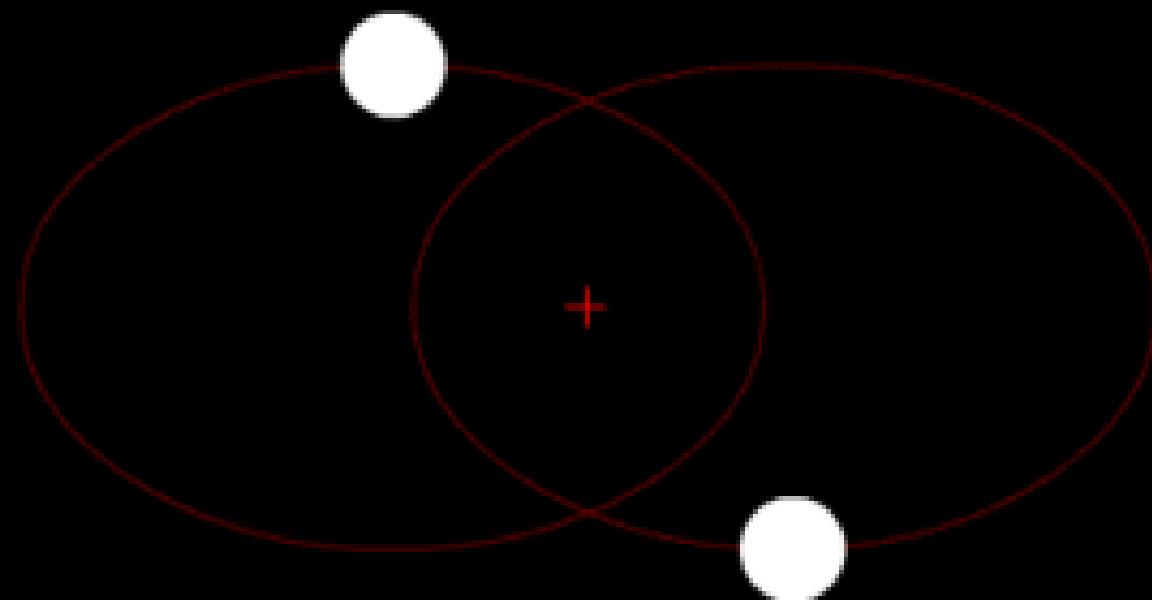
Esse centro de massa, ou baricentro, é o ponto em torno do qual ambas as estrelas realizam suas órbitas devido à força gravitacional mútua.



Estrela Binária - Contexto Histórico

Em 1783 John Goodricke (1764-1786) observou a estrela Algol (Persei), diminuir 1/3 do seu brilho, por algumas horas.

- Trata-se de uma binária Eclipsante, com um período de 2d20h49m.



Estrela Binária - Contexto Histórico

Foi em 1803 que Herschel fez a primeira observação que mostrou o movimento aparente de uma estrela de uma em relação a outra.

Ele concluiu que este movimento era o resultado da interação mútua das duas estrelas.

Em 1827, Félix Savary mostrou que a órbita relativa das estrelas binárias Ursa Maior era uma elipse, completada em 60 anos.



Tipos de Sistemas Binários

As estrelas binárias são classificadas de acordo com o método utilizada na sua descoberta.

Binárias Visuais

Binárias visuais são sistemas em que ambas as estrelas podem ser observadas diretamente através de telescópios ópticos como duas fontes de luz separadas.

Um exemplo clássico de binária visual é o sistema estelar de Albireo, na constelação de Cisne. Albireo é composto por duas estrelas visíveis, uma amarela e uma azul, que podem ser resolvidas com pequenos telescópios.

