

별의 일생

**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



목표

- 겉보기 등급과 절대등급의 차이를 이해한다.
- 헤르츠스푸룽-러셀 다이어그램을 이해한다.
(색-등급도)
- 초신성, 중성자별, 블랙홀과 펄사 개념을 이해한다.

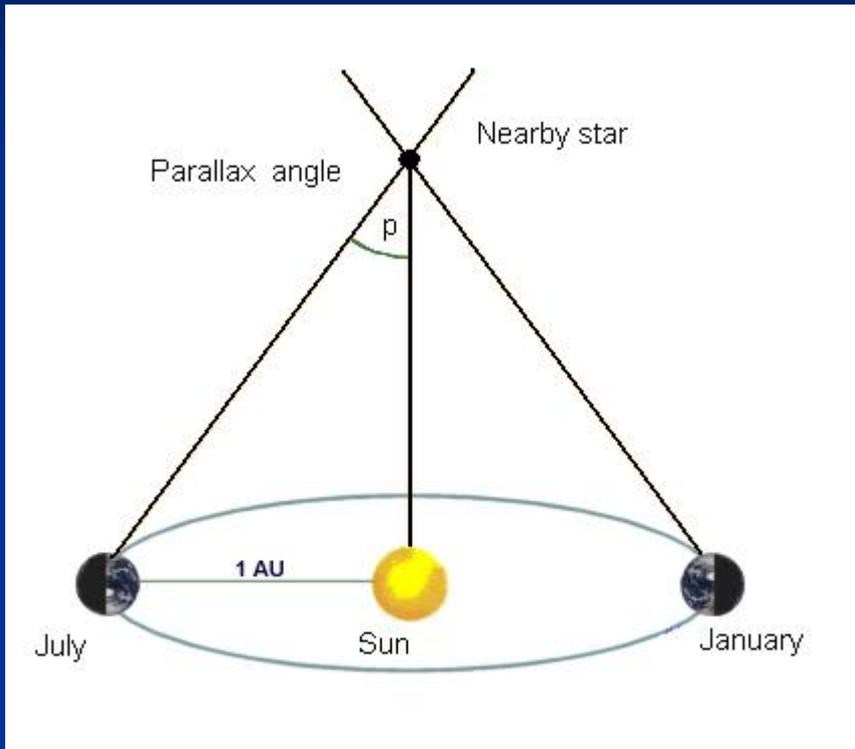


활동 1: 시차 흉내내기



- 팔을 뻗은 상태에서 엄지손가락을 들어올린다.
- 오른쪽 눈을 감고 왼쪽 눈으로만 보고, 다시 왼쪽 눈을 감고 오른쪽 눈으로만 본다. 어떻게 보이는가?
- 이제 손가락을 코 가까이로 반 정도 움직인 다음에 다시 관찰한다. 무엇이 보이는가?

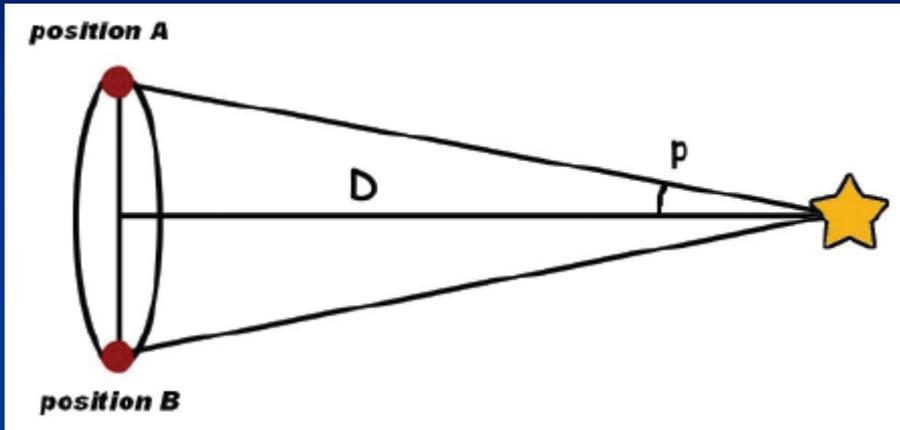
시차



Source: Columbia University.

- 물체의 위치가 다른 위치에 있는 것처럼 보이는 차이가 차이가 시차다.
- 밤하늘의 가까운 별은 지구에서 볼때 6개월 간격으로 위치가 바뀐다.
- 이 방법으로 가까이 있는 별의 거리를 측정할 수 있다.

시차



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

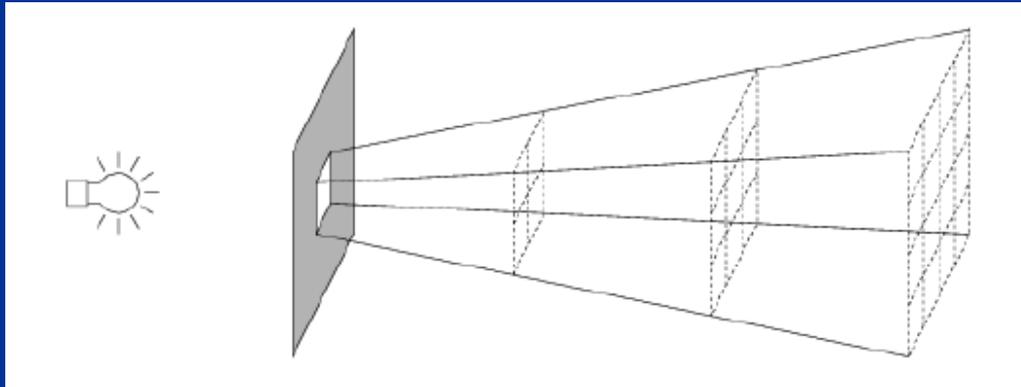
$$D \cong \frac{150\,000\,000}{2\pi/(360^\circ \times 60 \times 60)} = 30\,939\,720\,937\,064 \text{ km} = 3.26 \text{ l.y.}$$

1 parsec = 3.26 light years

$$d = 1/p$$

활동 2: 역제곱 법칙

별은 모든 방향으로 복사를 방출한다. 거리 D 에서 단위 면적당 받는 별의 세기 (I) 는 별의 광도 L (power) 를 별이 중심에 있다고 생각했을 때 구의 표면적으로 나눈 것이다.



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

활동 2: 역제곱 법칙

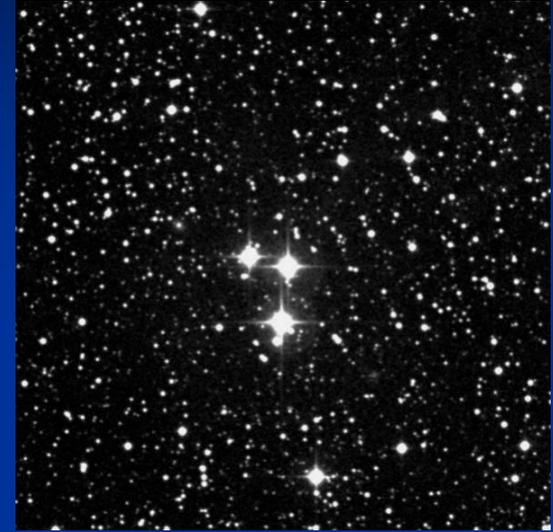
거리가 2배가 되면, 면적은 4배 커지고 단위 면적당 받는 빛의 세기는 4배 작아진다.

빛의 세기(I)는 광원까지 거리의 제곱에 반비례한다.



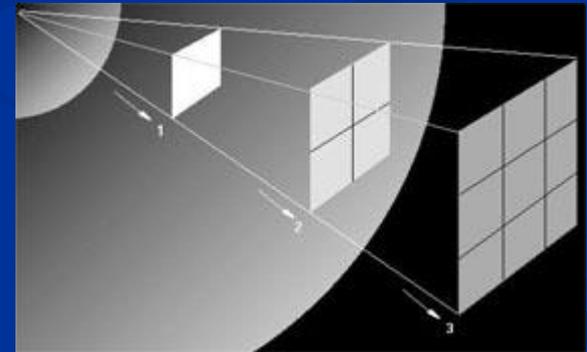
등급 시스템

별들은 밝기가 다 다르다.
여러분이 보는 가장 밝은 별은
가까이 있을 수 있거나 멀리
있어도 밝은 별일 수 있다.



