



# KESO 심화 사이버교육

## Astronomy

### 4. 항성에 대하여

# 차례

- 1. 천문학의 발전과 천체 역학
  - 천문학사
  - 외행성의 운동, 달의 위상, 식 현상..
- 2. 태양계 시스템
  - 행성과 위성들의 모습
  - 행성과 위성들의 대기과 이탈속도
- 3. 천체 관측
  - 망원경의 구조, CCD, 분광기
- 4. 항성
  - 태양과 별의 에너지원
  - 별의 거리 및 거리지수
  - 등급(U,B,V,R 필터 등급)과 광도

# 차례

- 1. 천문학의 발전과 천체 역학
  - 천문학사
  - 외행성의 운동, 달의 위상, 식 현상..
- 2. 태양계 시스템
  - 행성과 위성들의 모습
  - 행성과 위성들의 대기와 이탈속도
- 3. 천체 관측
  - 망원경의 구조, CCD, 분광기
- 4. 항성
  - 태양과 별의 에너지원
  - 별의 거리 및 거리지수
  - 등급(U,B,V,R 필터 등급)과 광도

# 태양의 에너지원?

연소?

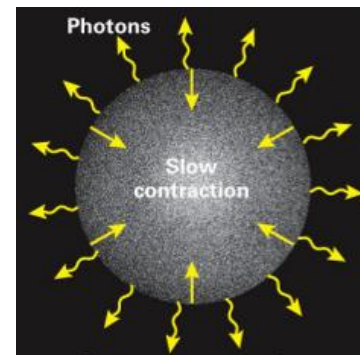
1,000 년



수축?

1,000,000 년

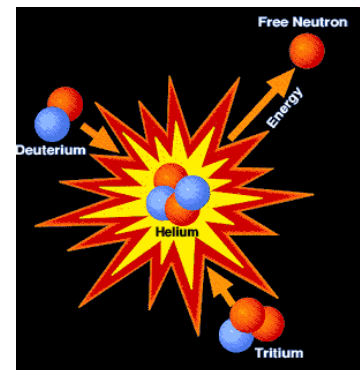
(Kelvin & Helmholtz, late 1800s)



핵융합!

100,000,000,000 년

(Betze, Hoyle, 1900s)