Binárias Visuais



Sistema Estelar Albireo

Binárias Astrométricas

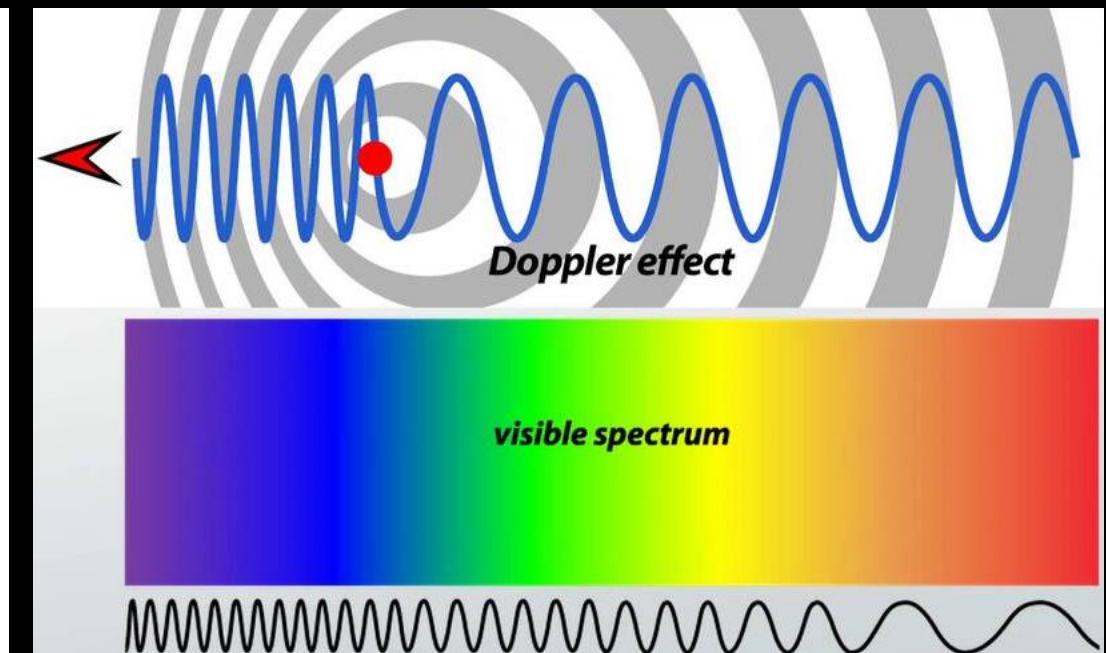
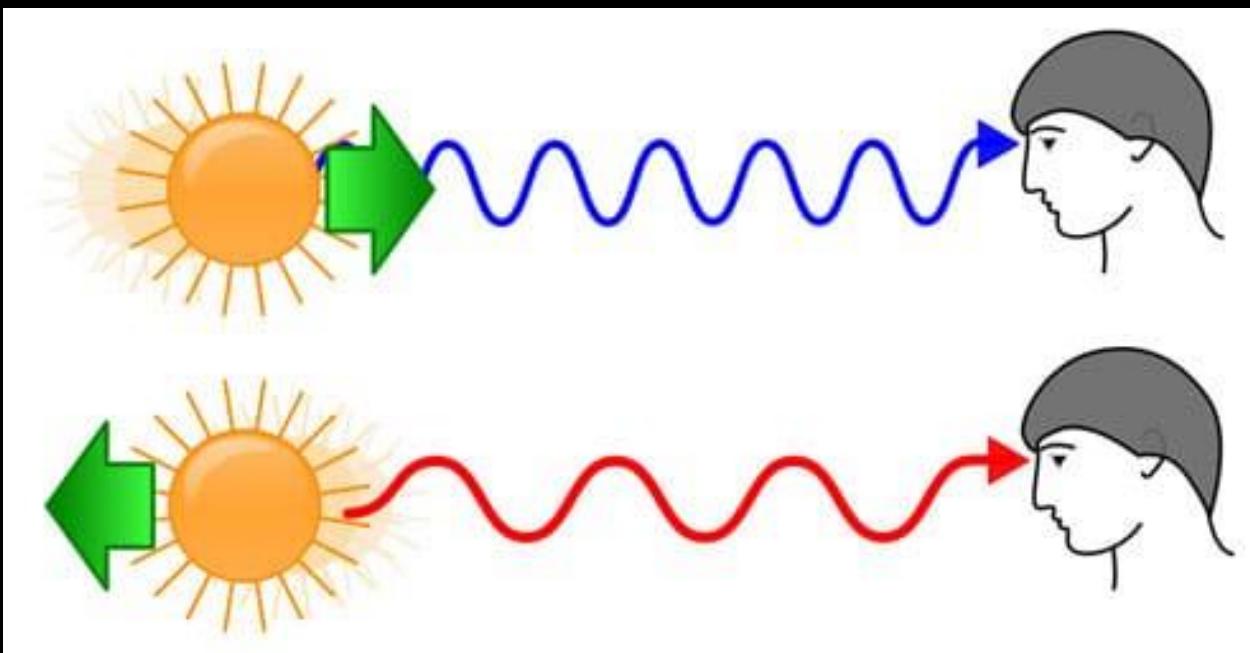
São sistemas que não estão fisicamente associados, mas que aparecem próximos no céu devido a efeitos de projeção. Isso pode ser verificado porque seus movimentos individuais não estão relacionado entre si.

Sirius A e Sirius B formam um exemplo famoso, onde Sirius A, uma estrela brilhante, exibe um movimento causado pela companheira anã branca, Sirius B, detectável astrometricamente.



Binárias Espectroscópicas

Binárias espectroscópicas são sistemas em que as estrelas são identificadas através do efeito Doppler em suas linhas espectrais, causado pela mudança na velocidade radial das estrelas à medida que orbitam seu centro de massa.



Binárias Espectroscópicas

A natureza binária é aparente pela presença de linhas espectrais, que oscilam em comprimento de onda, de acordo com os movimentos radiais das estrelas.

Em alguns casos os espectros das duas estrelas são visíveis, em outros só o espectro de uma delas é detectado. Os períodos típicos destas estrelas estão compreendidos entre algumas horas e vários meses.