밝기(Brightness)는 다음과 같이
정의된다 :

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



등급 시스템

히파르쿠스는 기원전 190년에 Nicaea (현재는 Iznik, Turkey) 에서 태어났다. 기원전 120년에 그리스 Rhodes에서 사망한 것으로 알려졌다.

기원전 125년경에 등급 시스템을 정의했다.



등급 시스템

히파르쿠스는 가장 밝은 별을 1st 등급이라 하고, 이보다 어두운 별을 2nd 등급이라고 하고 가장 어두운 별을 6th 등급이라 했다.

이 시스템을 약간 변형해서 오늘날에도 사용하고 있다: 등급값이 클수록 더 어두운 별

천문학자들이 등급이라고 하는 것은 별의 밝기를 나타낸다.



등급 시스템

1850년에 Robert Pogson 이 1에서 100까지의 밝기 비율은 정확히 5 등급 차이라고 제안했다.

오늘날 천문학자들이 사용하는 등급의 정식적인 정의다.



포그슨 공식

계산적인 관점에서, 로그스케일로 쓰는게 유용하다.:

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

예제:

- 시리우스, 하늘에서 가장 밝은 별로 등급은 -1.5
- 금성의 등급은 -4
- 달의 등급은 -13
- 태양의 등급은 -26.8



겉보기 등급과 절대 등급

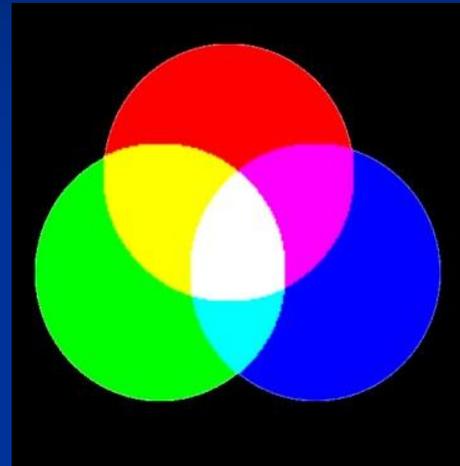
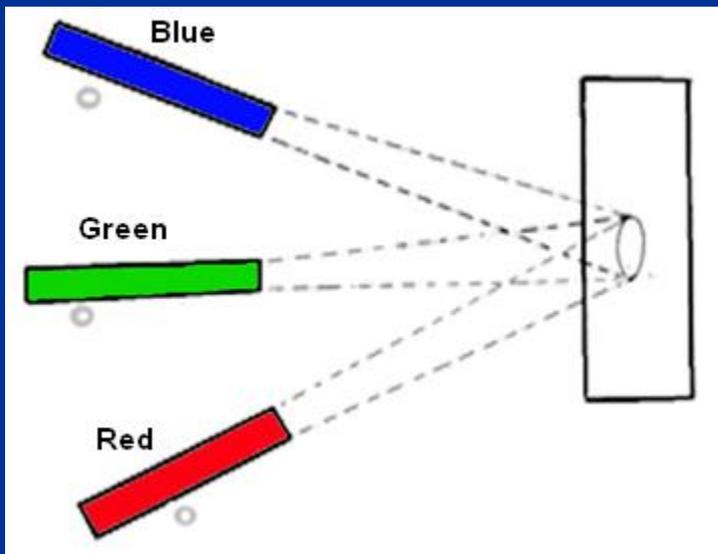
- 멀리 있으나 밝은 별은 가까이 있지만 어두운 별과 같은 겉보기 등급(m)일 수 있다.
- 천문학자들이 만든 절대 등급 (M)은, 별이 거리 10pc (32.6 광년) 에 있다고 가정할 때의 등급이다
- 절대 등급으로 두 별의 “실제 밝기”를 비교할 수 있다. 실제 밝기는 세기나 광도와 같은 개념이다.
- M 과 m 의 수학적 관계는:

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

여기서 d 는 별까지의 실제 거리다.

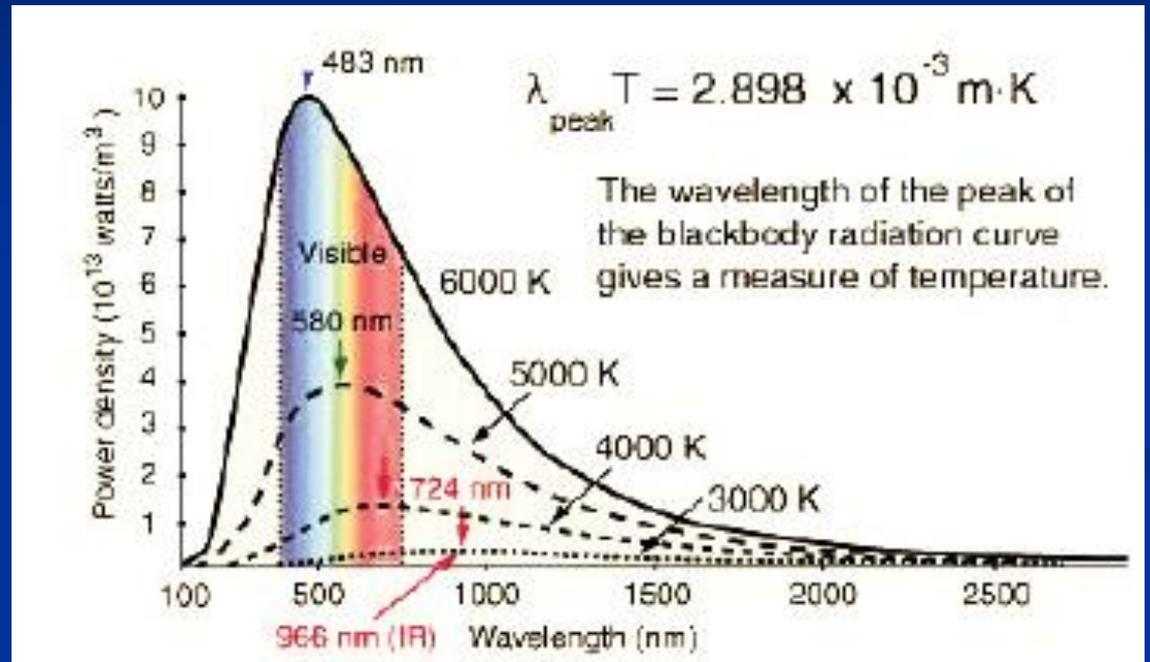
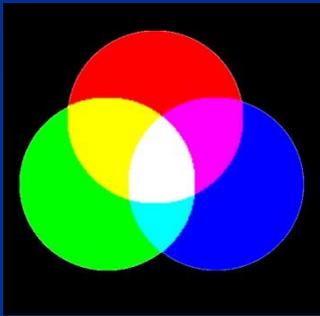


