

The Life of Stars

Cuộc sống của các ngôi sao

Alexandre Costa, Beatriz García,
Ricardo Moreno, Rosa M Ros

*International Astronomical Union
Escola Secundária de Loulé, Portugal*

*ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
Colegio Retamar de Madrid, Spain
Technical University of Catalonia, Spain*



Goals

Mục tiêu

- Understand the difference between apparent magnitude and absolute magnitude.
- Phân biệt cấp sao biểu kiến và tuyệt đối
- Understand the Hertzsprung-Russell diagram - a color / magnitude diagram.
- Hiểu biểu đồ H-R – biểu đồ màu sắc/cấp sao
- Understand concepts such as supernova, neutron star, black hole and pulsar.
- Hiểu siêu tân tinh, sao neutron, lỗ đen, pulsar



Activity 1: Simulating parallax

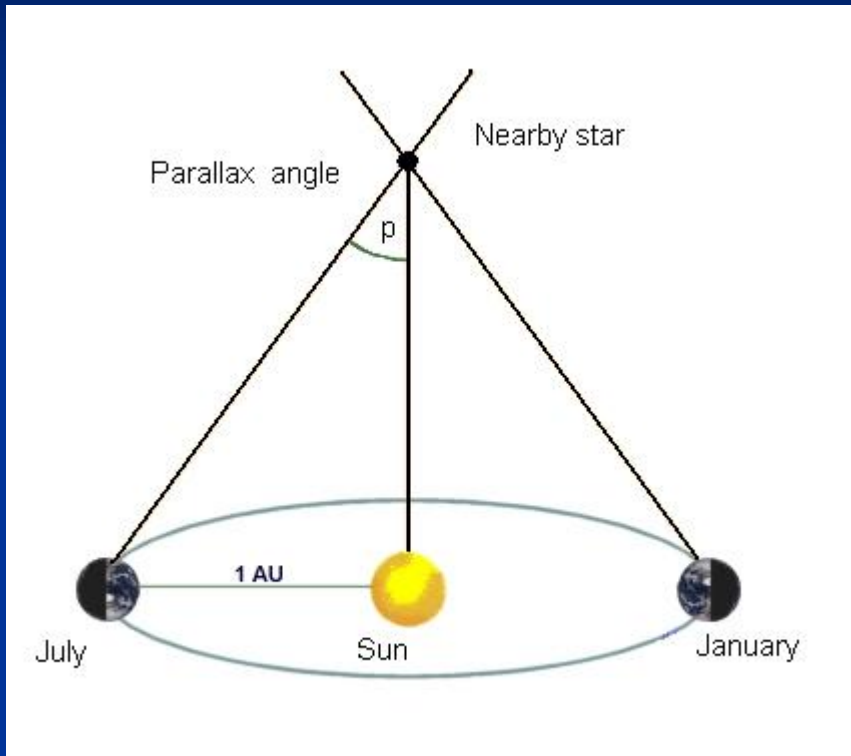
Mô phỏng thị sai



- Keep your thumb pointing upward with your arm outstretched.
- Keep looking, first only with your left eye open, then only with your right eye. What do you see?
- Now move your finger halfway up to your nose and repeat the observation. What do you see?
- Giữ ngón tay cái của bạn hướng lên trên với cánh tay dang rộng.
- Hãy nhìn, đầu tiên chỉ bằng mắt trái mở, sau đó chỉ mắt phải. Bạn thấy gì?
- Bây giờ di chuyển ngón tay của bạn lên nửa bên mũi và lặp lại quan sát. Bạn thấy gì?



Parallax

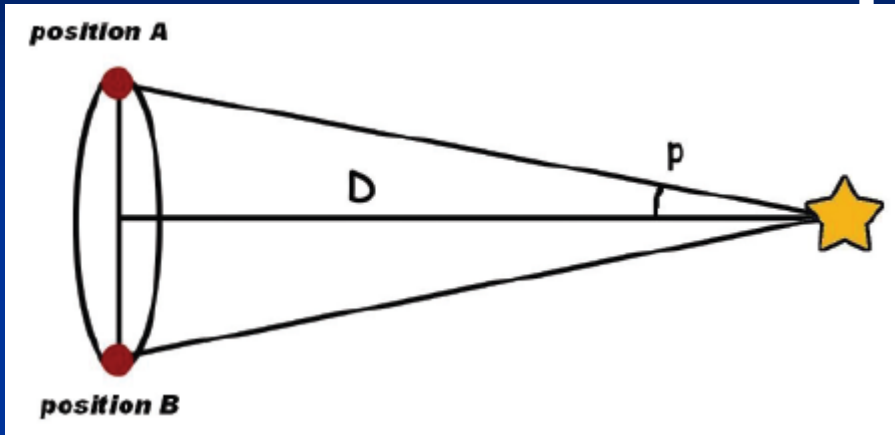


Source: Columbia University.

- Parallax is the apparent difference in the position of an object when viewed from different locations.
- The position of a nearby star on the sky appears to change when viewed from Earth now and then six months later.
- Thus we can measure the distance to nearby stars.
- Thị sai là sự khác biệt rõ ràng về vị trí của một đối tượng khi nhìn từ các vị trí khác nhau.
- Vị trí của một ngôi sao gần trên bầu trời dường như thay đổi khi nhìn từ Trái đất hiện tại và sau đó sáu tháng.
- Do đó chúng ta có thể đo khoảng cách tới các ngôi sao gần.

Parallax

Thị sai



$$D = \frac{AB/2}{\tan p} = \frac{AB/2}{p}$$

$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3,26 \text{ l.y.}$$

1 parsec = 3.26 light years (năm ánh sáng)

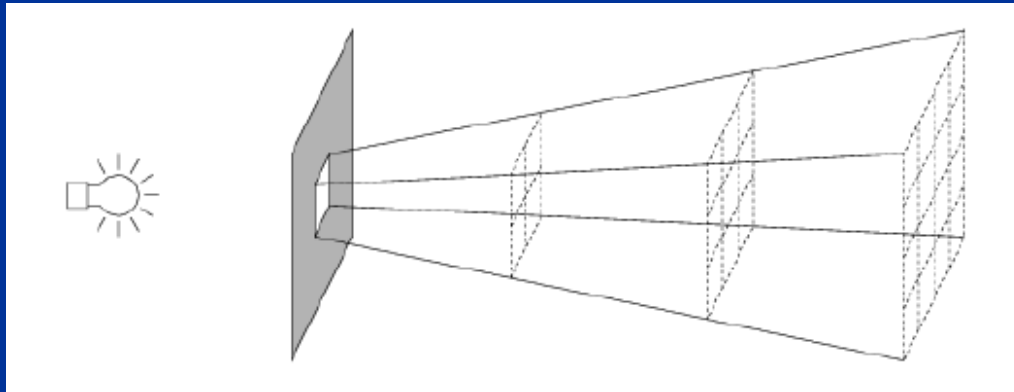
$$d = 1/p$$

Activity 2: Law of inverse square

Hoạt động 2: Định luật nghịch đảo bình phương

A star emits radiation in all directions. The intensity (I) received at a distance D , per unit of surface area, is the luminosity L (power) of the star, divided by the area of a sphere centred on the star.

Một ngôi sao phát bức xạ theo mọi hướng. Cường độ (I) nhận được ở khoảng cách D , trên một đơn vị diện tích bề mặt, là độ sáng L (công suất) của ngôi sao, chia cho diện tích của hình cầu có tâm ở vị trí ngôi sao.



$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

Activity 2: Law of inverse square

Hoạt động 2: Định luật nghịch đảo bình phương

When the distance is doubled, the corresponding area is four times larger, and the light intensity (the incident light per unit area) will become four times smaller.

The intensity of light is inversely proportional to the square of the distance from the source.

Khi khoảng cách được tăng lên gấp đôi, diện tích tương ứng lớn hơn bốn lần và cường độ ánh sáng (ánh sáng tới trên một đơn vị diện tích) sẽ nhỏ hơn bốn lần.

Cường độ ánh sáng tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nguồn.



System of magnitudes

Hệ cấp sao

The stars show different brightnesses.

The brightest star that you see may be of small luminosity and be close, or of large luminosity and be distant.

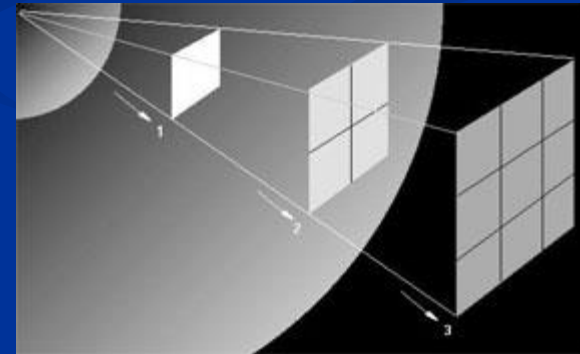
The brightness is defined as :

Các ngôi sao hiển thị độ sáng khác nhau.

Ngôi sao sáng nhất mà bạn nhìn thấy có thể có độ sáng nhỏ và ở gần, hoặc có độ sáng lớn và ở xa.