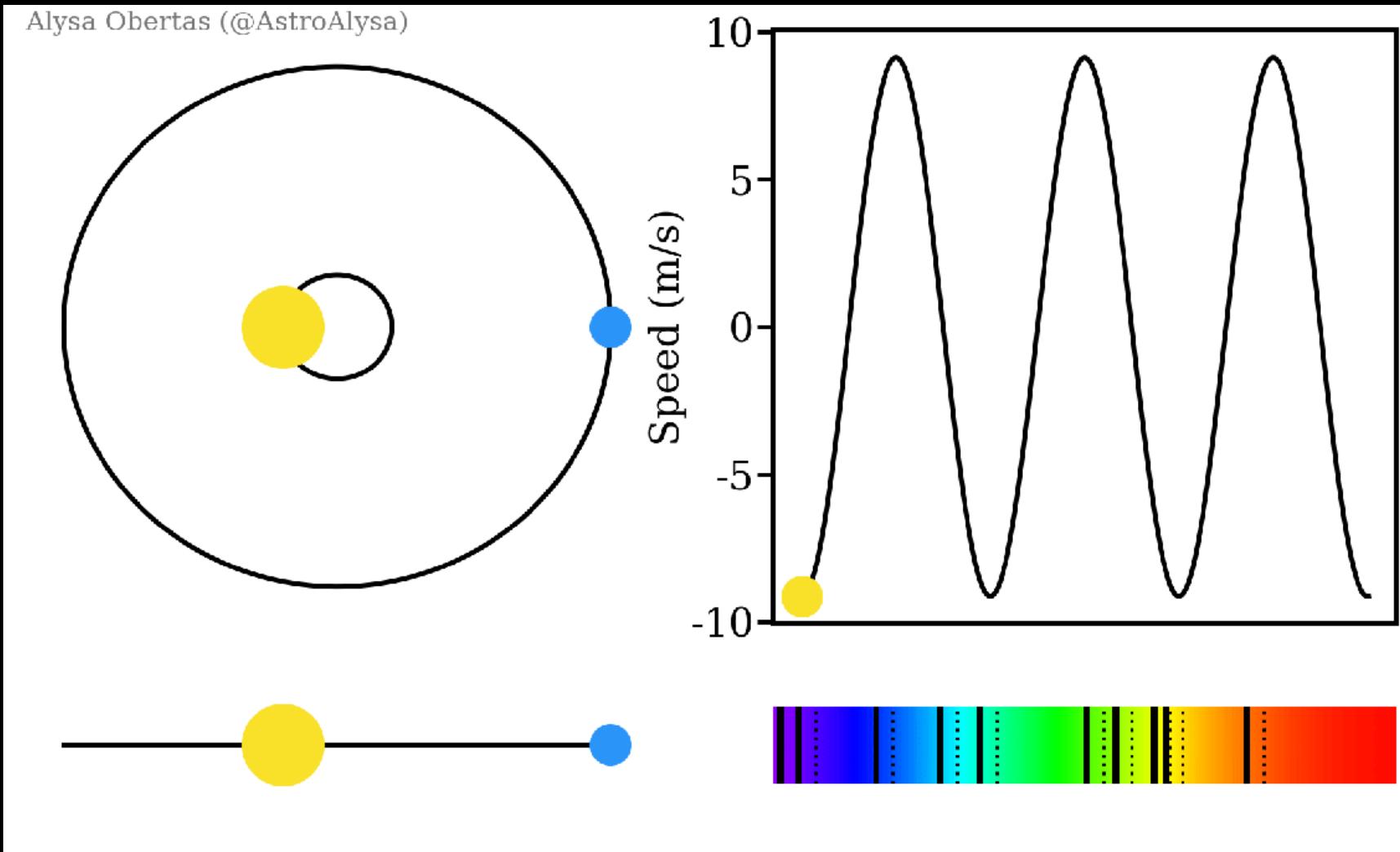
Binárias Espectroscópicas

Como as estrelas se movem em suas órbitas, a velocidade radial (velocidade ao longo da linha de visão do observador) muda, provocando um deslocamento nas linhas espectrais da luz emitida pelas estrelas.