활동 3: 별의 색



활동 3: 별이 색

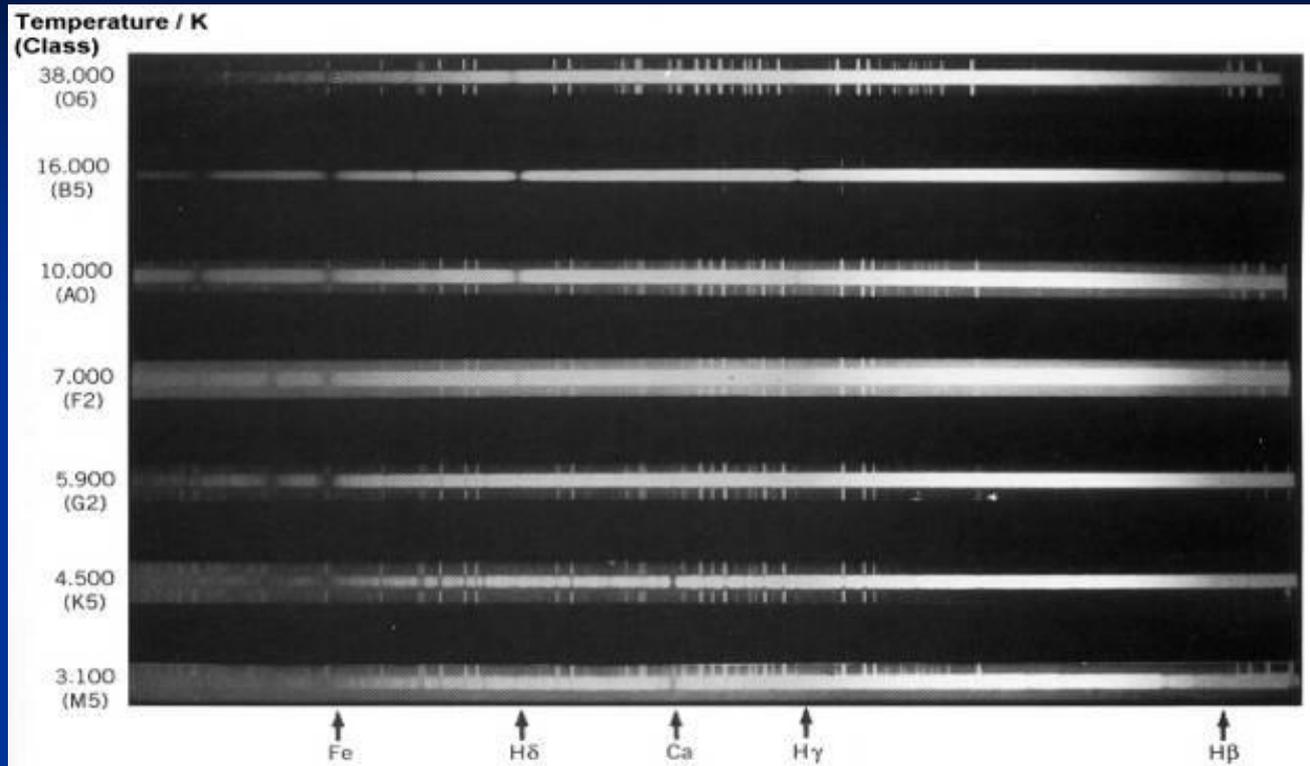
별은 표면온도에 따라 색이 다르다.



중간정도의 온도를 가진 별은 녹색에서 최대 밝기를 내지만, 붉은 빛과 푸른빛 또한 많이 낸다. 그래서, 모든 가시광선에서 내는 빛을 평균하니 하얗게 보인다.

그래서 초록색 별이 없다!

스펙트럼 분류



스펙트럼 분류사이의 관계, 별의 표면온도와 색

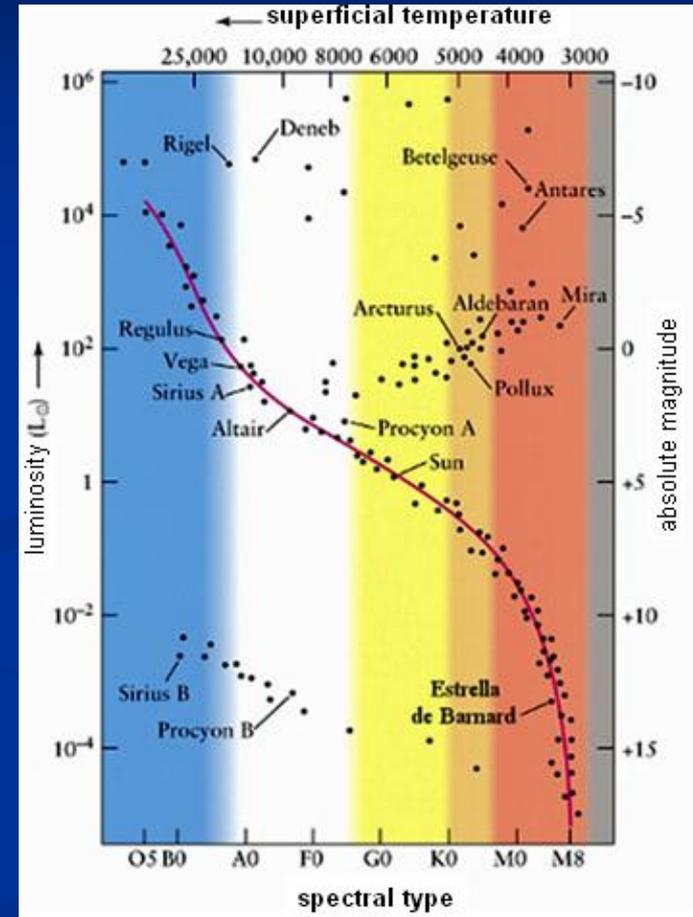


헤르츠스프룽-러셀 다이어그램

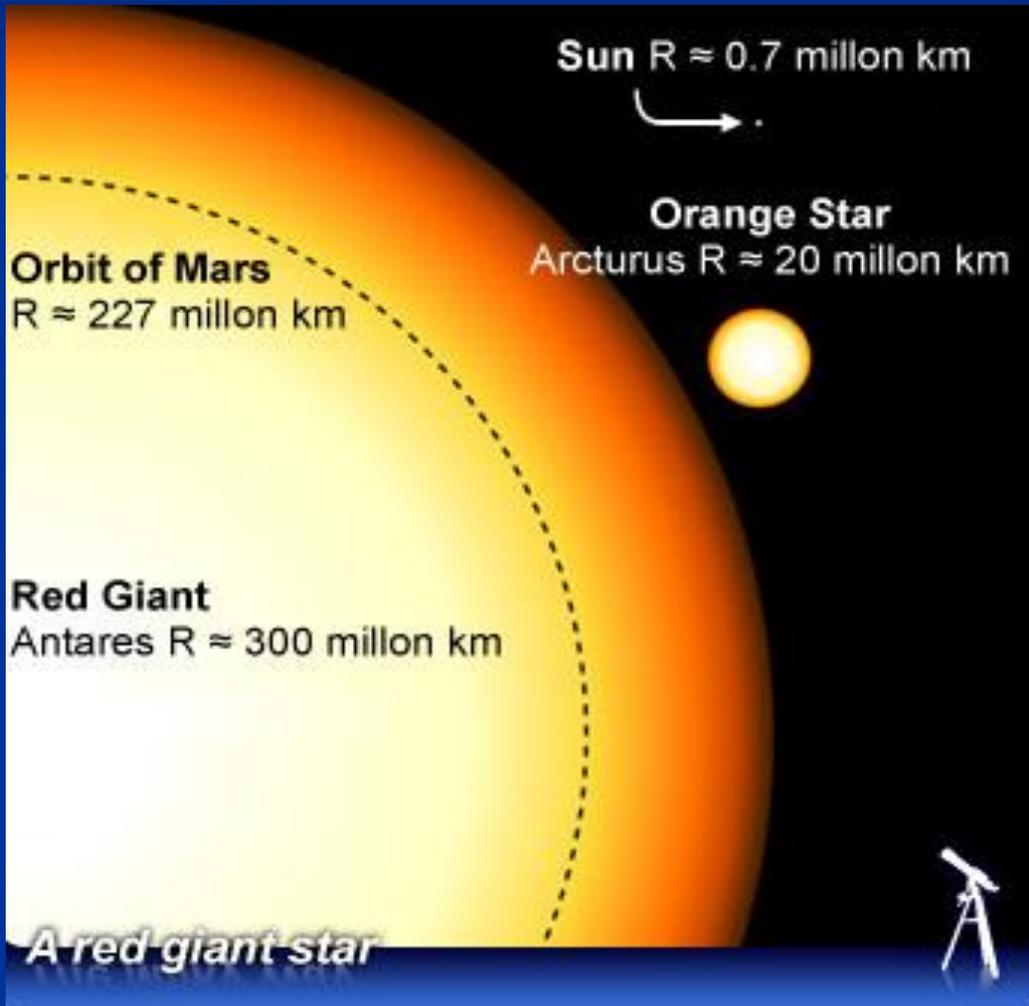
별의 표면 온도 (혹은 스펙트럼형)에 따른 밝기 (혹은 절대밝기) 분포를 관측적으로 다이어그램으로 나타낼 수 있다.

일반적으로 별들은 이 다이어그램에서 특정 영역에 표시된다.

별의 위치는 별의 분류와 항성진화를 아는데 도움이 된다.



항성진화 적생거성의 탄생



별은 질량에
따라 진화를
다르게 한다.

항성 진화 백색왜성의 탄생



질량이 작거나 중간정도 질량을 가진
태양같은 별은 백색왜성으로 진화한다.
격력하게 죽는 별은 아니다.