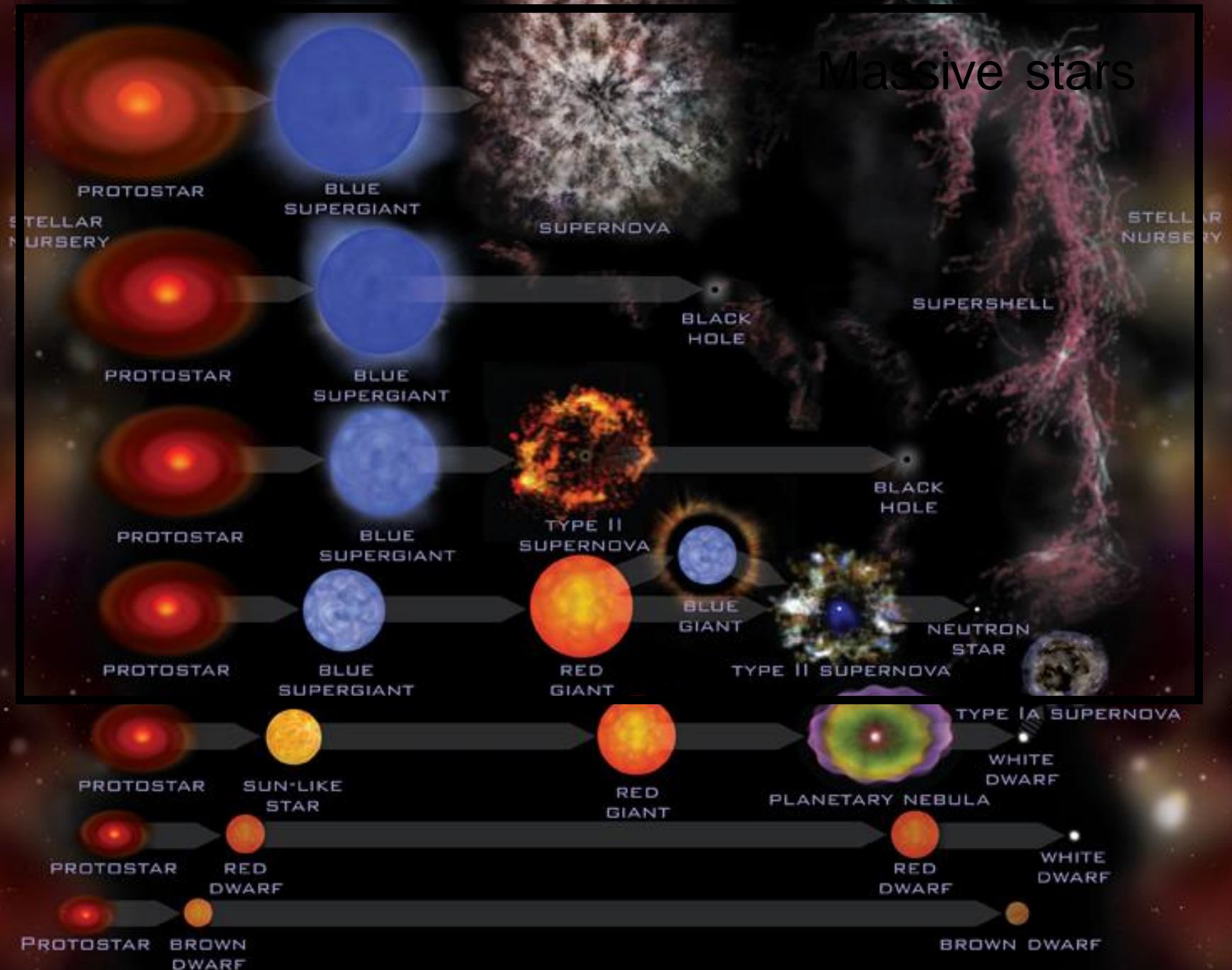






NASA/ESA

# Massive stars

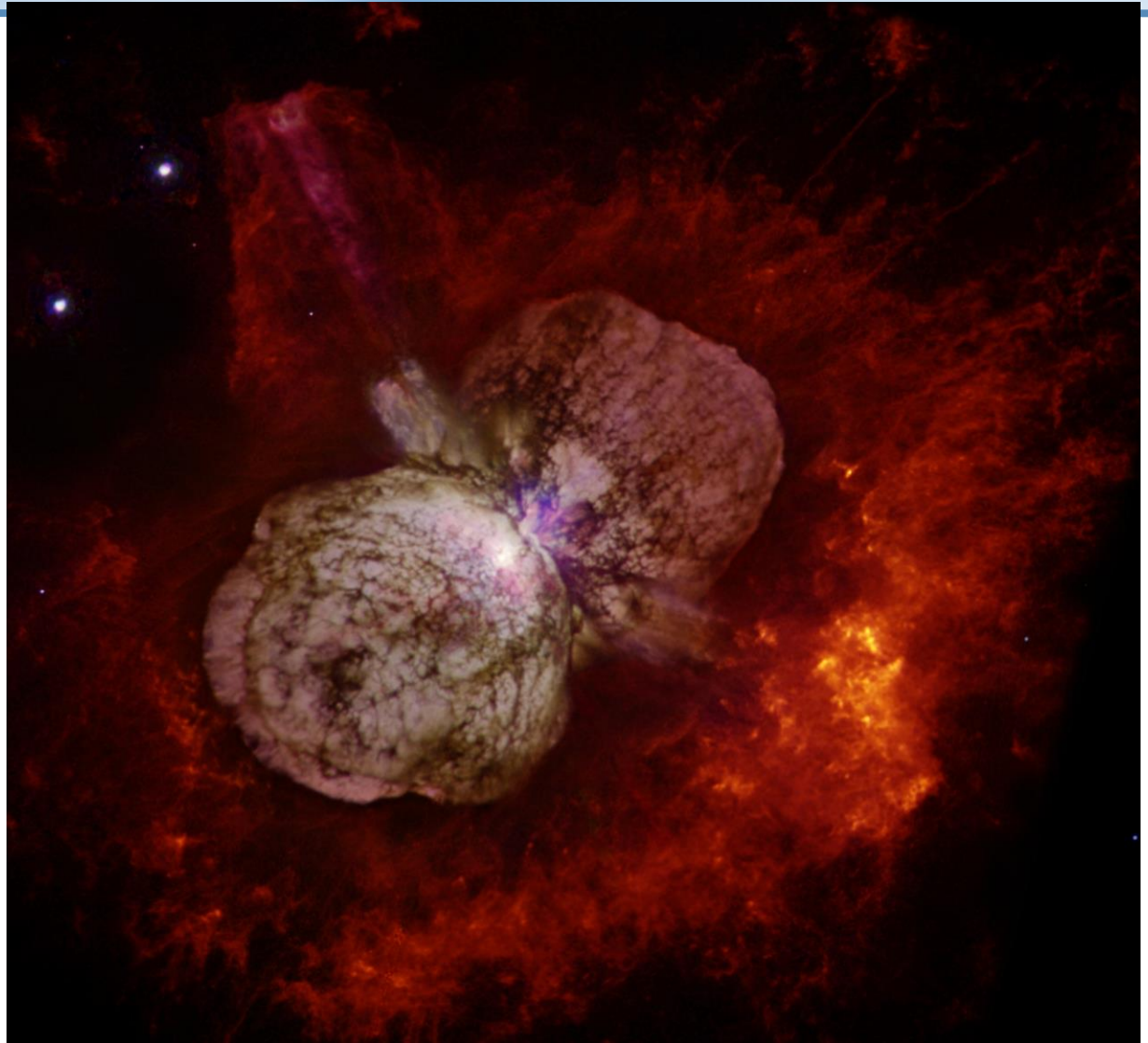