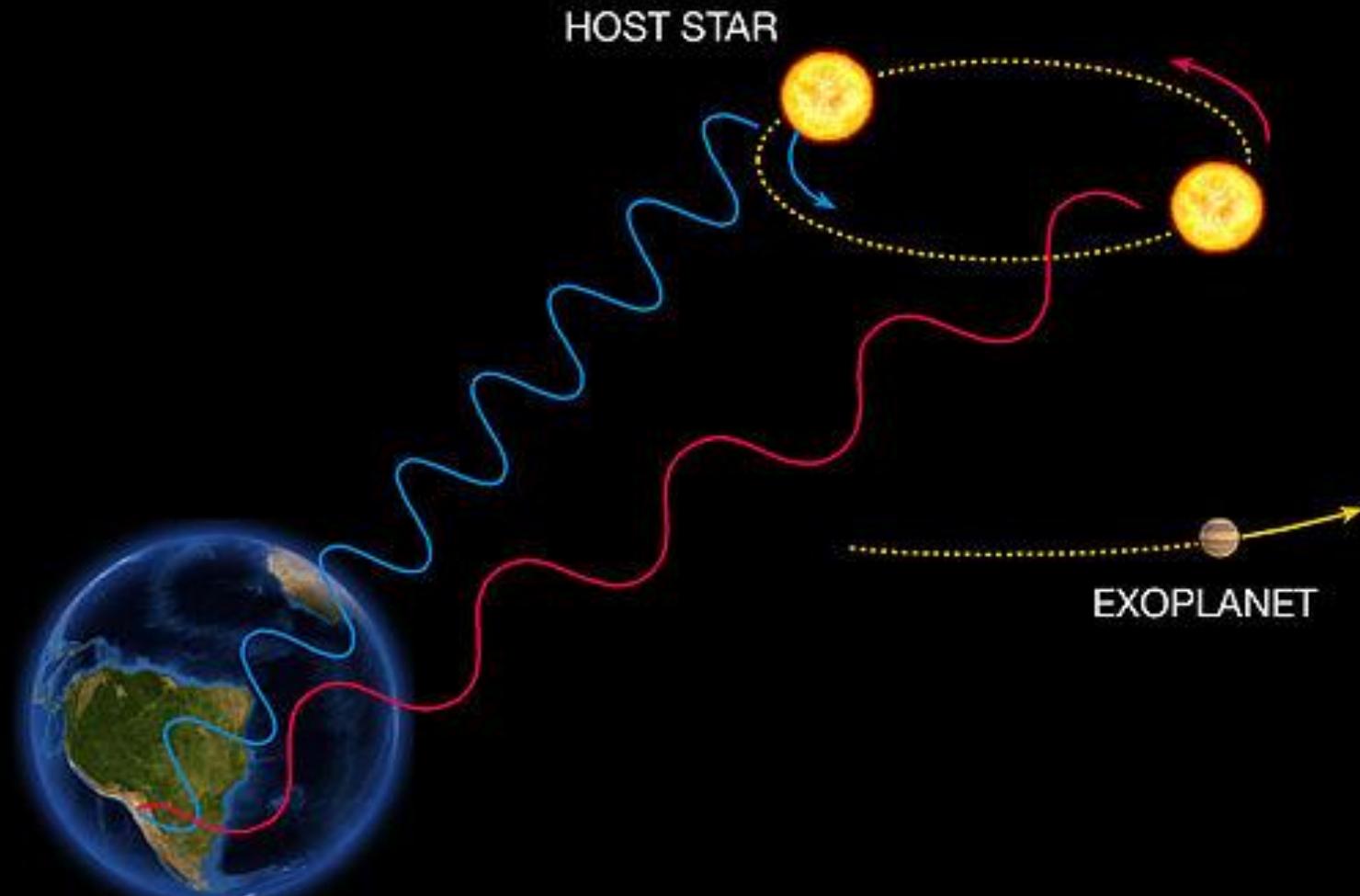
Esse deslocamento pode ser percebido como um desvio para o azul quando a estrela se aproxima da Terra, ou para o vermelho quando ela se afasta.

Sistemas binários espectroscópicos podem ser simples ou duplos: nos simples, apenas uma estrela mostra variações espectrais, enquanto nos duplos, ambos os componentes mostram linhas espectrais deslocadas.