헤릭스(Helix) 성운



성운의 중심에는 작고 하얀색으로 빛나는 백색왜성이 있다. 이는 죽은 별로 핵융합을 더 이상 하지 않으며, 매우 높은 온도를 가지고 있기 때문에 빛날 뿐이다.



고양이눈 성운



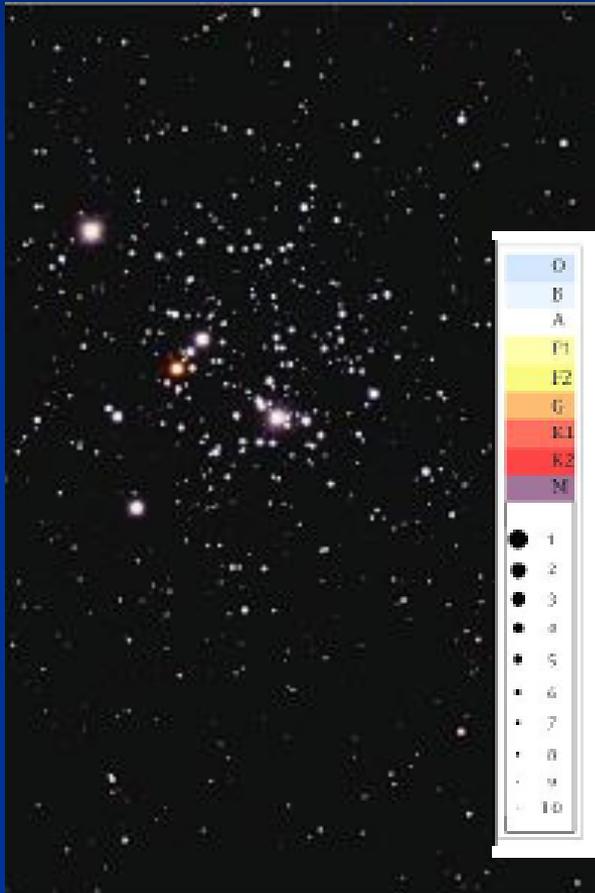
아름다운 고양이눈 성운은 행성상 성운이다.
왼쪽이 광학파장영역 (허블 망원경), 오른쪽이
X-ray 영역 (찬드라 망원경)

활동 4: 산개성단의 나이

나이를 알고 있는 성단을 HR도에서 비교하면 다른 성단의 나이를 결정할 수 있다.



활동 4: 산개성단의 나이



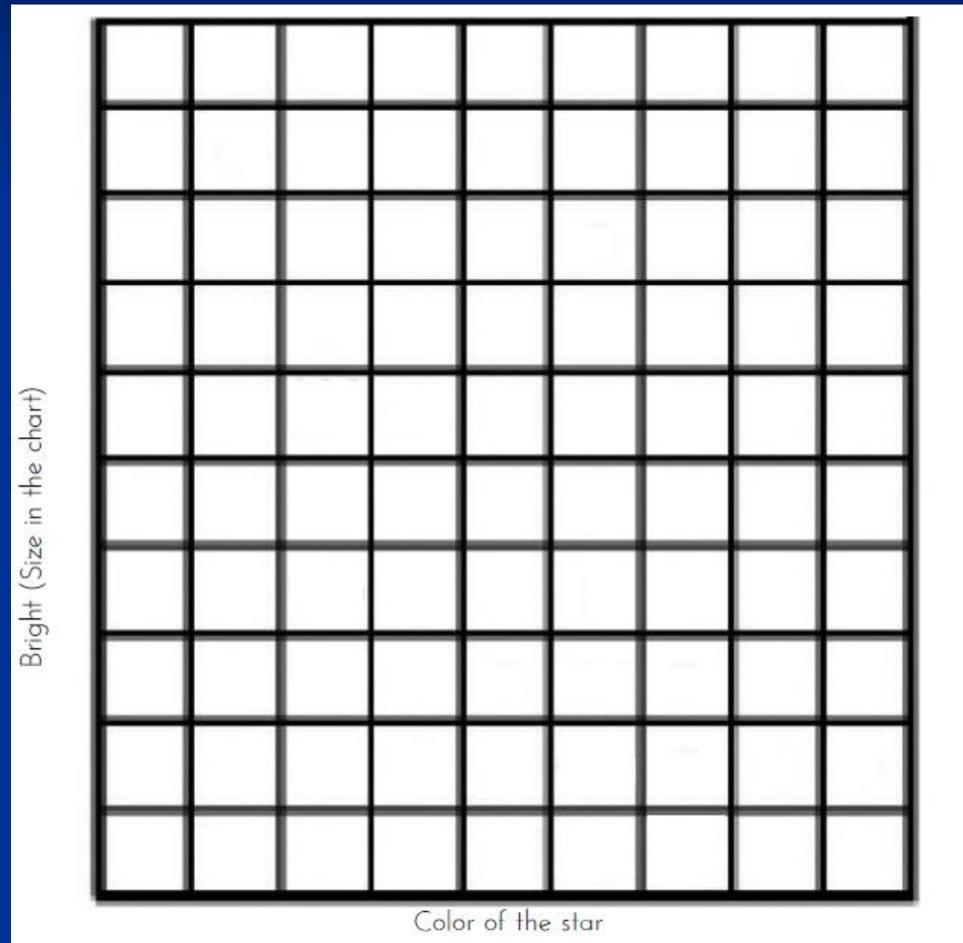
- Draw a square of 4 cm of side centred on the cluster.

- 측면의 정보를 이용하여 선택한 별의 밝기를 측정한다.

- 측면의 정보를 이용하여 선택한 별의 색을 측정한다.

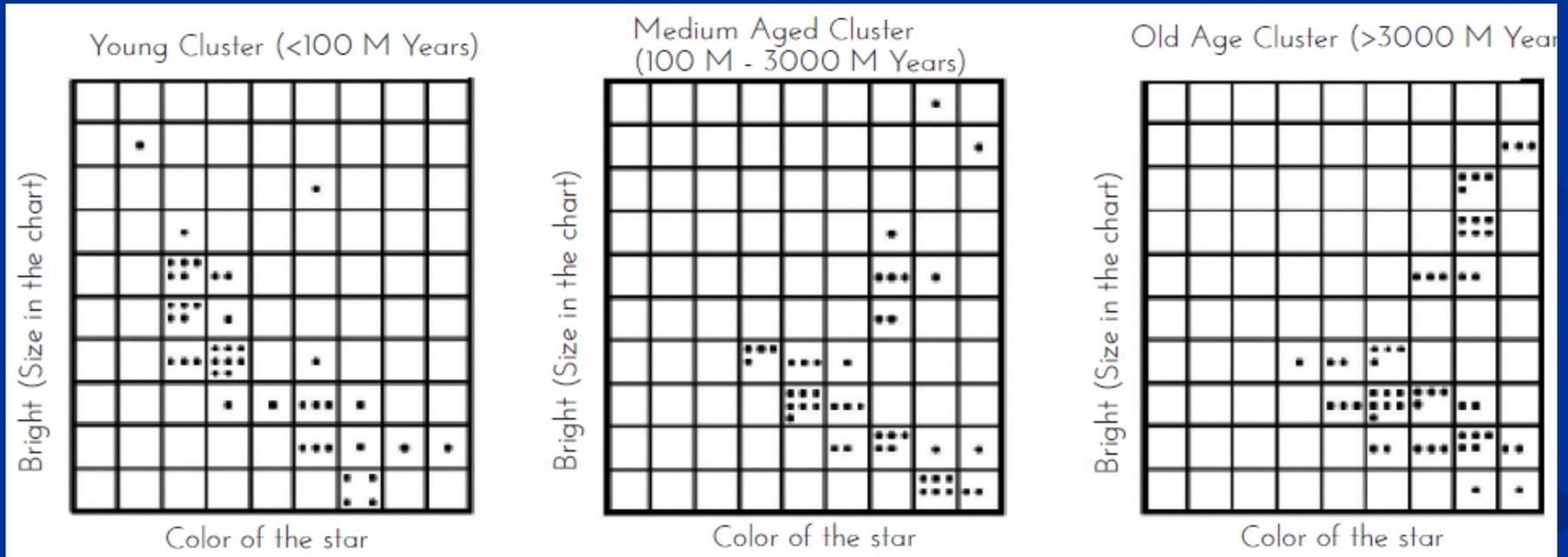
활동 4: 산개성단의 나이

- 오늘쪽 격자판에 별의 정보를 표시한다.
- 다른 별에 대해서도 한다.