# 질량에 따른 진화

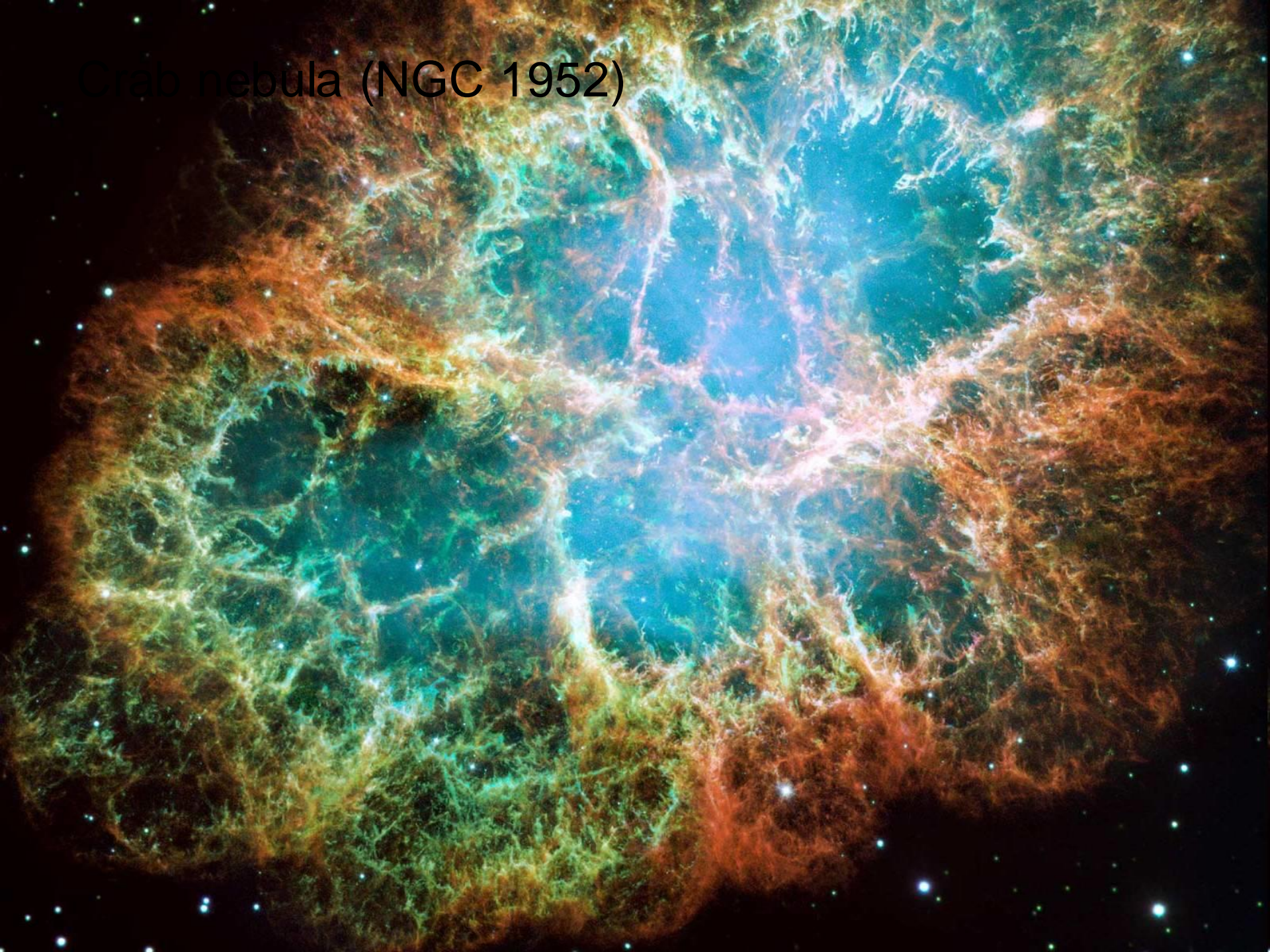
- 질량이 큰 별
- 짧은 수명
- 초신성

Eta Carina





Crab nebula (NGC 1952)