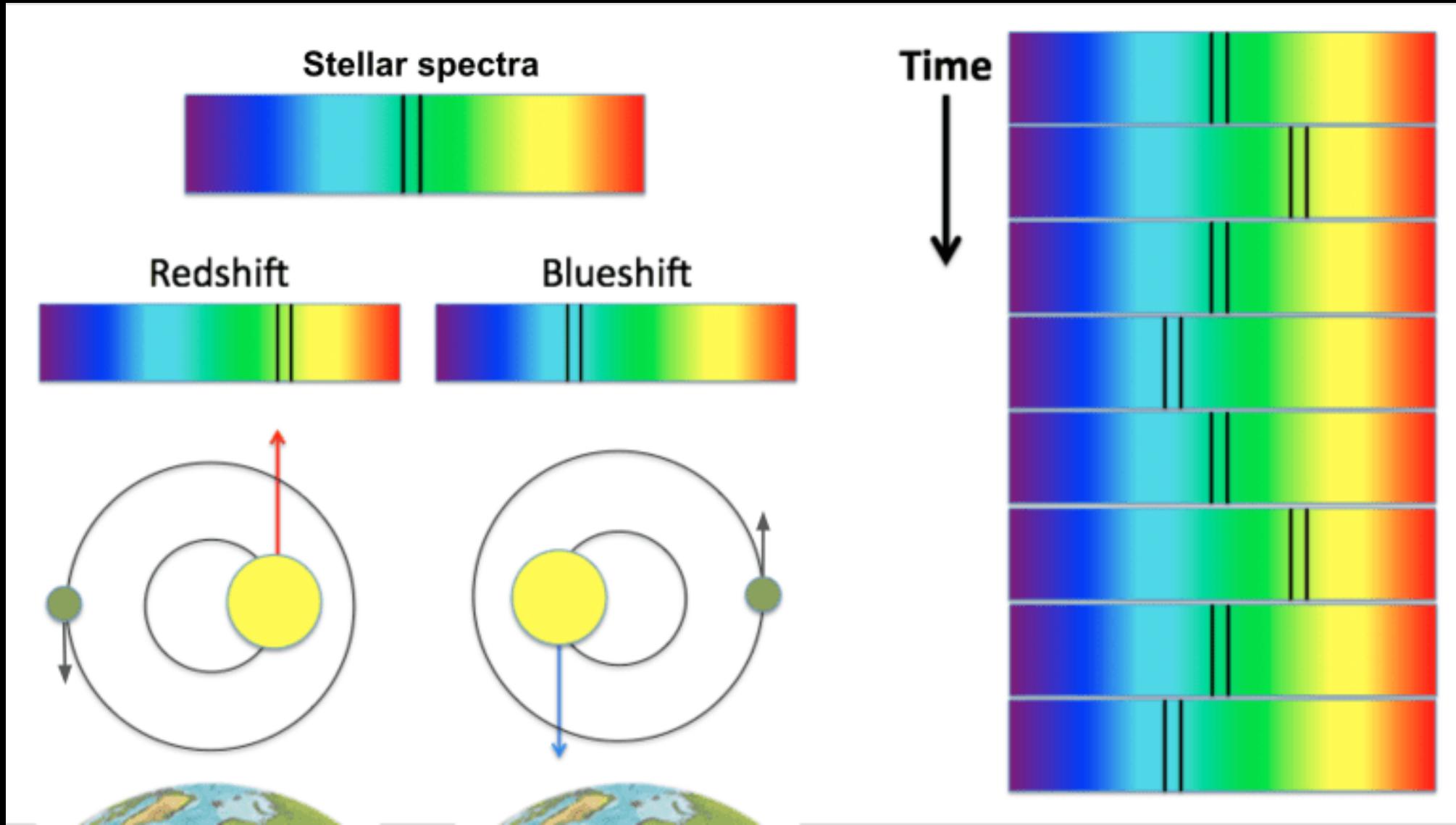
Binárias Espectroscópicas



Binárias Espectroscópicas



Binárias Espectroscópicas

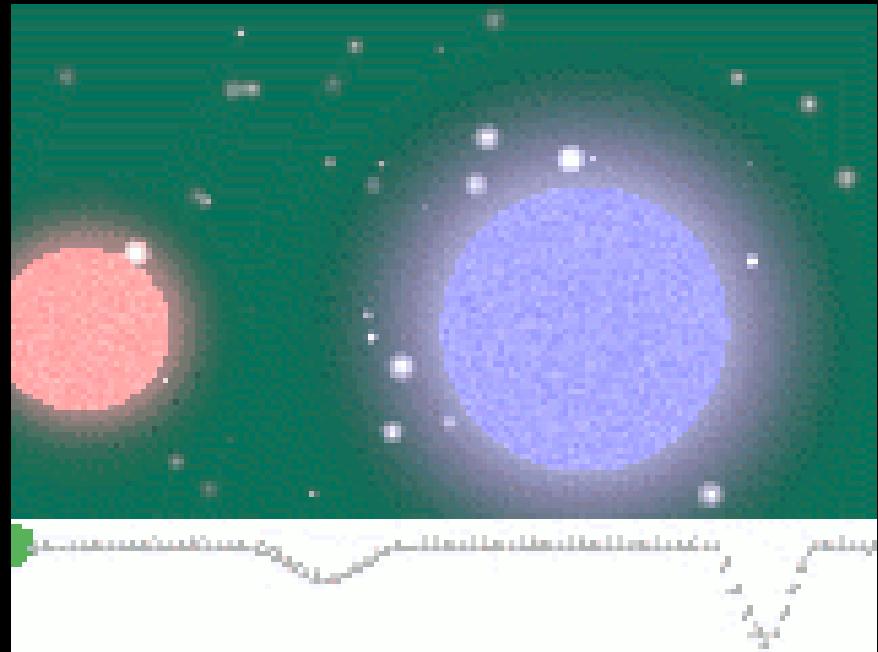


Binárias Eclipsantes

Binárias eclipsantes são sistemas em que a órbita das estrelas está orientada de tal forma que, do ponto de vista da Terra, uma estrela passa regularmente na frente da outra, causando eclipses.