Độ sáng được định nghĩa là:

$$B = \frac{L}{4\pi D^2}$$



System of magnitudes

Hệ cấp sao

Hipparchus was born in Nicaea (now known as Iznik, Turkey) in 190 BC. It is believed that he died in Rhodes, Greece, in 120 BC.

About 125 years BC, he defined the system of magnitudes.

Hipparchus sinh ra ở Nicaea (nay là Iznik, Thổ Nhĩ Kỳ) vào năm 190 trước Công nguyên. Người ta tin rằng ông qua đời ở Rhodes, Hy Lạp, vào năm 120 trước Công nguyên.

Khoảng 125 năm trước Công nguyên, ông đã định nghĩa hệ cấp sao.



System of magnitudes

Hệ cấp sao

Hipparchus called the brightest stars 1st magnitude, those less bright 2nd magnitude and continued until the faintest, which he called 6th magnitude. Hipparchus gọi những ngôi sao sáng nhất là cấp 1, những sao kém sáng thứ 2 và tiếp tục cho đến khi mờ nhất, mà ông gọi là cấp 6.

That system, slightly changed, is used today: the greater the magnitude, fainter the star.

Hệ thống phân cấp sao này, có thay đổi một chút, vẫn được sử dụng ngày nay: cấp sao càng lớn, ngôi sao càng mờ.

Astronomers refer to the brightness of a star when talking about its magnitude.

Các nhà thiên văn học đề cập đến độ sáng của một ngôi sao khi nói về cấp sao.



System of magnitudes

Hệ cấp sao

In 1850, Robert Pogson suggested that a difference of 5 magnitudes should be exactly equal to the brightness ratio of 100 to 1.

This is the formal definition of the magnitude scale that is used by astronomers today.

Năm 1850, Robert Pogson đề xuất rằng sự chênh lệch 5 cấp phải chính xác bằng tỷ lệ độ sáng 100 trên 1.

Đây là định nghĩa chính thức của thang đo cấp sao được sử dụng bởi các nhà thiên văn học hiện nay.



Pogson's Law

Định luật Pogson

From the computational point of view, it is useful to use the logarithmic scale to write this relation:

Từ quan điểm tính toán, sẽ rất hữu ích khi sử dụng thang đo logarit để viết mối quan hệ này:

$$2.5 \log (B_1/B_2) = m_2 - m_1$$

For example:

- Sirius, the brightest star on the sky, has a magnitude of -1.5
- The magnitude of Venus is -4
- The magnitude of the Moon is -13
- The magnitude of the Sun is -26.8

Ví dụ:

Sirius, ngôi sao sáng nhất trên bầu trời, có cấp sao -1,5

Cấp sao của sao Kim là -4

Cấp sao của Mặt trăng là -13

Cấp sao của Mặt trời là -26,8



Apparent and absolute magnitude

Cấp sao biểu kiến và tuyệt đối

- A very powerful but distant star can have the same Apparent Magnitude (m) as another fainter star but closer star.
- Astronomers have established the concept of Absolute Magnitude (M) where the star is imagined to be at a distance of 10 parsecs (32.6 light years) from us.
- With the Absolute Magnitude we can now compare the "real brightness" of two stars, or equivalent to it, its power or luminosity.
- The mathematical relationship between m and M is:

$$M = m + 5 - 5 \log d$$

where d is the real distance to the star.

Một ngôi sao rất mạnh nhưng ở xa có thể có cùng Cấp sao Biểu kiến (m) như một ngôi sao khác mờ hơn nhưng ở khoảng cách gần hơn.

Các nhà thiên văn đã thiết lập khái niệm Cấp sao tuyệt đối (M) trong đó ngôi sao được tưởng tượng là ở khoảng cách 10 parsec (32,6 năm ánh sáng) từ chúng ta.

Với Cấp sao tuyệt đối, giờ đây chúng ta có thể so sánh "độ sáng thực" của hai ngôi sao, hoặc tương đương với nó, công suất hoặc độ sáng của nó.

Mỗi quan hệ toán học giữa m và M là:

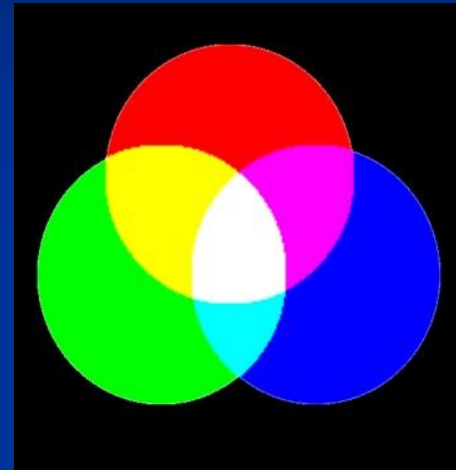
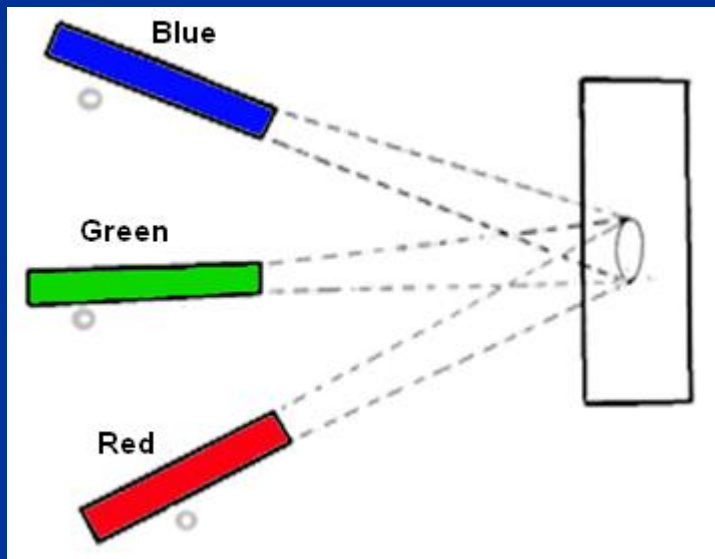
$$M = m + 5 - 5 \log d$$

trong đó d là khoảng cách thực đến ngôi sao.



Activity 3: stellar colors

Hoạt động 3: màu sao

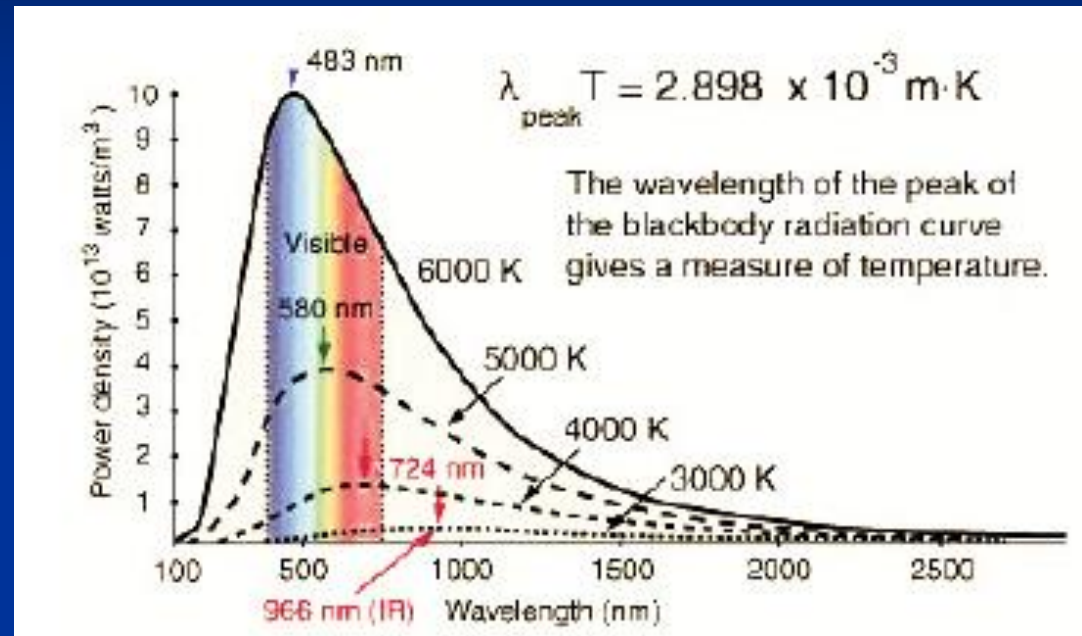
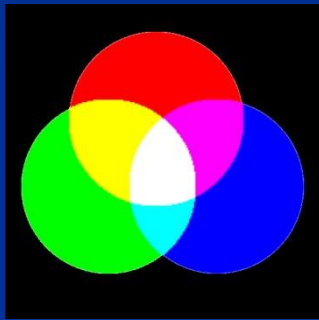
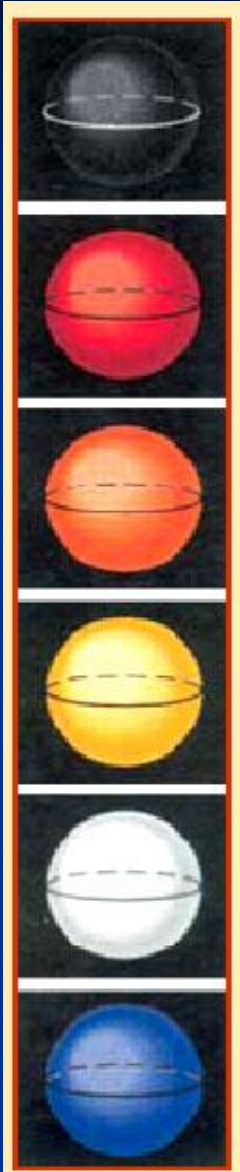


Activity 3: Stellar colours

Hoạt động 3: màu sao

The stars show different colors according to their temperature

Các ngôi sao hiển thị màu sắc khác nhau tùy theo nhiệt độ của chúng



Intermediate temperature stars present maximum emission in green light, but they also emit a lot of red and blue light, the result is an average of the visible wavelengths and the sum of all the colors of the spectrum is white.