# The composition of our Universe

hydrogen 1 H 1.0079																	helium 2 He 4.0026	
lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122												boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305												aluminium 13 Al 26.982	silicon 14 Si 28.086	phosphorus 15 P 30.974	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078	scandium 21 Sc 44.956	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	selenium 34 Se 78.96	bromine 35 Br 79.904	krypton 36 Kr 83.80	
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62	yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	indium 49 In 114.82	tin 50 Sn 118.71	antimony 51 Sb 121.76	tellurium 52 Te 127.60	iodine 53 I 126.90	xenon 54 Xe 131.29	
caesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33	57-70 ★	lutetium 71 Lu 174.97	hafnium 72 Hf 178.49	tantalum 73 Ta 180.95	tungsten 74 W 183.84	rhenium 75 Re 186.21	osmium 76 Os 190.23	iridium 77 Ir 192.22	platinum 78 Pt 195.08	gold 79 Au 196.97	mercury 80 Hg 200.59	thallium 81 Tl 204.38	lead 82 Pb 207.2	bismuth 83 Bi 208.98	polonium 84 Po [209]	astatine 85 At [210]	radon 86 Rn [222]
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]	89-102 ★ ★	lawrencium 103 Lr [262]	rutherfordium 104 Rf [261]	dubnium 105 Db [262]	seaborgium 106 Sg [266]	bohrium 107 Bh [264]	hassium 108 Hs [269]	meitnerium 109 Mt [268]	ununnillium 110 Uun [271]	unununium 111 Uuu [272]	ununbium 112 Uub [277]		ununquadium 114 Uuq [289]				

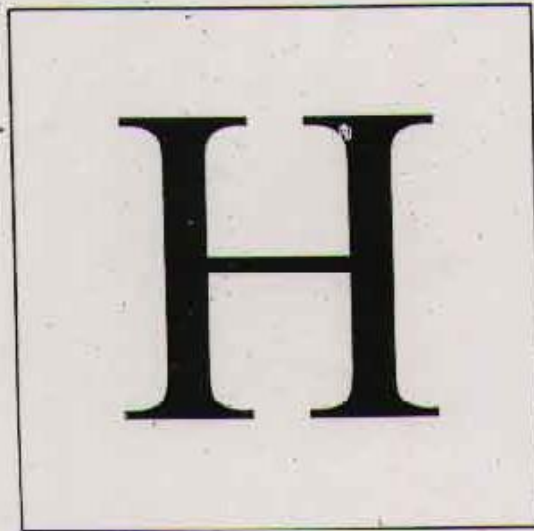
\* Lanthanide series

\*\* Actinide series

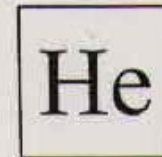
lanthanum 57 <b>La</b> 138.91	cerium 58 <b>Ce</b> 140.12	praseodymium 59 <b>Pr</b> 140.91	neodymium 60 <b>Nd</b> 144.24	promethium 61 <b>Pm</b> [145]	samarium 62 <b>Sm</b> 150.36	europium 63 <b>Eu</b> 151.96	gadolinium 64 <b>Gd</b> 157.25	terbium 65 <b>Tb</b> 158.93	dysprosium 66 <b>Dy</b> 162.50	holmium 67 <b>Ho</b> 164.93	erbium 68 <b>Er</b> 167.26	thulium 69 <b>Tm</b> 168.93	ytterbium 70 <b>Yb</b> 173.04
actinium 89 <b>Ac</b> [227]	thorium 90 <b>Th</b> 232.04	protactinium 91 <b>Pa</b> 231.04	uranium 92 <b>U</b> 238.03	neptunium 93 <b>Np</b> [237]	plutonium 94 <b>Pu</b> [244]	americium 95 <b>Am</b> [243]	curium 96 <b>Cm</b> [247]	berkelium 97 <b>Bk</b> [247]	californium 98 <b>Cf</b> [251]	einsteinium 99 <b>Es</b> [252]	fermium 100 <b>Fm</b> [257]	mendelevium 101 <b>Md</b> [258]	nobelium 102 <b>No</b> [259]

# The composition of our Universe

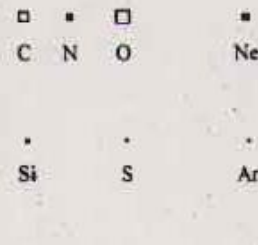
The Astronomer's Periodic Table  
(Ben McCall)