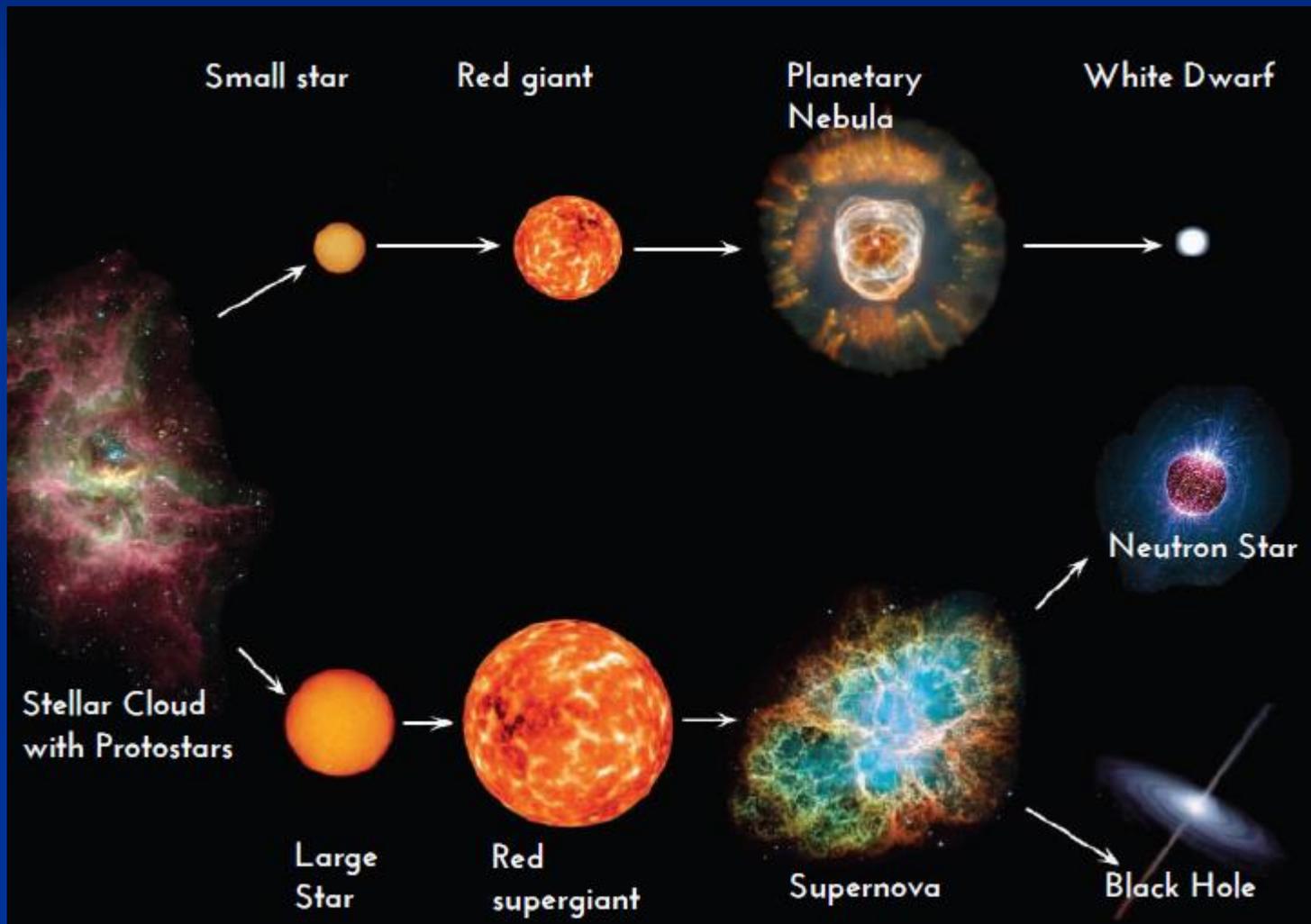


활동 4: 산개성단의 나이

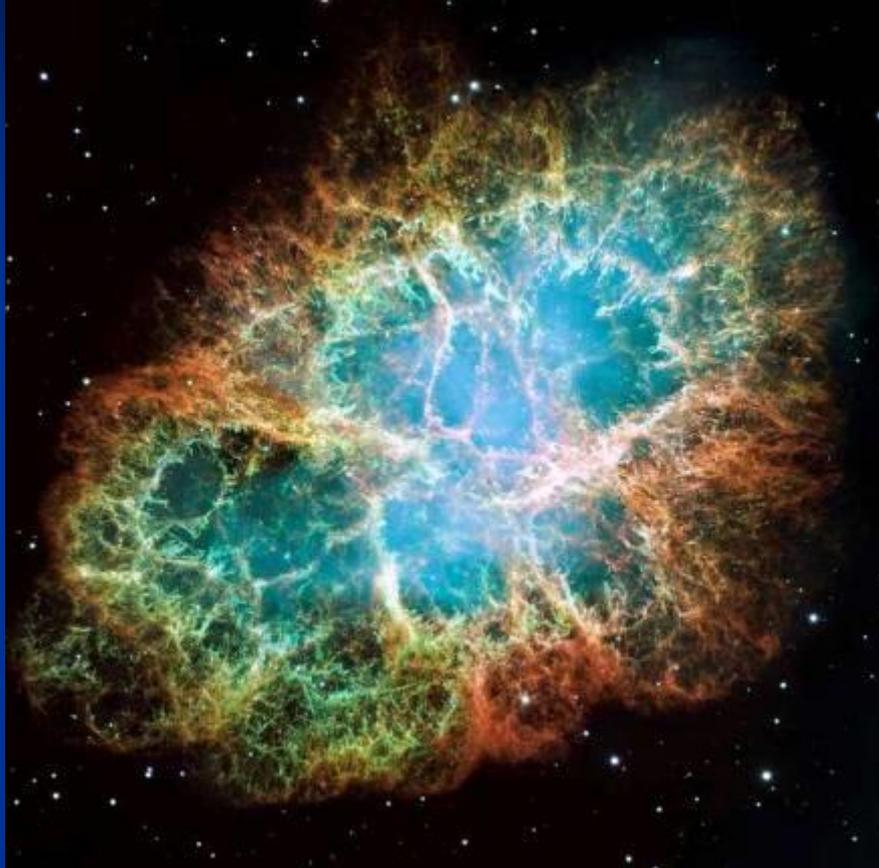
여러분이 그린 다이어그램을 아래의 다이어그램과 비교한다. 여러분이 선택한 성단의 나이는?