Các ngôi sao có nhiệt độ trung bình có mức phát xạ cực đại dưới ánh sáng xanh lục, nhưng chúng cũng phát ra nhiều ánh sáng đỏ và xanh lam, kết quả là trung bình của các bước sóng nhìn thấy và kết hợp của tất cả các màu của quang phổ là màu trắng.

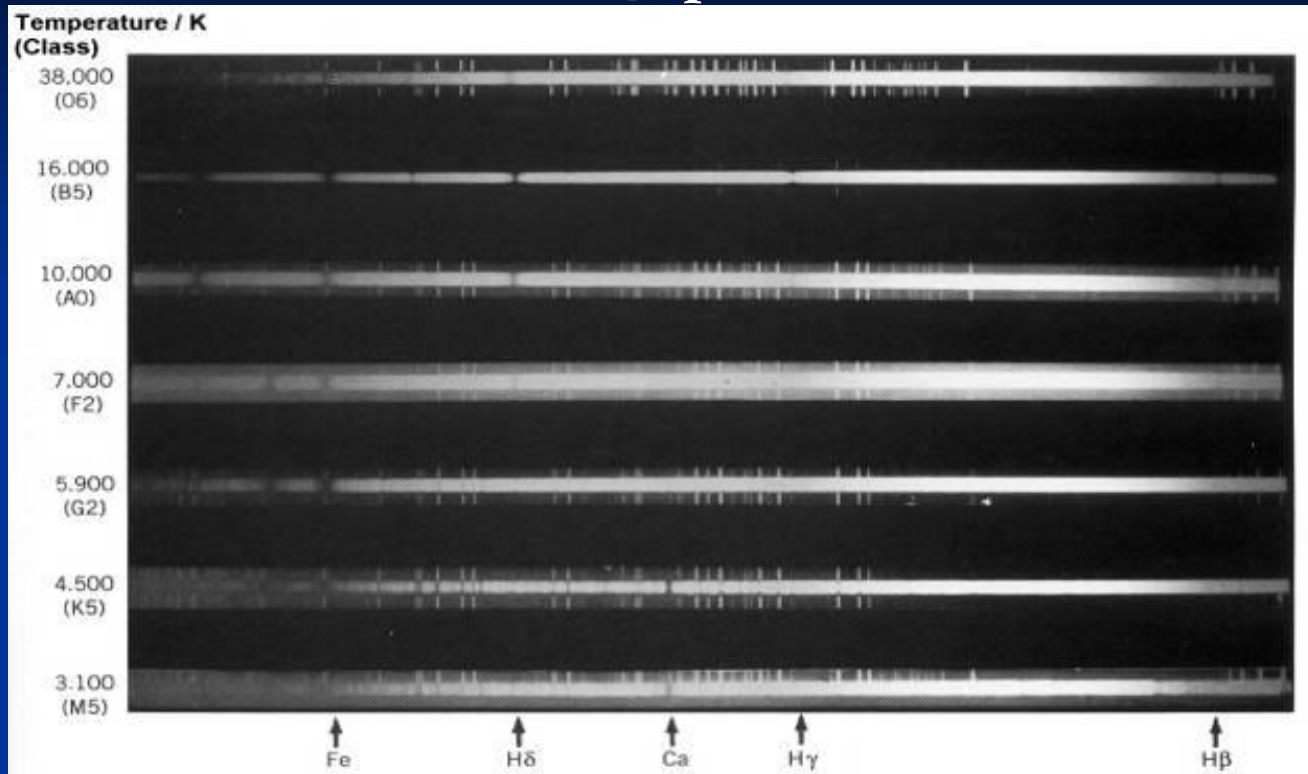
That is why there are no green stars!

Đó là lý do tại sao không có những ngôi sao xanh!



Spectral classes

Loại phổ



Relationship between spectral classification, temperature and color of stars.
Phân loại phổ, nhiệt độ và màu sắc của các ngôi sao.

Hertzsprung-Russell Diagram

Biểu đồ Hertzsprung-Russell

The stars can be represented in an empirical diagram using their surface temperature (or spectral type) in function of their brightness (or absolute magnitude).

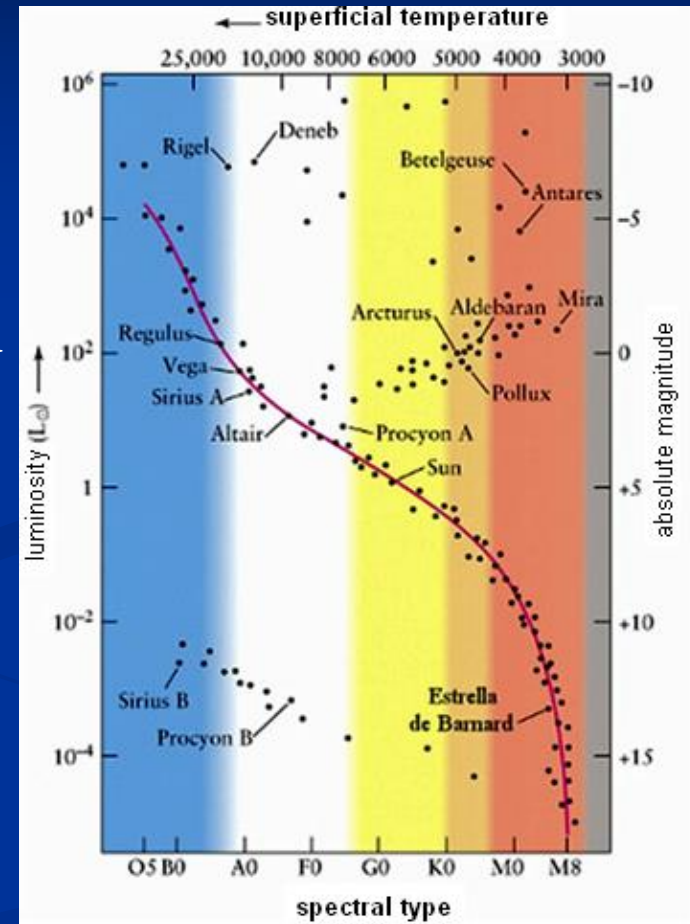
In general, the stars occupy certain regions of the diagram.

The star position helps you to know the type of star and its evolutionary stage.

Các ngôi sao có thể được biểu diễn trong một biểu đồ thực nghiệm bằng cách sử dụng nhiệt độ bề mặt của chúng (hoặc loại quang phổ) theo hàm của độ sáng (hoặc cấp sao tuyệt đối) của chúng.

Nói chung, các ngôi sao chiếm một số vùng nhất định của biểu đồ.

Vị trí ngôi sao giúp bạn biết loại sao và giai đoạn tiến hóa của nó.