90% hydrogen

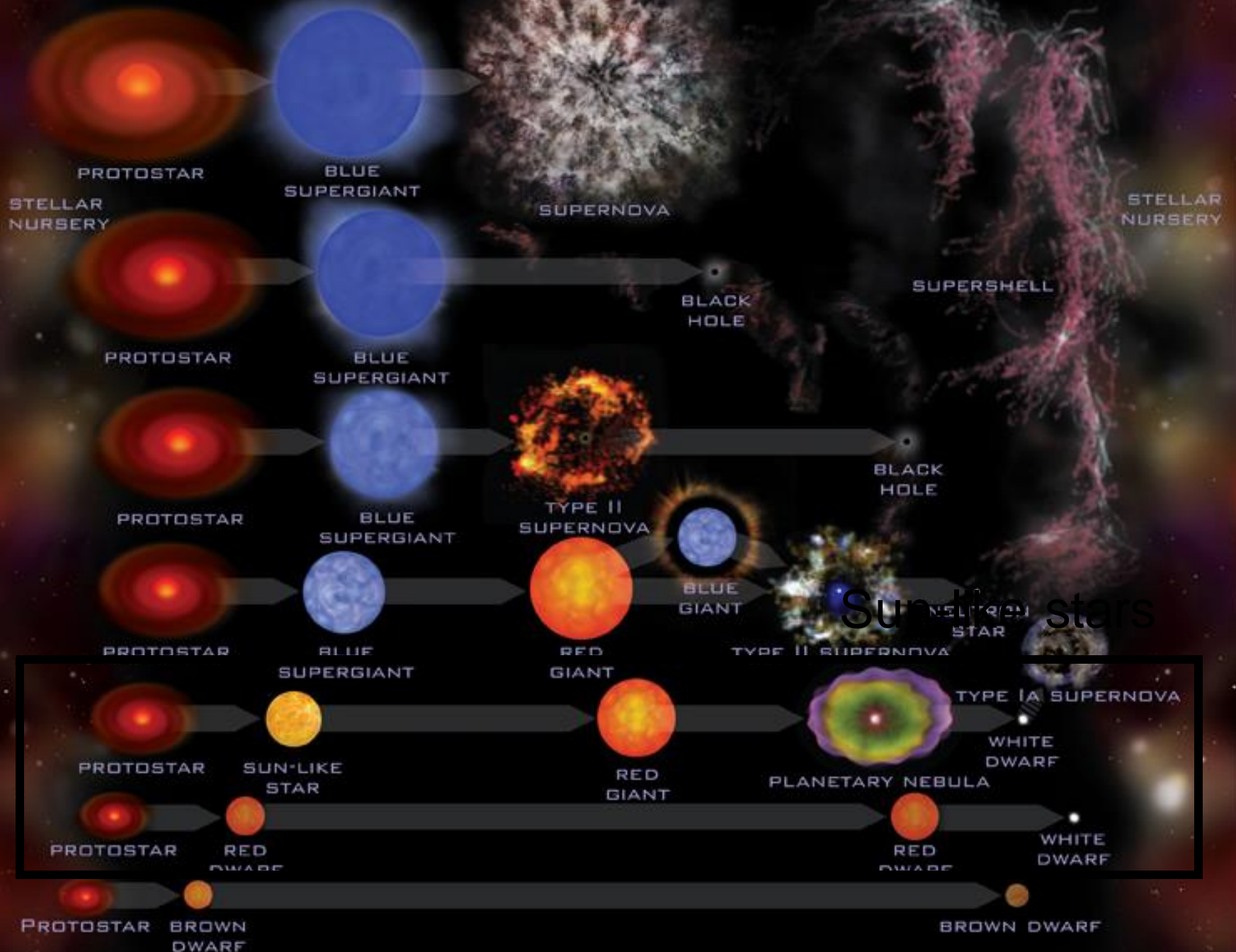


10% helium