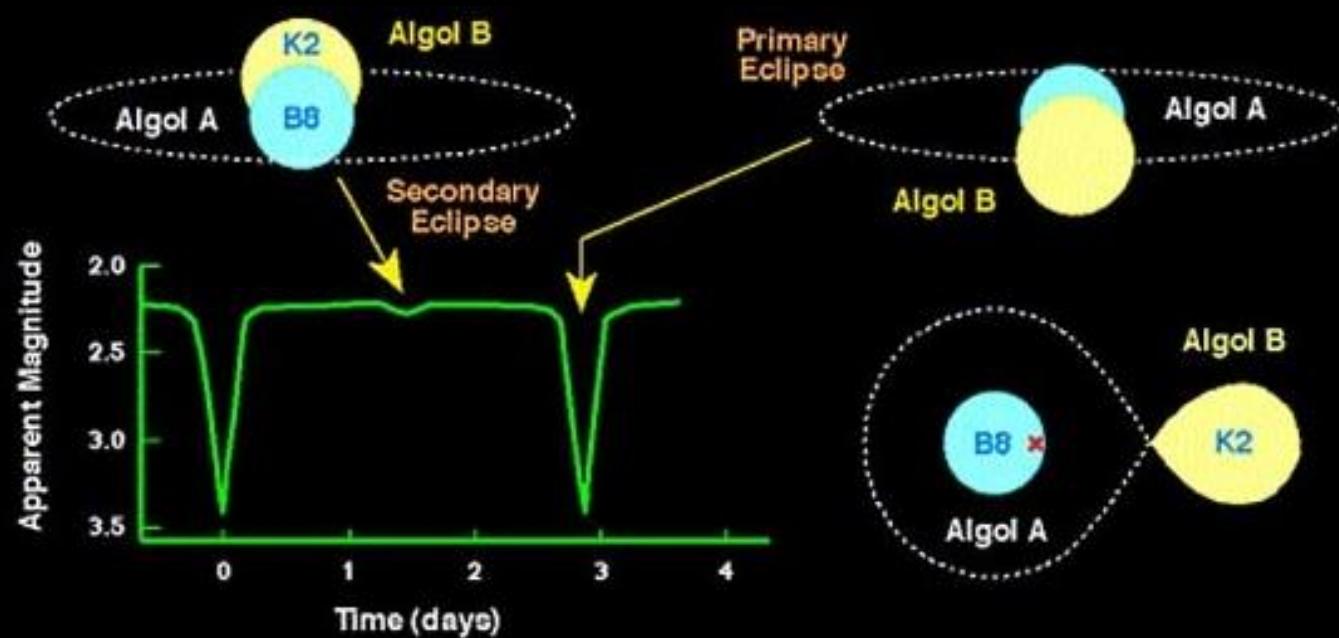
A principal característica dessas binárias é a variação periódica na luminosidade do sistema quando uma estrela eclipsa a outra.

Durante um eclipse, a luz combinada das estrelas diminui, criando um padrão regular de variações de brilho que pode ser medido com precisão.



Binárias Eclipsantes

As estrelas produzem eclipses periódicos, com mudança na intensidade total da radiação observada. Estas estrelas podem também ser binárias visuais, astrométricas, ou espectroscópicas.



The Algol System

Transferência de Massa e Acreção

À medida que uma estrela da sequência principal aumenta de tamanho durante sua evolução, ela pode chegar a exceder seu lóbulo de Roche.

Lóbulo de Roche - É a região do espaço ao redor de uma estrela em um sistema binário na qual material orbital é gravitacionalmente vinculado a essa estrela.

Se a expansão estelar ultrapassa o seu lóbulo de Roche então, o material fora do lóbulo cairá na outra estrela.