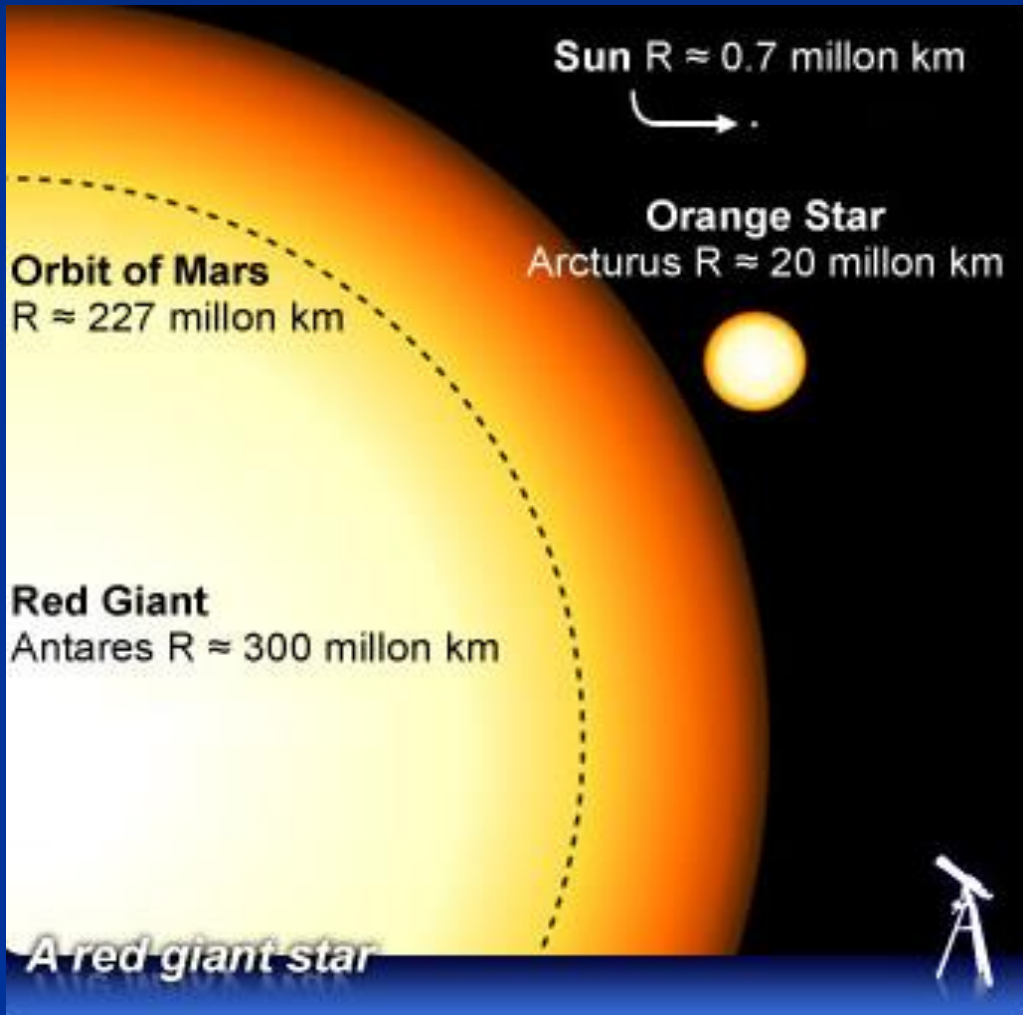


Stellar Evolution

Formation of a Red Giant

Sự tiến hóa của sao

Sự hình thành của một sao khổng lồ đỏ



The stars evolve in different ways depending on their mass.

Các ngôi sao tiến hóa theo nhiều cách khác nhau tùy thuộc vào khối lượng của chúng.



Stellar Evolution
Formation of the White Dwarf
Sự tiến hóa của sao
Sự hình thành của Sao Lùn trắng



A star of low or intermediate mass such as the Sun, evolves into a white dwarf. This is a form of non-catastrophic stellar death.

Một ngôi sao có khối lượng thấp hoặc trung bình như Mặt trời, tiến hóa thành sao lùn trắng. Đây là một dạng sao chết không thảm khốc.



Helix Nebula

Tinh vân Xoắn ốc



The central object, small and white is a white dwarf, a dead star, which no longer produces energy by fusion and is visible only due to its very high temperature.

Vật thể trung tâm, nhỏ và trắng là một ngôi sao lùn trắng, một ngôi sao chết, không còn tạo ra năng lượng bằng phản ứng nhiệt hạch và chỉ có thể nhìn thấy được do nhiệt độ rất cao của nó.

Cat's Eye Nebula Tinh vân mắt mèo



The Cat's Eye Nebula is a planetary nebula of great beauty. Here you can see the photo in the visible region (left, Hubble Space Telescope) and X-rays (right, Chandra telescope).

Tinh vân Mắt mèo là một tinh vân hành tinh có vẻ đẹp tuyệt vời. Ở đây bạn có thể xem ảnh của nó trong vùng khả kiến (bên trái, Kính viễn vọng Không gian Hubble) và tia X (bên phải, kính thiên văn Chandra).



Activity 4: The age of the open clusters

Hoạt động 4: Tuổi của các cụm mở

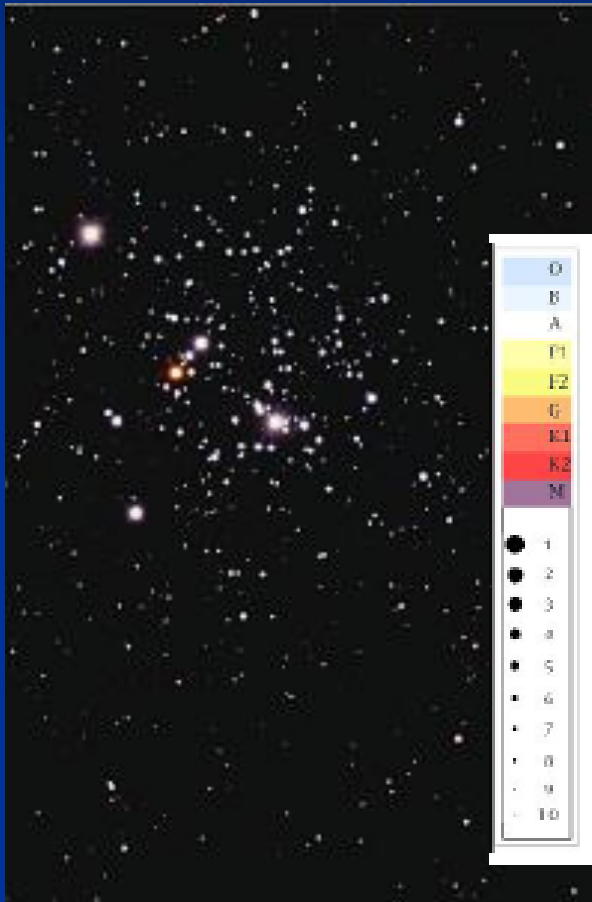
You can determine the age of a stellar cluster by comparing the HR diagram with other diagrams of clusters whose ages are known.

Bạn có thể xác định tuổi của một cụm sao bằng cách so sánh biểu đồ HR của cụm với các sơ đồ khác của các cụm có tuổi đã biết.



Activity 4: The age of the open clusters

Hoạt động 4: Tuổi của các cụm mở



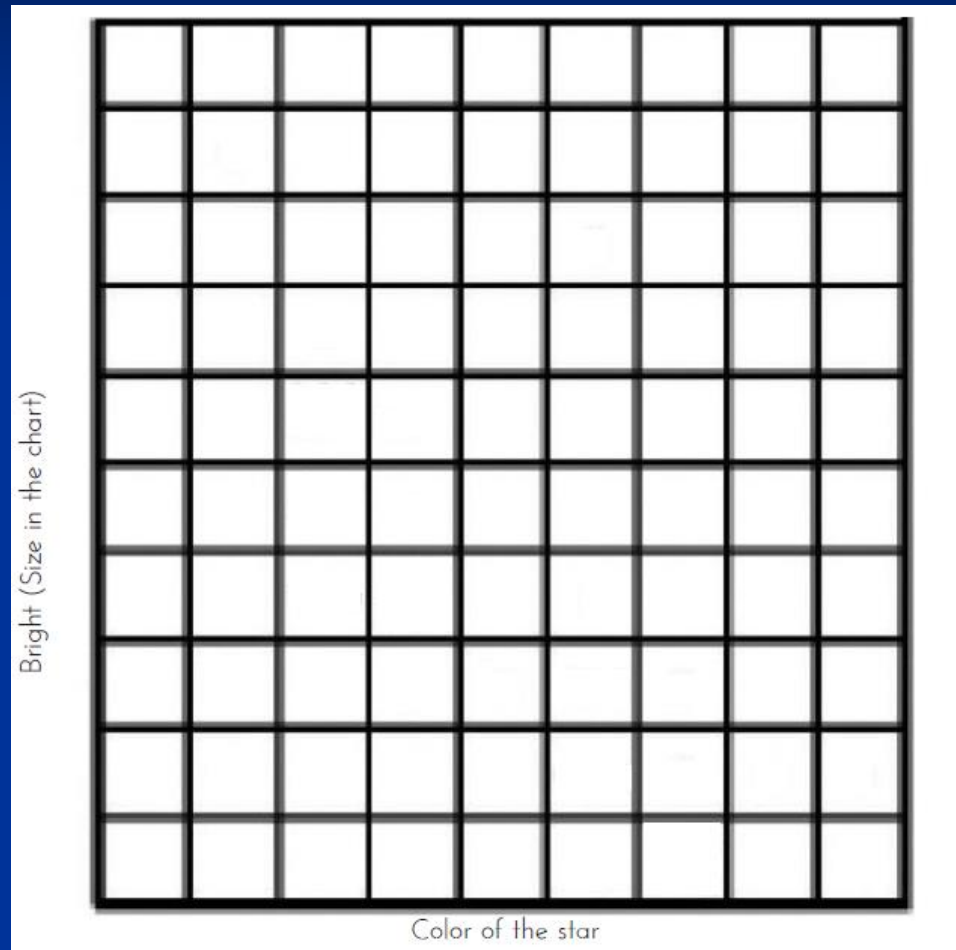
Kappa Crucis

- Draw a square of 4 cm of side centred on the cluster.
- Measure the brightness of the chosen star by comparing it with the points in the guide.
- Estimate the colour of the chosen star using the colour guide for comparison.
- Vẽ một hình vuông cạnh 4 cm có tâm trên cụm.
- Đo độ sáng của ngôi sao đã chọn bằng cách so sánh nó với các điểm trong hướng dẫn.
- Ước tính màu của ngôi sao đã chọn bằng cách sử dụng hướng dẫn màu để so sánh.