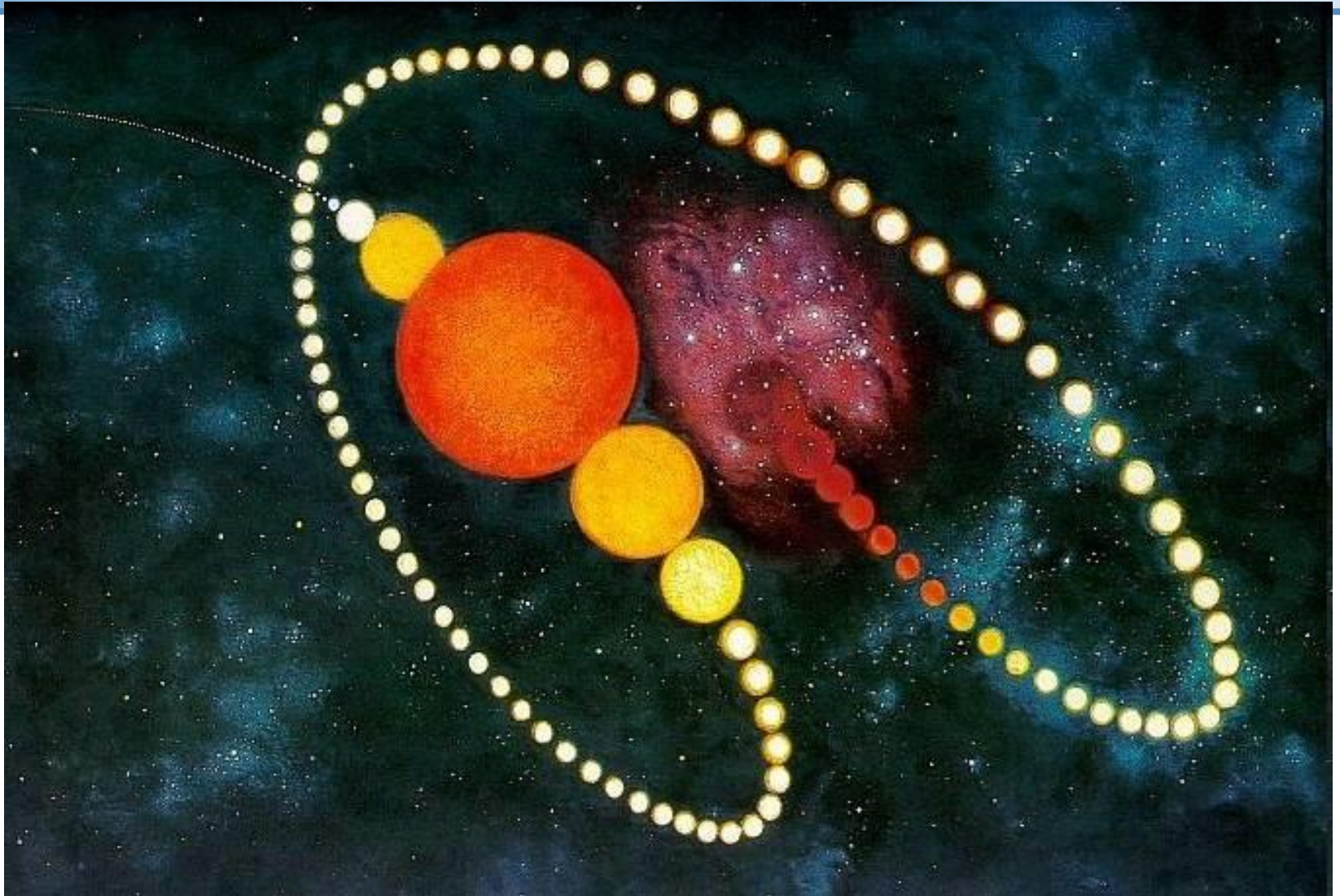


All made in  
stars (mostly  
supernovae)