질량과 별의 죽음과의 관계

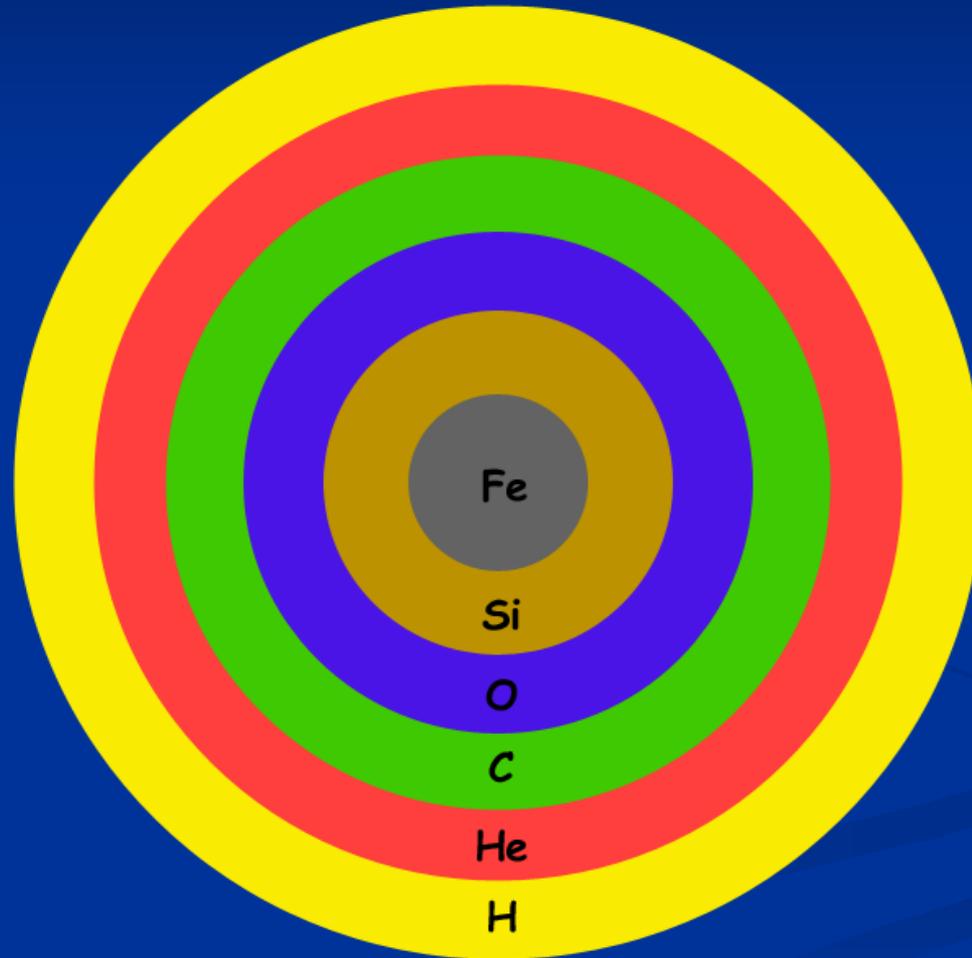


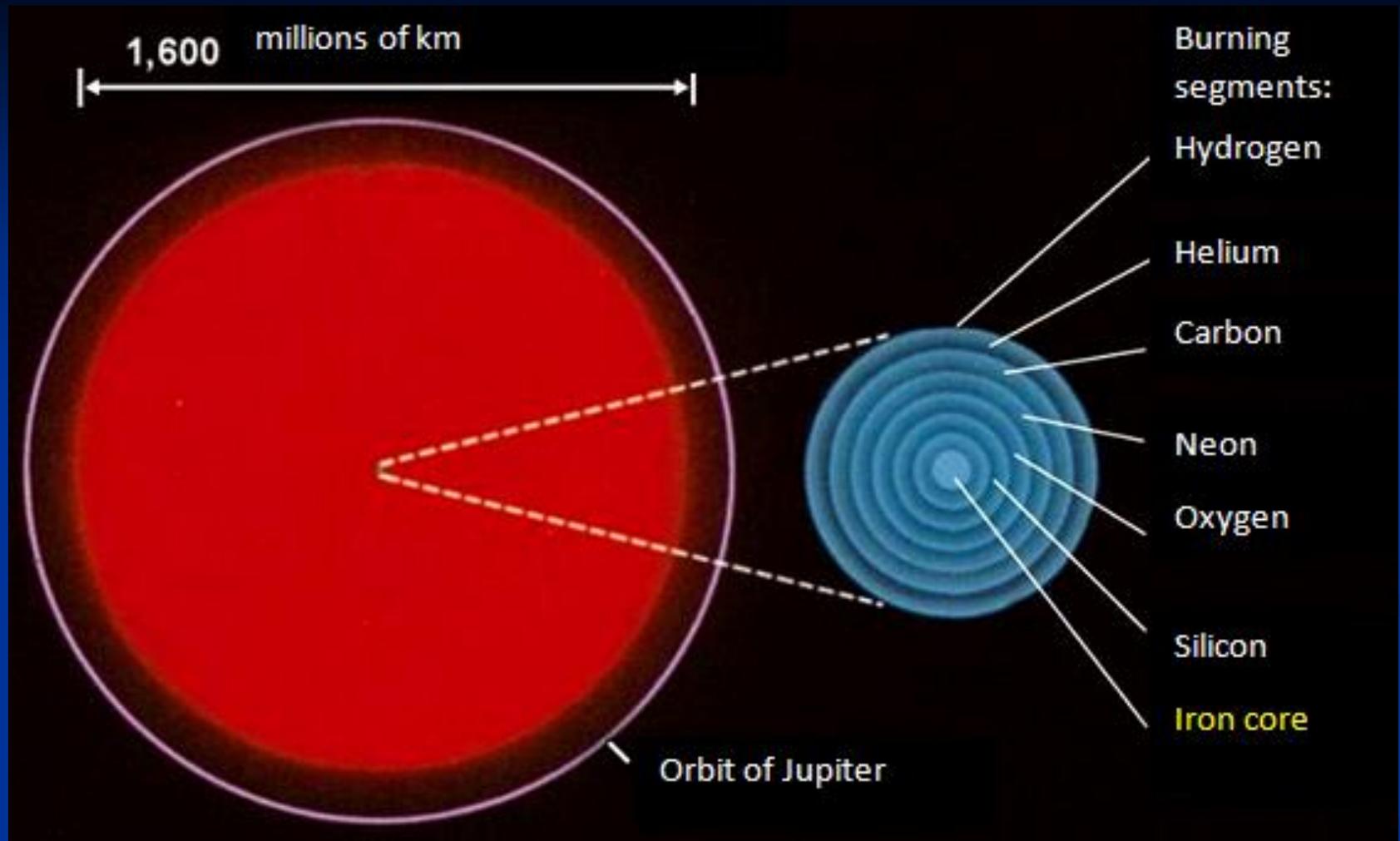
질량이 큰 별의 죽음



M1: 황소자리에 있는 게성운. 1054년에 관측된 초신성의 잔해

초신성으로 폭발하는 별의 핵





초신성으로 폭발하기 전 별의 특징

태양질량의 20배 되는 별의 최후:

- 별의 중심핵에서 수소핵을 헬륨핵으로 융합, 천만년 (주계열 단계)
- 1백만년간 헬륨 핵융합
- 300년간 탄소 핵융합
- 200 일간 산소 핵융합
- 2일간 실리콘 핵융합: 그리곤 초신성 폭발을 목전에 두게 된다.



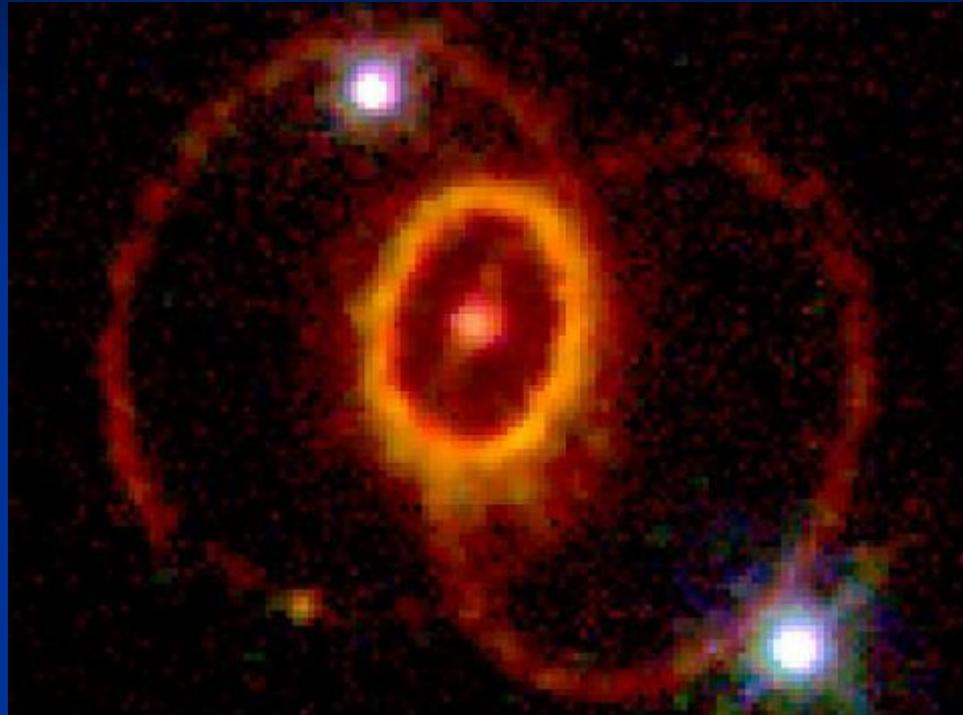
초신성 1987A



초신성 1987A 은 1987년에 마젤란 성운 (LMC) 에서 발견되었다. 이 성운까지의 거리는 168,000 l.y (광년) 이다. 지구에서 출발한 빛이 성운까지 도달하는데 168 년이 걸린다는 의미



초신성 1987A, 10 년후



폭발 후 방출된 물질은 빠른 속도로 별에서 멀어져 간다.