Activity 4: The age of the open clusters

Hoạt động 4: Tuổi của các cụm mở

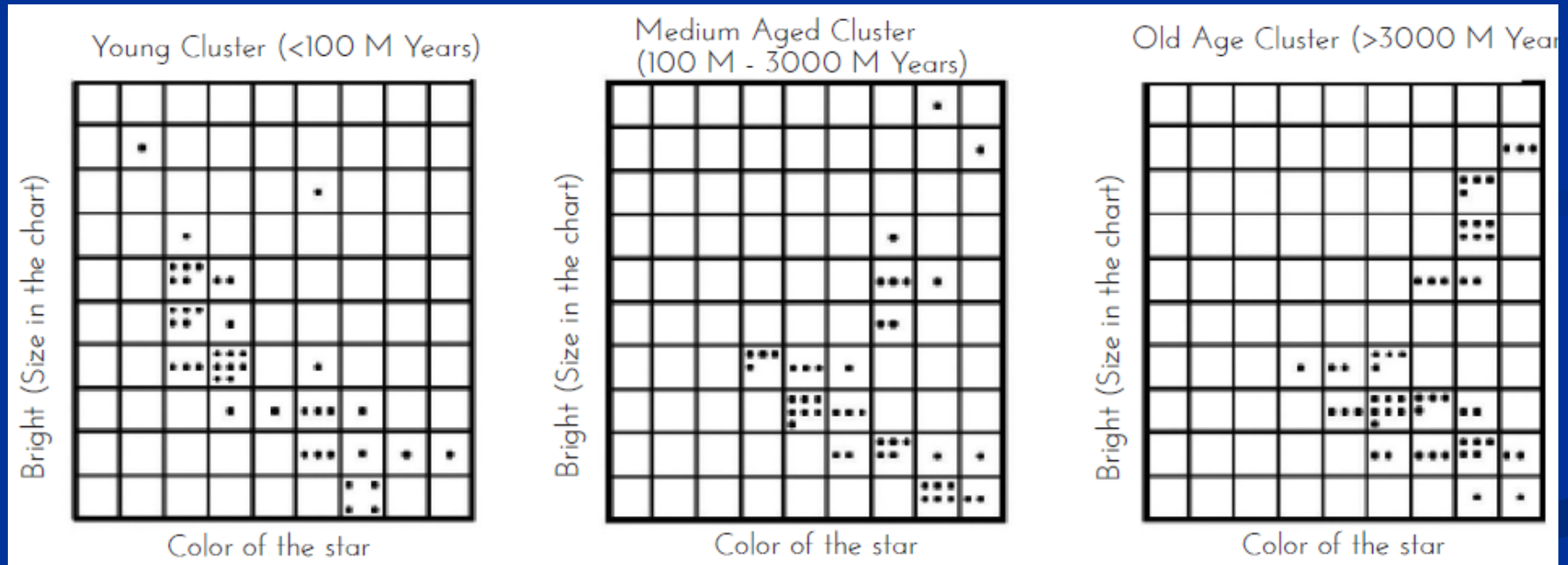
- Locate that star in the grid on the right.
- Repeat with other stars.
- Xác định vị trí ngôi sao đó trong lưới bên phải.
- Lặp lại với các ngôi sao khác.



Activity 4: The age of the open clusters

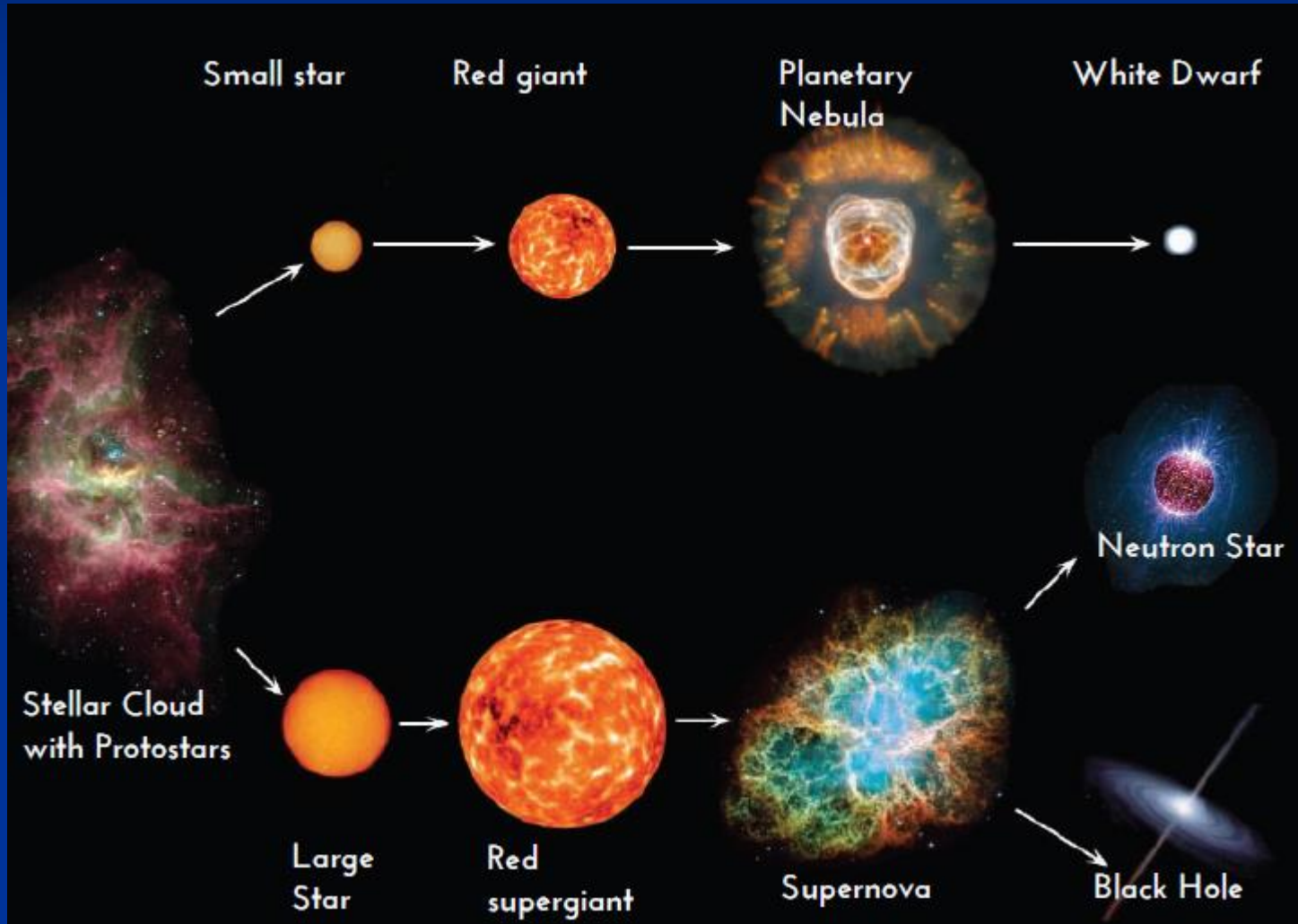
Hoạt động 4: Tuổi của các cụm mở

Compare your measured diagram with the ones below. How old is your cluster?
So sánh sơ đồ đo được của bạn với sơ đồ bên dưới. Cụm của bạn bao nhiêu tuổi?



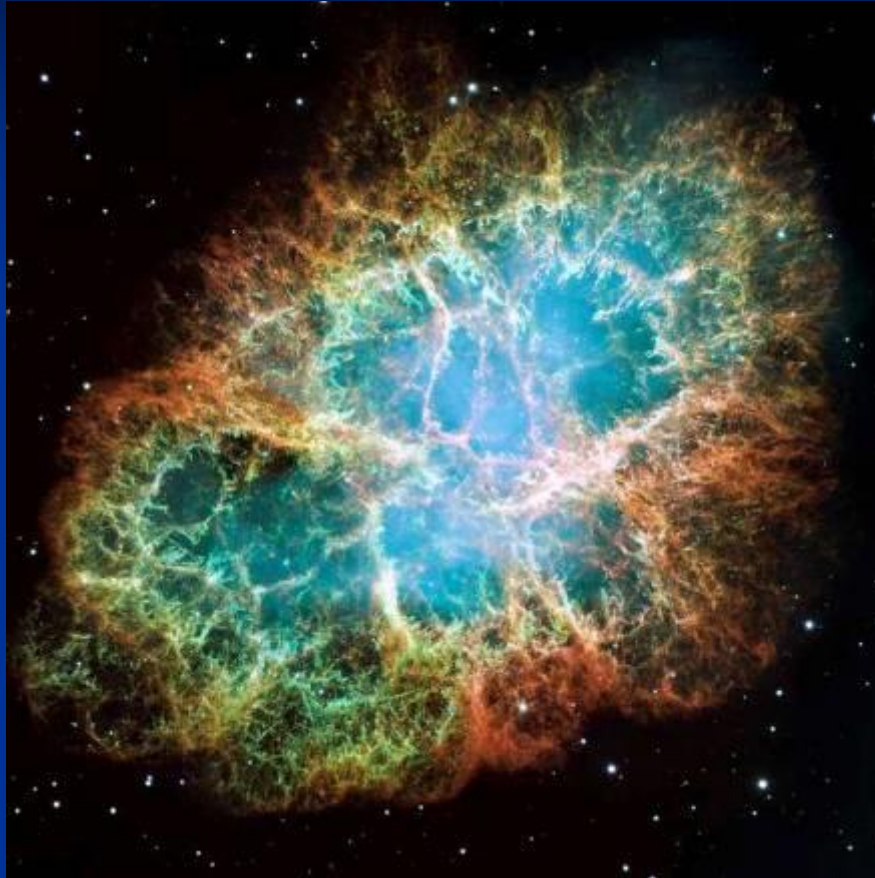
Relation between the mass and the death of the stars