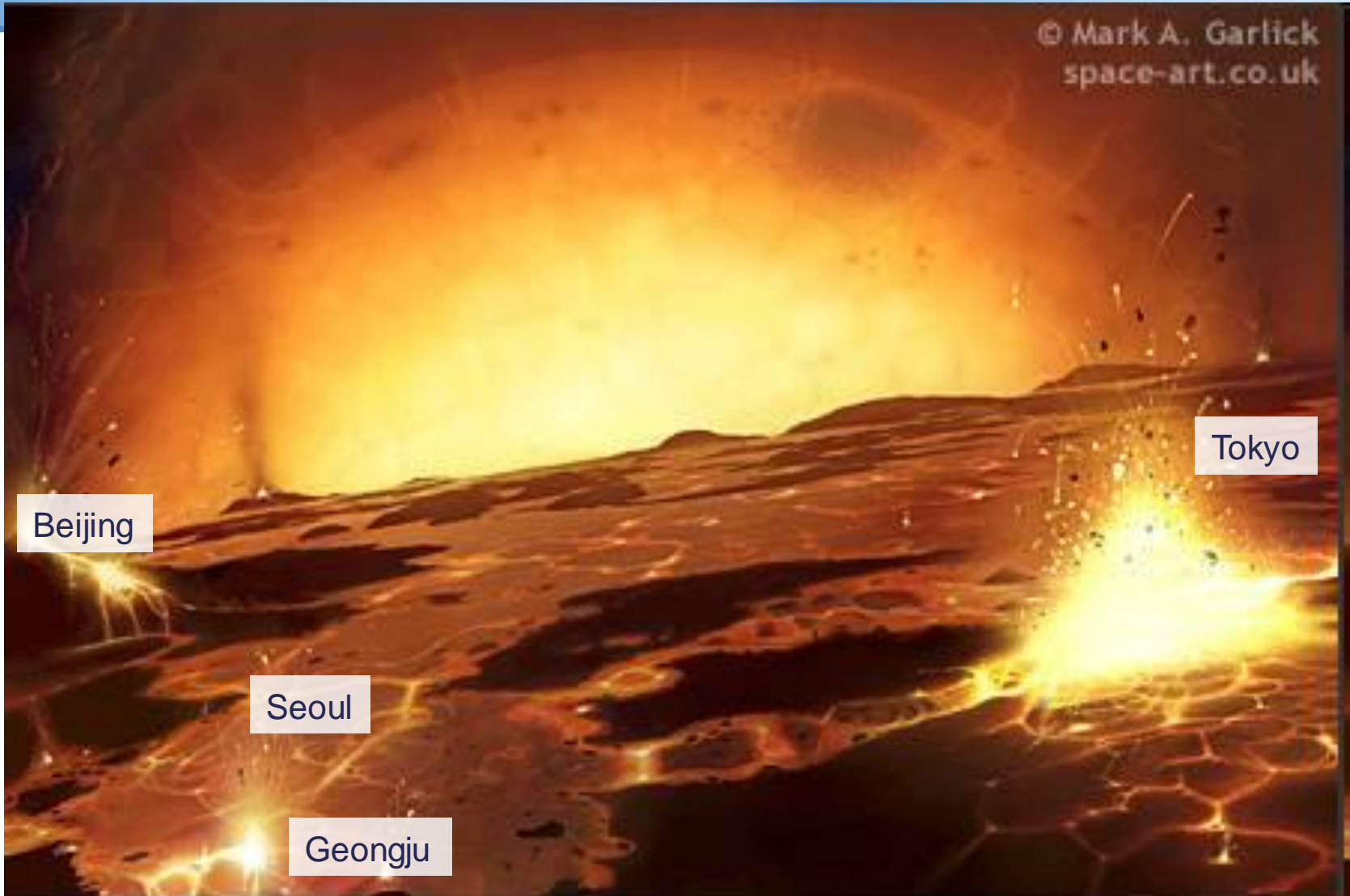


# 태양과 같은 별의 진화

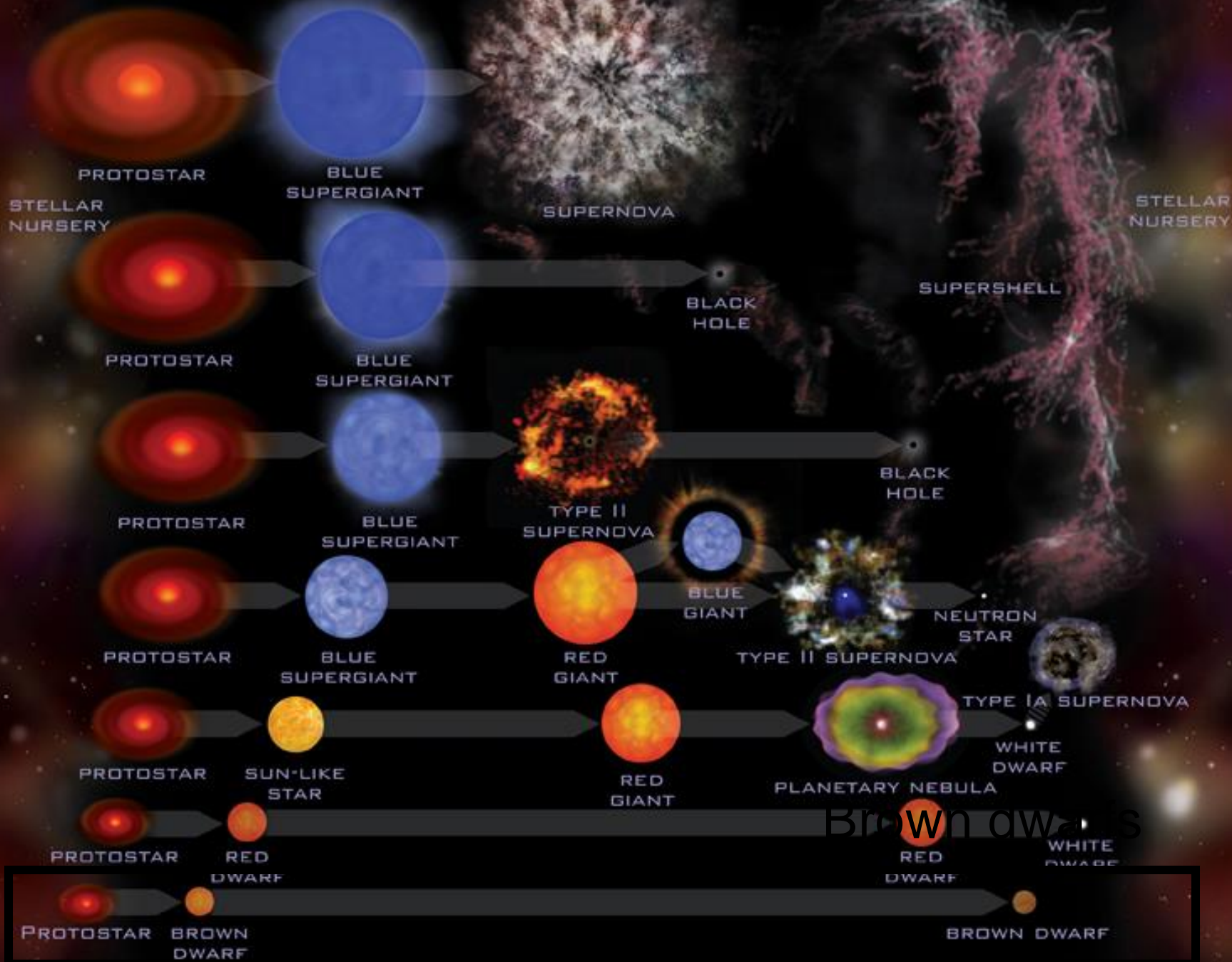