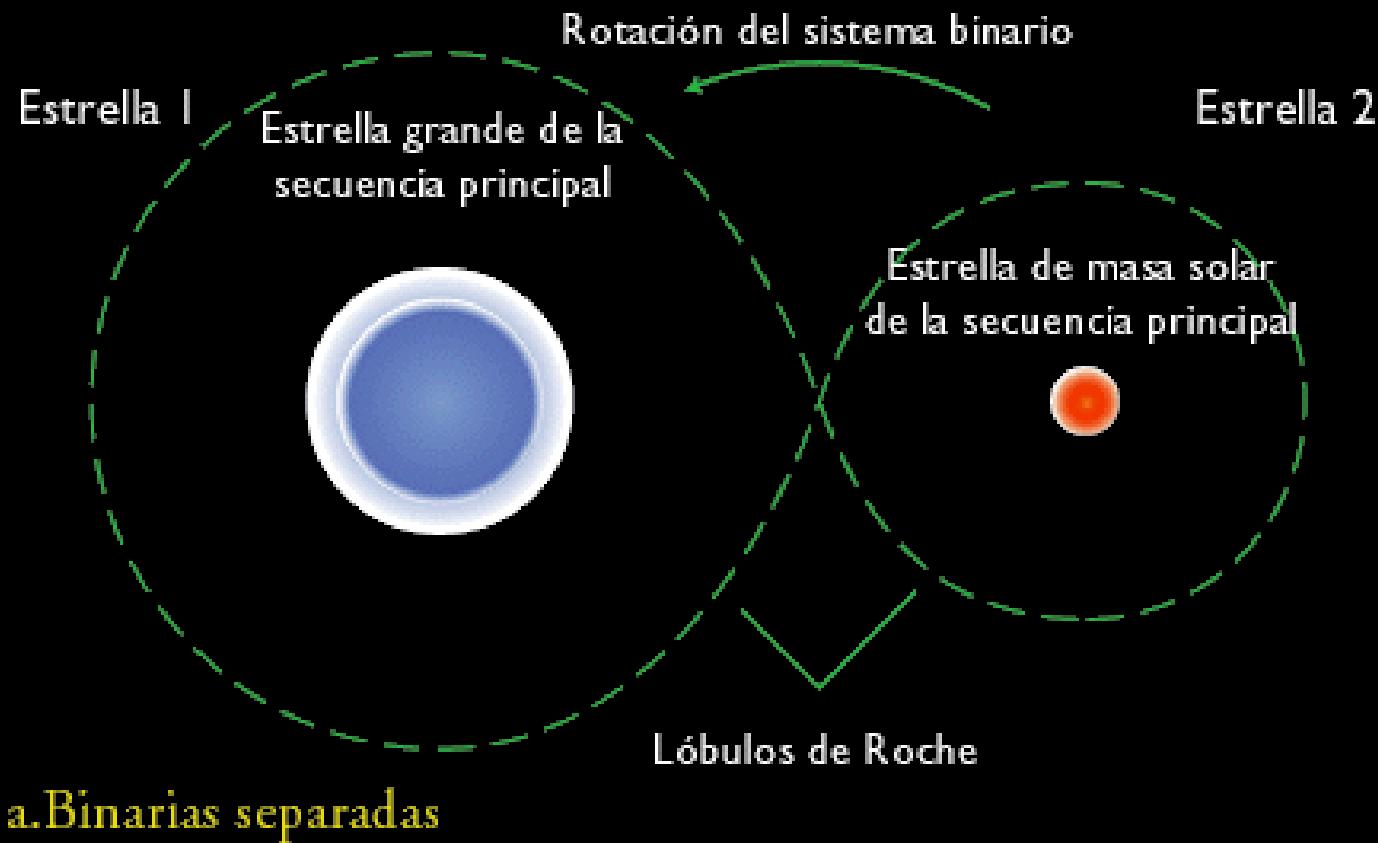
Transferência de Massa e Acreção

Significa que parte de sua matéria fica numa região em que a atração gravitacional de sua companheira é maior que sua própria gravidade.

- Como resultado, ocorre transferência de matéria de uma estrela para outra, em um processo conhecido como vazamento do lóbulo de Roche