Mối quan hệ giữa khối lượng và cái chết của các sao



The death of massive stars

Cái chết của những ngôi sao lớn



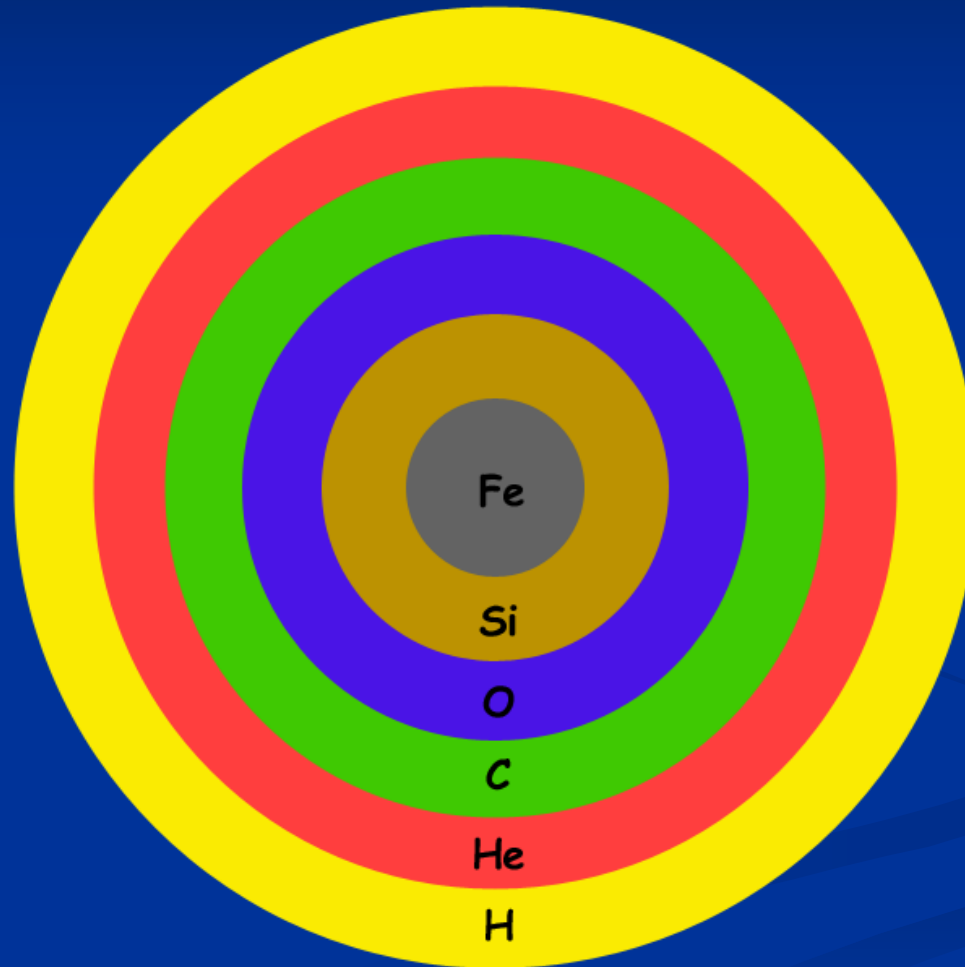
M1: The Crab Nebula in Taurus, is the remnant of the supernova observed in 1054 AD.

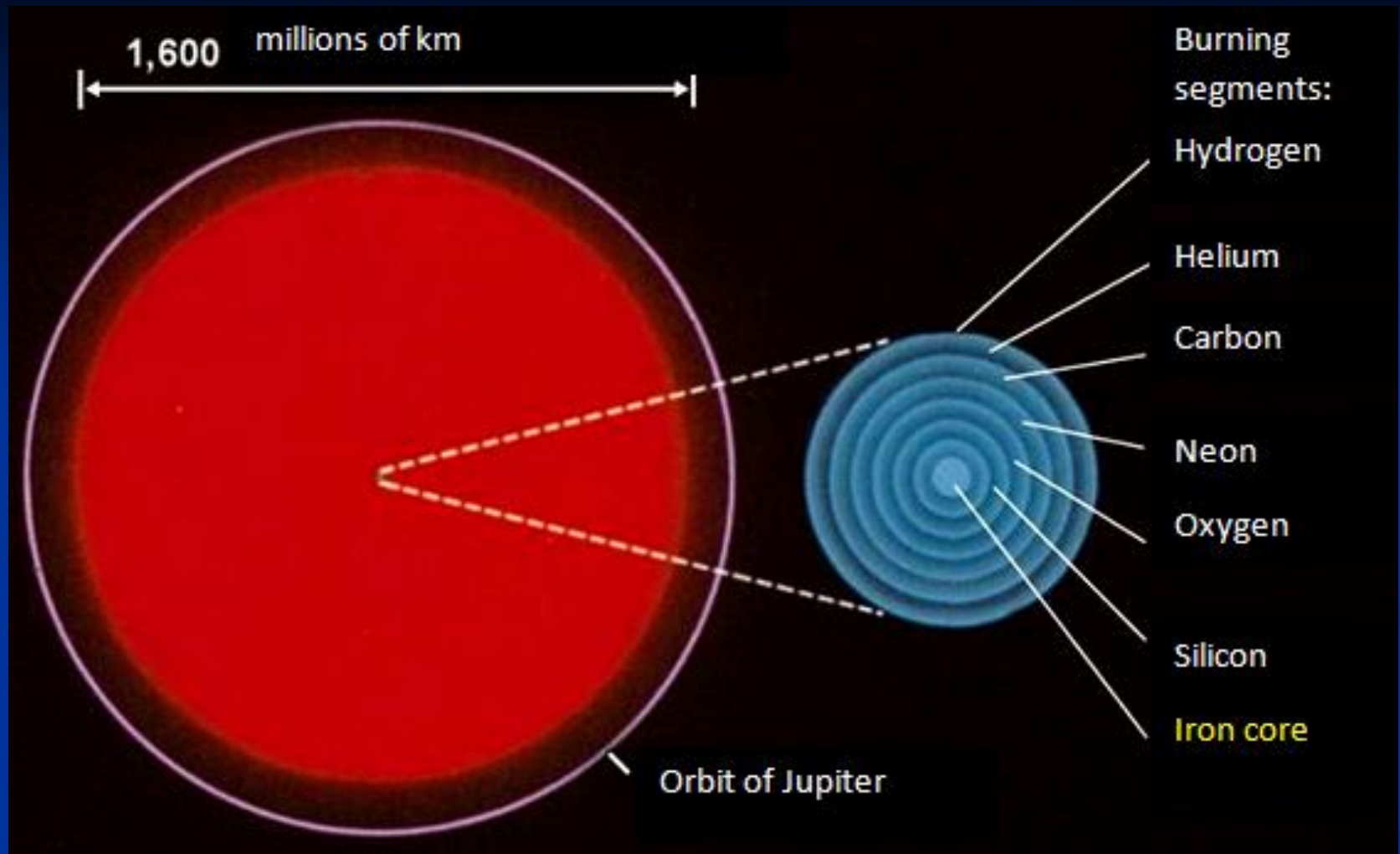
M1: Tinh vân Con Cua ở chòm Kim Ngưu, là tàn tích của siêu tân tinh được quan sát vào năm 1054 sau Công Nguyên.



Star ready to explode as a supernova

Ngôi sao sẵn sàng bùng nổ thành một siêu tân tinh





Characteristics of a star ready to explode as a supernova
Đặc điểm của một ngôi sao sẵn sàng phát nổ thành một
siêu tân tinh



A star of 20 solar masses lasts:

- 10 million years fusing hydrogen into helium inside its core (main sequence)
- 1 million years burning (fusing) helium
- 300 years burning (fusing) carbon
- 200 days burning (fusing) oxygen
- 2 days in consuming silicon: then the explosion of the supernova is imminent.