이 SN 1987A 사진은 1997년에 허블우주망원경으로 촬영되었다.



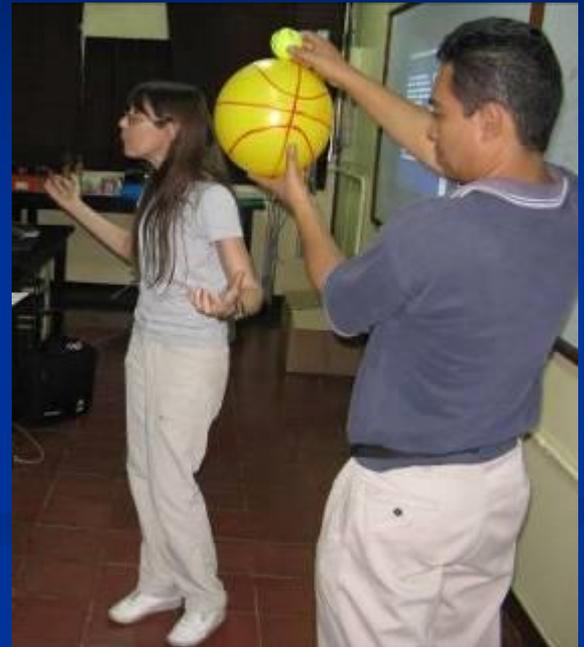
외부 은하에 있는 초신성 예제. 평균적으로 은하 하나당 100년에 1개 정도로 초신성이 터짐.

우리은하에서는 400년간 초신성이 관측되지 않았다.



활동 5: 초신성 폭발 시뮬레이션

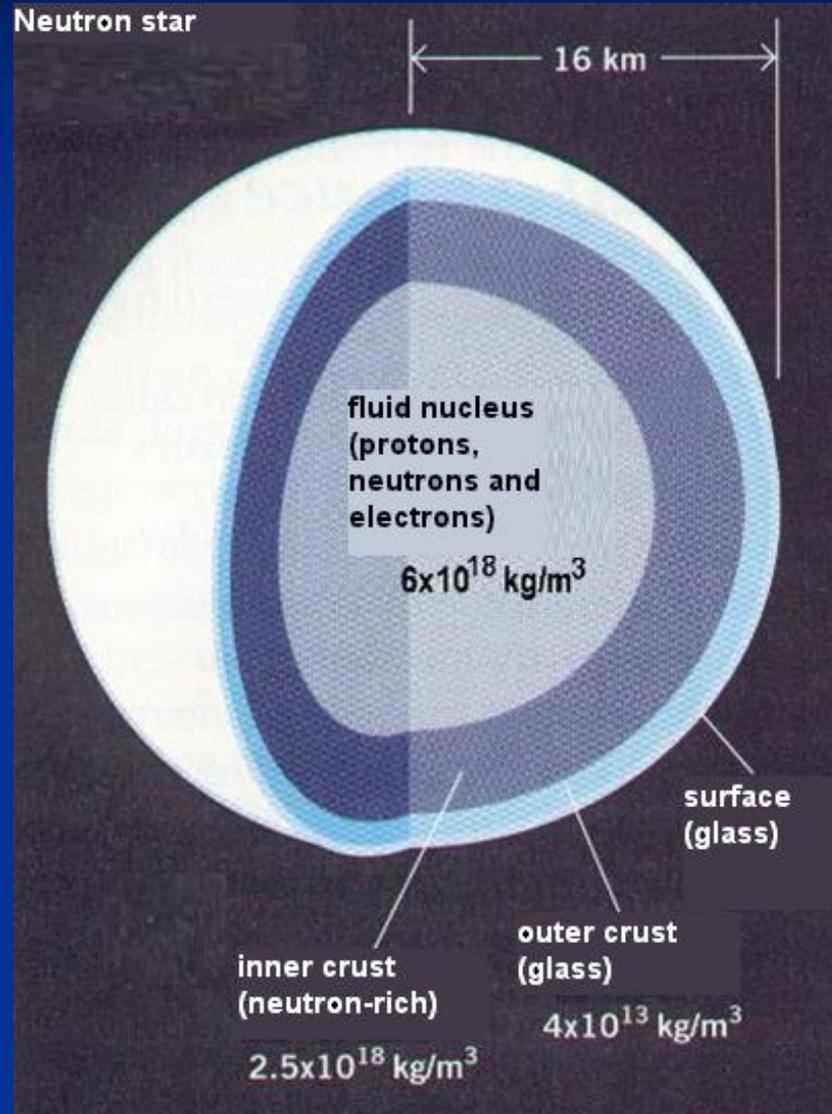
별이 초신성으로 폭발할때,
바깥층의 가벼운 원자들은 별의
단단한 중심핵으로 떨어지다가
되튀겨 나온다.



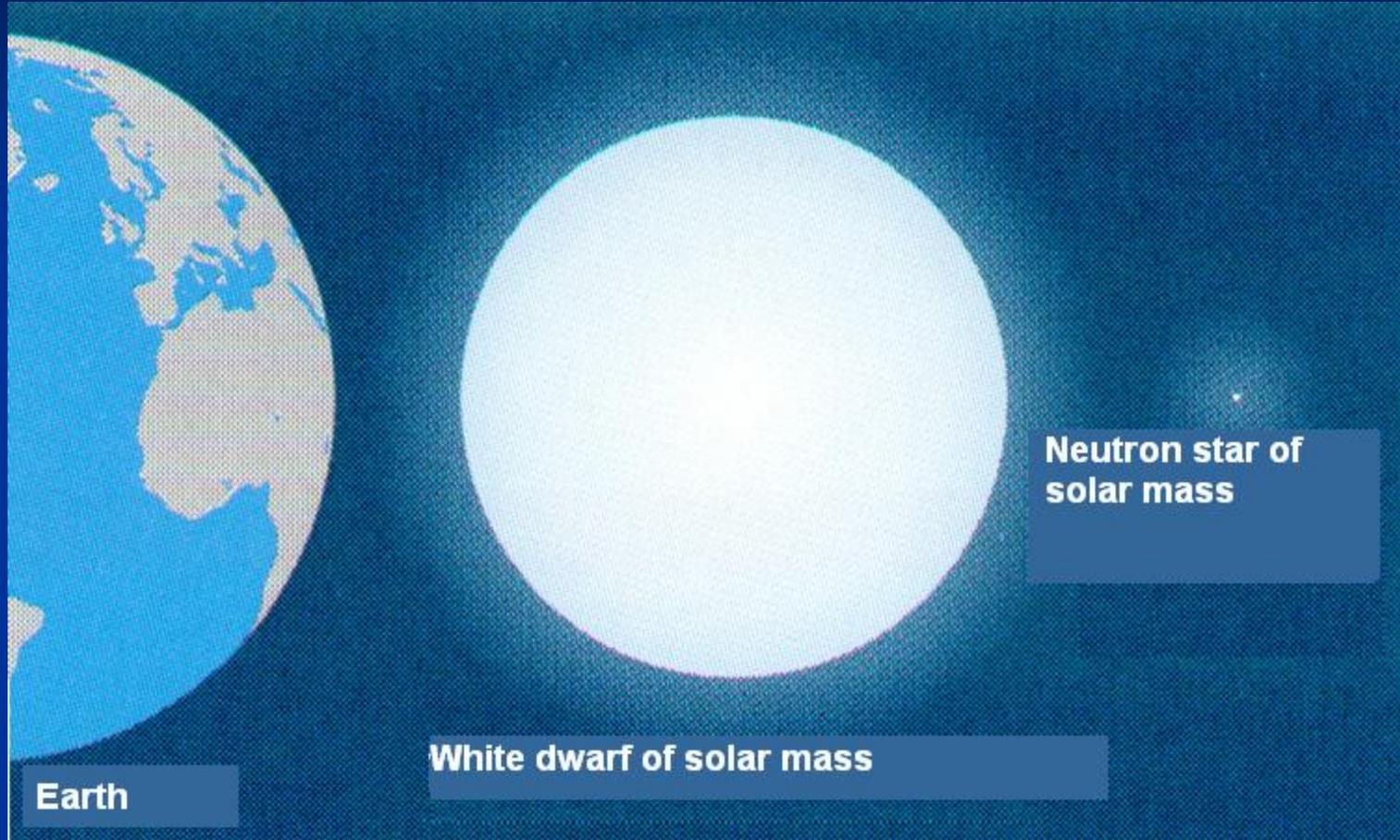
이 모형에서는, 교실 바닥이 중성자별의 단단한
중심핵이라고 생각한다. 농구공은 되튀겨
나오는 질량이 큰 원자라고 생각한다. 이때
위에서 떨어지는 작은 원자 (테니스공)를
밀어낸다.