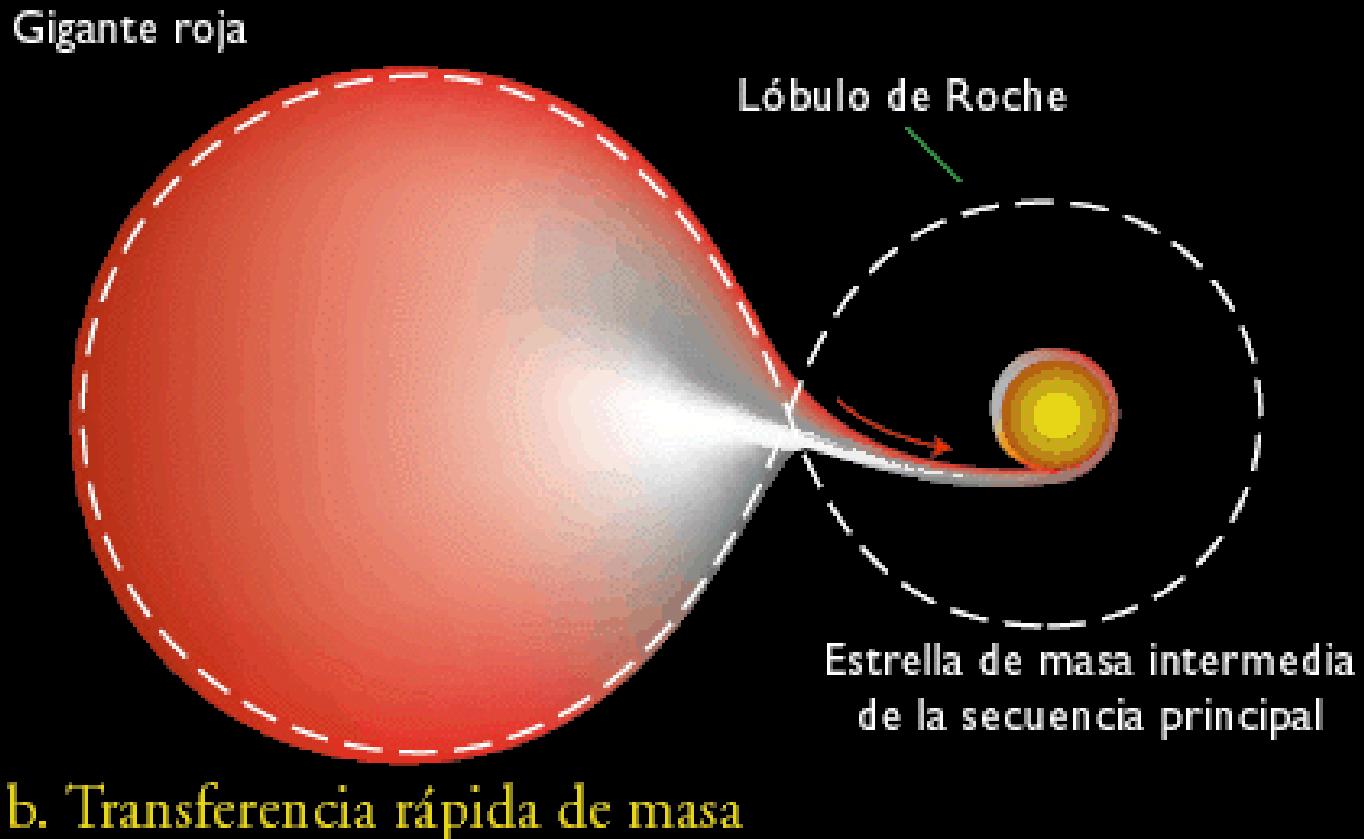
Transferência de Massa e Acreção

a) Inicialmente era um sistema separado com duas estrelas da sequência principal, uma azul massiva (estrela 1) e outra menos massiva (estrela 2) semelhante ao Sol.



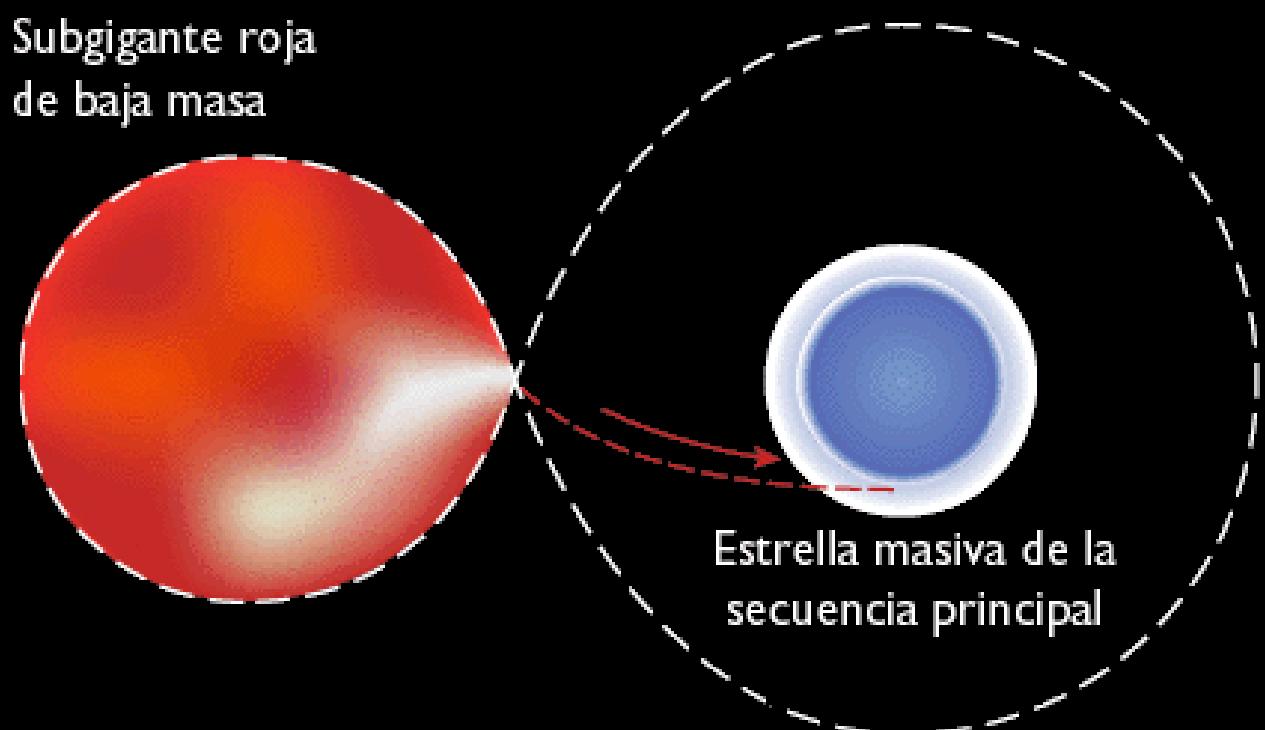
Transferência de Massa e Acreção

b) À medida que o mais massivo evolui e sai da sequência principal, expande-se e preenche o seu lóbulo de Roche, transferindo rapidamente massa para o seu companheiro.



Transferência de Massa e Acreção

c) Agora, a estrela 2 é a mais massiva e ainda continua na sequência principal. A estrela 1 está na fase supergigante e preenche seu lóbulo de Roche, produzindo uma lenta transferência de massa em direção à sua companheira.



c. Transferencia lenta de masa

Estrelas Fugitivas

É também possível que estrelas binárias muito distantes entre si percam contato gravitacional com o tempo, devido a perturbações gravitacionais externas, tornando-se estrelas solitárias.

A aproximação de dois sistemas binários pode também levar ao rompimento da ligação gravitacional de ambos os sistemas, ejetando algumas das estrelas para fora do sistema em altas velocidades, se comparadas com o meio interestelar circundante (estrelas fugitivas).