Một ngôi sao có khối lượng 20 lần khối mặt trời tồn tại:

10 triệu năm tổng hợp hydro thành heli
bên trong lõi của nó (dải chính)

1 triệu năm đốt (tổng hợp) heli

300 năm đốt (tổng hợp) carbon

200 ngày đốt (tổng hợp) oxy

2 ngày tiêu thụ silicon: sau đó sự bùng nổ của
siêu tân tinh sẽ xảy ra.



Supernova 1987A Siêu tân tinh 1987A



The supernova 1987A was observed in 1987 in the Large Magellanic Cloud. The cloud is at 168,000 l.y. The light need 168,000 years to reach the Earth.

Siêu tân tinh 1987A được quan sát vào năm 1987 trong Đám mây Magellan Lớn. Đám mây cách 168.000 n.a. Ánh sáng từ đó cần 168.000 năm để đến được Trái đất.

Supernova 1987A 10 years later Siêu tân tinh 1987A 10 năm sau



The material ejected after the explosion moves away at high speed away from the star.

This photo of SN 1987A was taken by the Hubble Space Telescope in 1997.

Vật chất bị đẩy ra sau vụ nổ di chuyển ra xa ngôi sao với tốc độ cao.
Bức ảnh SN 1987A này được chụp bởi Kính viễn vọng Không gian Hubble vào năm 1997.



Examples of supernovae in a distant galaxy. On average, in each galaxy, one supernova forms per century.

In the Milky Way, there have been no detections of supernovae over the last 400 years.

Ví dụ về siêu tân tinh trong một thiên hà xa xôi. Trung bình, trong mỗi thiên hà, một siêu tân tinh được hình thành mỗi thế kỷ.

Trong Dải Ngân hà, không có phát hiện nào về siêu tân tinh trong suốt 400 năm qua.

Activity 5: Simulation of the supernova explosion

Hoạt động 5: Mô phỏng vụ nổ siêu tân tinh

When a star explodes as a supernova, the light atoms of the outer layers fall into the inner heavier atoms. They then bounce off the solid core.

Khi một ngôi sao phát nổ thành một siêu tân tinh, các nguyên tử nhẹ của các lớp bên ngoài rơi vào các nguyên tử nặng hơn bên trong. Sau đó chúng bật ra khỏi lõi rắn.



In this model, the floor represents the solid core of a neutron star. The basketball would be a heavy bouncing atom, which pushes the light atom that comes from above, represented by the tennis ball.

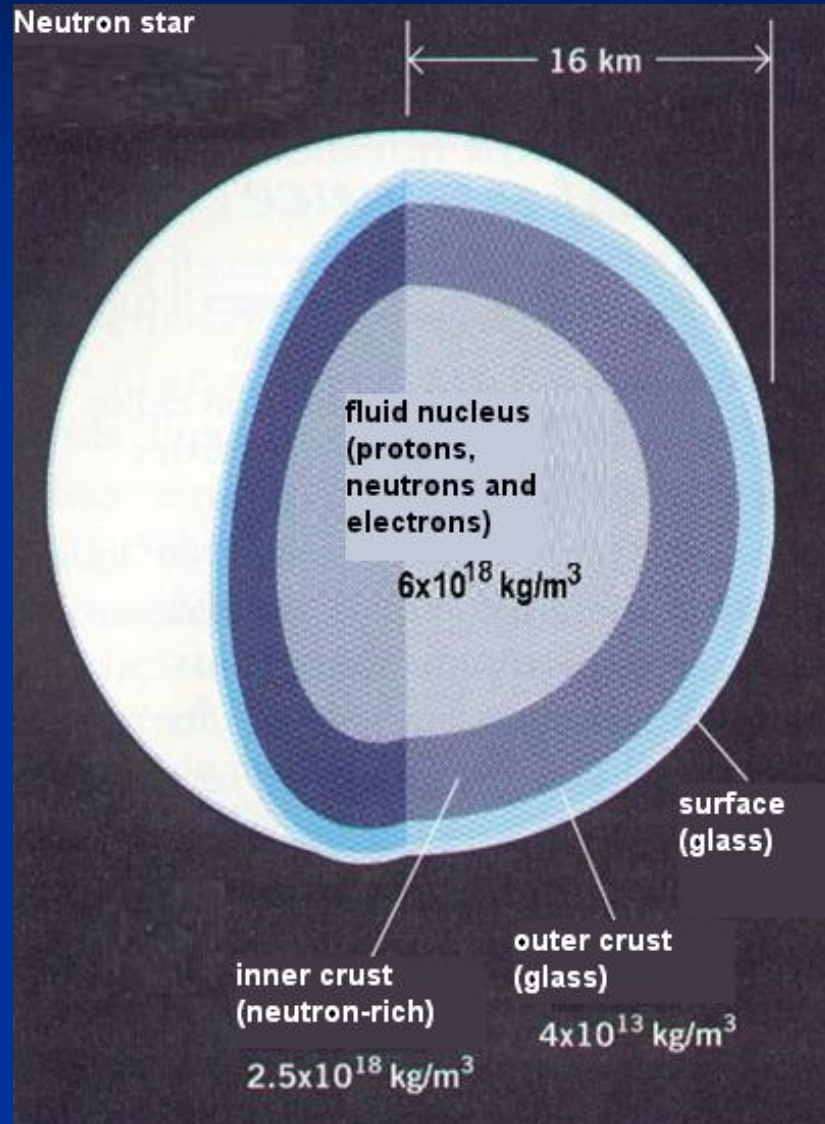
Trong mô hình này, sàn đại diện cho lõi rắn của một ngôi sao neutron. Quả bóng rổ sẽ là một nguyên tử nảy nặng, đẩy nguyên tử nhẹ đi từ phía trên, được biểu thị bằng quả bóng tennis.