중성자별

별의 죽음중의
또다른 형태는
중성자별 (혹은
펄서) 이다.

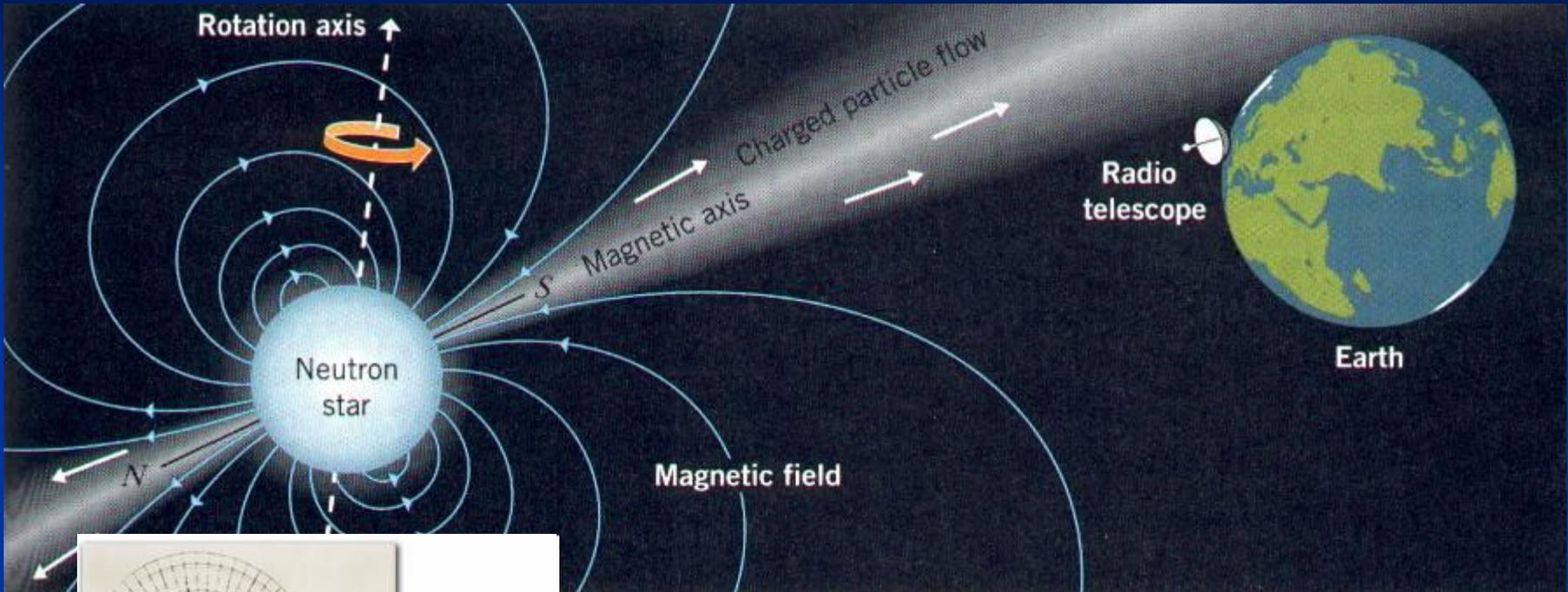


중성자별



크기 비교

펄서



펄서가 내는 복사가 어떻게
지구에서 어떻게 보이는가

조셀린 벨 버넬(Jocelyn Bell
Burnell), 1967년에 펄서 발견



활동 6: 펄서 시뮬레이션

펄서는 질량이 매우 크고 빠르게 회전하는 중성자별이다. 빛의 방출이 별의 자전축과 같은 방향이 아니어서, 등대처럼 회전한다.

빔이 지구를 향하게 되면, 깜박이는 빛을 볼 수 있는데 초당 몇번씩 반복된다.



고정



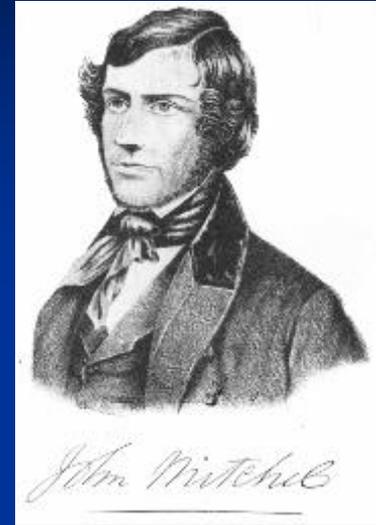
회전



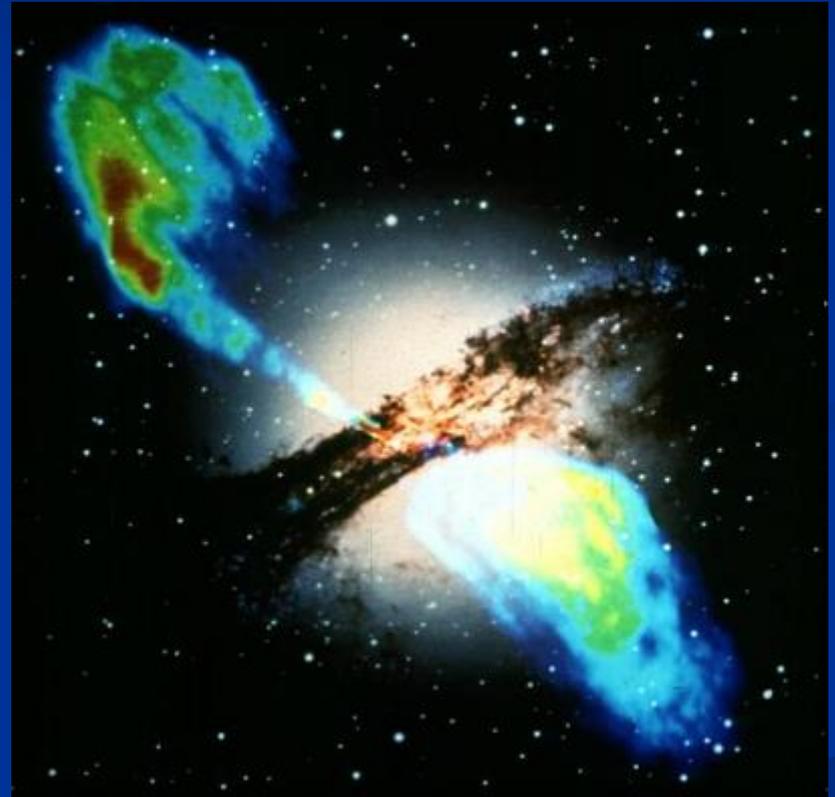
3rd 형태의 별의 죽음: 블랙홀

존 미첼(John Mitchell)과 시몬 라플라스(Simon Laplace)는 아주 질량이 큰 별의 마지막에 중력붕괴할 것이라 제안했다.

중력이 너무 커서 빛조차도 빠져나올 수 없어, 눈에 보이지 않는다 하여 이러한 천체를 블랙홀이라 불렀다.



항성 진화: 블랙홀



은하의 중심에는 초거대질량
블랙홀이 있다.

활동 7: 블랙홀과 공간의 휘어짐 시뮬레이션

탄성이 있는 천
(라이크라)와 물이 든
풍선을 이용하여
블랙홀에 의해 공간이
휘어진 것을 모사할
수 있다.



테니스공의 경로는 직선이 아니라 곡선이다.

활동 7: 블랙홀과 공간의 휘어짐 시뮬레이션

약국에서 판매하는 잘
늘어나는 망사를
사용할 수 있다.

늘어나는 망사가
늘어지면, 우물이
깊어지고 블랙홀로
생각되어 질 수 있다.



Thank you very
much
for your attention!