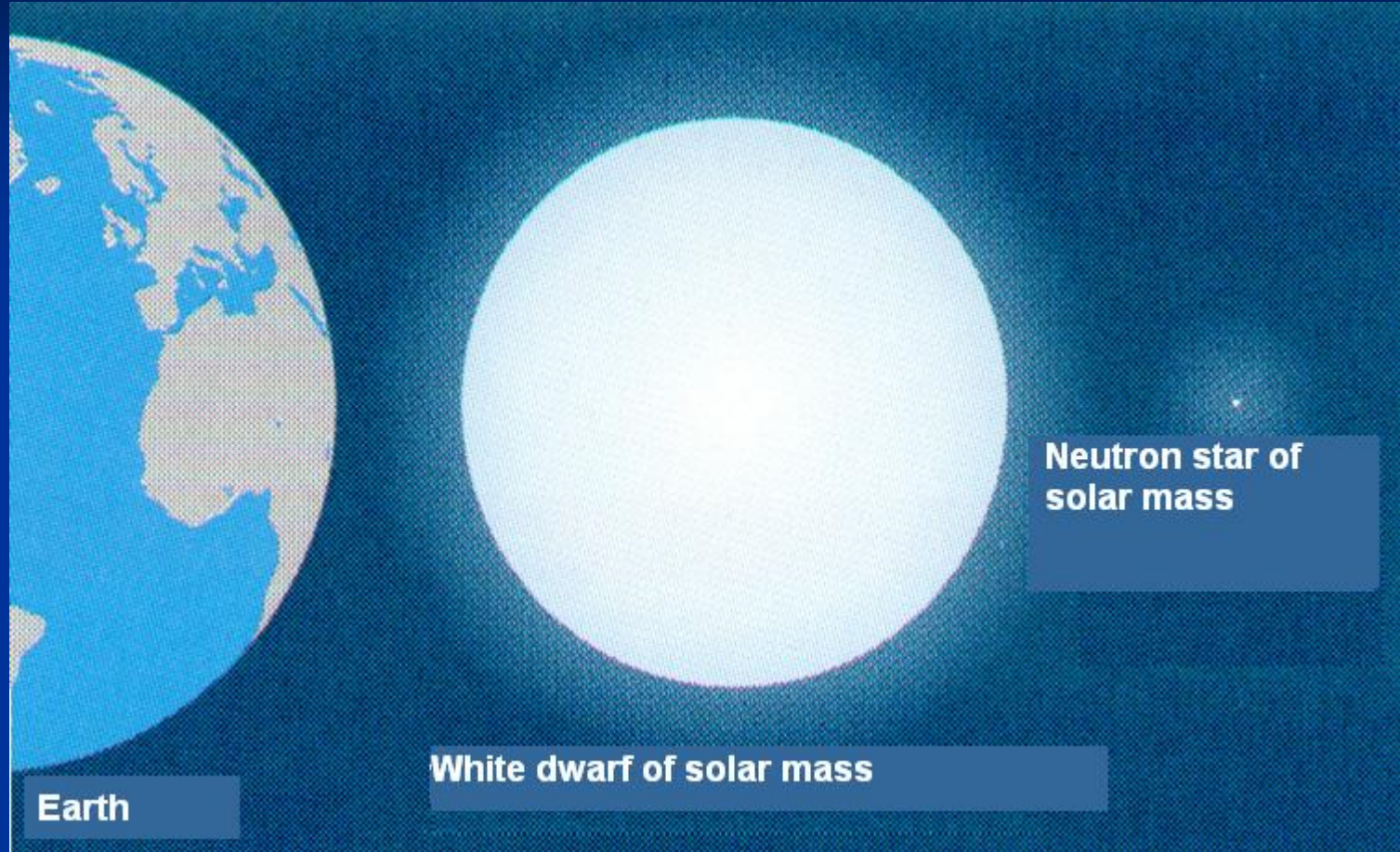
Neutron Stars Sao neutron

Another form of stellar death is the neutron stars or the pulsars

Một dạng sao chết khác là sao neutron hoặc sao xung



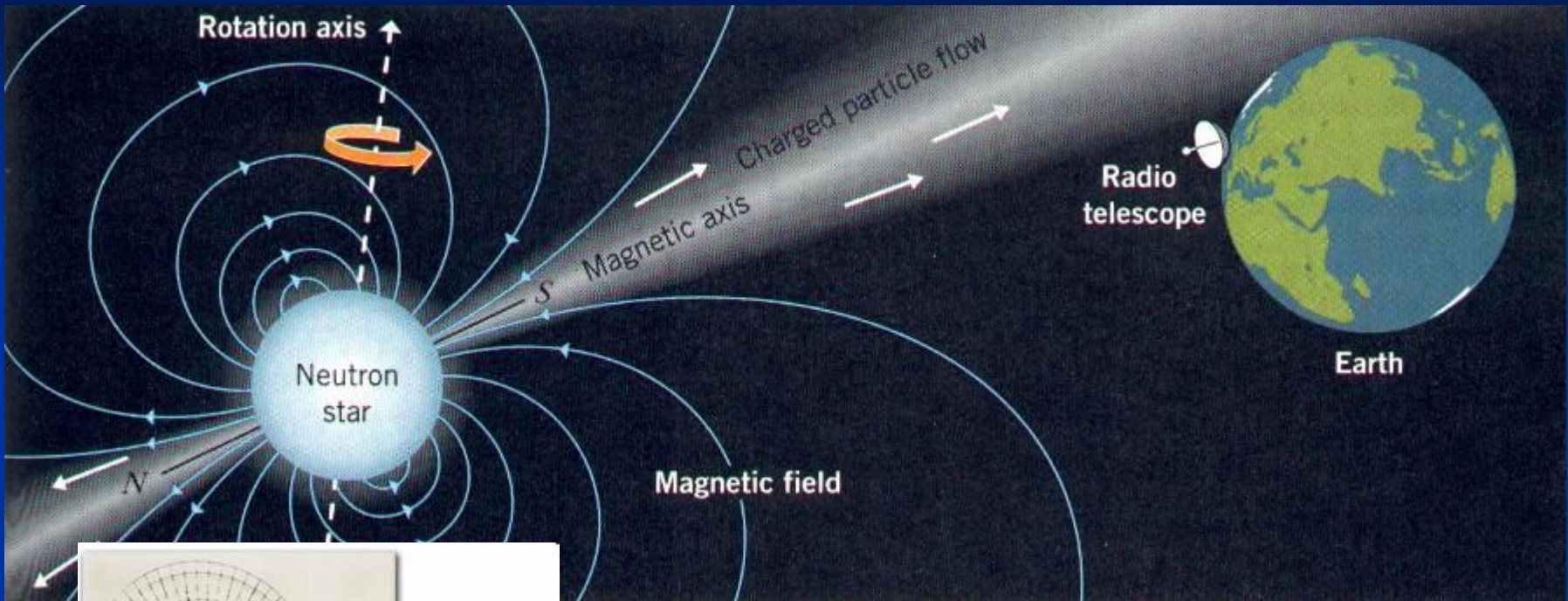
Neutron Stars Sao neutron



Size Comparison
So sánh kích thước



Pulsars Sao xung



How the radiation emitted by a pulsar is seen from the Earth.

Jocelyn Bell Burnell, the discoverer of pulsars in 1967.

Làm thế nào bức xạ phát ra bởi một sao xung được nhìn thấy từ Trái đất.

Jocelyn Bell Burnell, người phát hiện ra sao xung vào năm 1967.

Activity 6: Simulation of a pulsar

Hoạt động 6: Mô phỏng một sao xung

A pulsar is a neutron star, very massive and rotating rapidly. It emits radiation but the source is not fully aligned with the axis of rotation, so that the emission spins as a lighthouse.

If the beam is oriented towards the Earth, we see a variable radiation that repeats several times per second.

Sao xung là một ngôi sao neutron, rất lớn và quay nhanh. Nó phát ra bức xạ nhưng nguồn không hoàn toàn thẳng hàng với trục quay, do đó bức xạ quay như một ngọn hải đăng.

Nếu hướng chùm tia về phía Trái đất, chúng ta thấy một bức xạ biến thiên lặp lại vài lần trong một giây.



Mounting



Turning



3rd form of stellar death: Black Holes

Dạng chết sao thứ 3: Hố đen

John Mitchell and Simon Laplace proposed the possibility of the gravitational collapse of supermassive objects at the end of their life.

They called these objects black holes, being invisible in the optical range, since their gravitational force is so big that nothing can escape from them, not even the light.

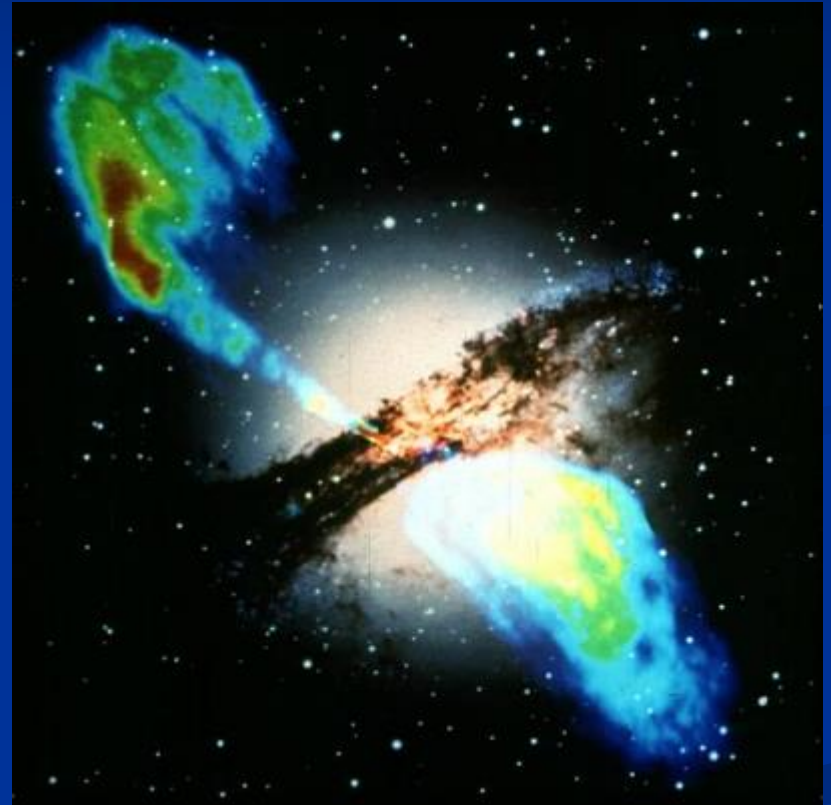
John Mitchell và Simon Laplace đã đề xuất khả năng xảy ra sự suy sụp hấp dẫn của các vật thể siêu khối lượng vào cuối cuộc đời của chúng.

Họ gọi những vật thể này là lỗ đen, là vật thể vô hình trong phạm vi quang học, vì lực hấp dẫn của chúng lớn đến nỗi không gì có thể thoát ra khỏi, kể cả ánh sáng.



Stellar Evolution: Black Holes

Tiến hóa sao: Lỗ đen



There are supermassive black holes at the centres of galaxies

Có những lỗ đen siêu lớn ở trung tâm của các thiên hà

Activity 7: Simulation of the curvature of space and of a black hole

Hoạt động 7: Mô phỏng độ cong của không gian và của lỗ đen

It is possible to simulate the curvature of space created by a black hole using a piece of elastic fabric (Lycra) and a water balloon.

Có thể mô phỏng độ cong của không gian do lỗ đen tạo ra bằng cách sử dụng một mảnh vải đàn hồi (Lycra) và một quả bóng nước.



The path of the tennis ball is not in a straight line but a curve.

Đường đi của quả bóng tennis không phải là một đường thẳng mà là một đường cong.

Activity 7: Simulation of the curvature of space and of a black hole Hoạt động 7: Mô phỏng độ cong của không gian và của lỗ đen

An elastic net sold in pharmacies can be also used.

If we loosen the elastic net, the well is greater and it simulates a black hole.

Cũng có thể sử dụng lưới đàn hồi bán ở các hiệu thuốc.

Nếu chúng ta nới lỏng lưới đàn hồi, giếng sẽ lớn hơn và nó mô phỏng một lỗ đen.



Thank you very much
for your attention!

Xin cảm ơn sự chú ý lắng nghe
của các thầy cô!