# The last days of the Sun (and Earth)



About 80,000,000,000 years in the future

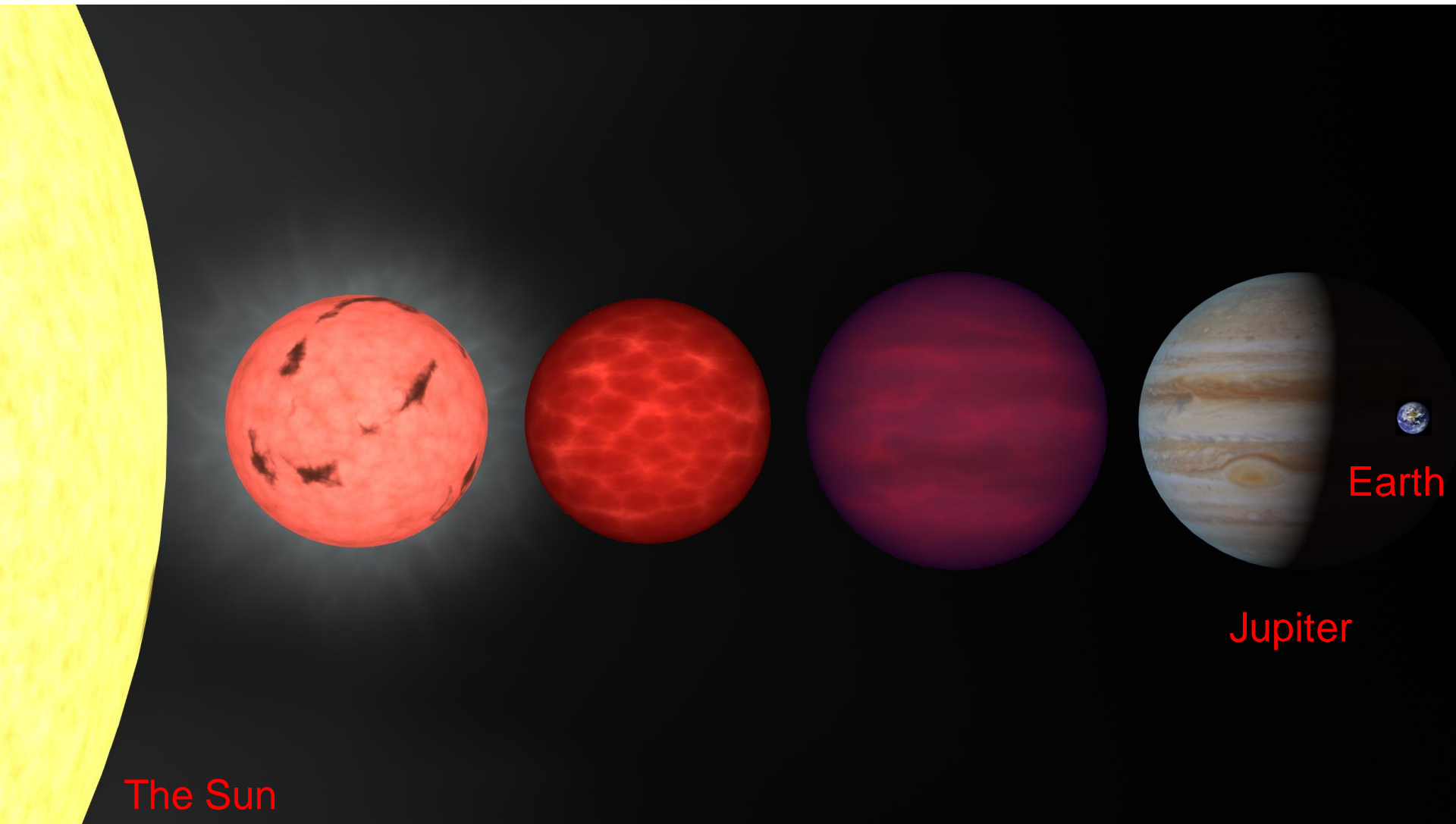




Star

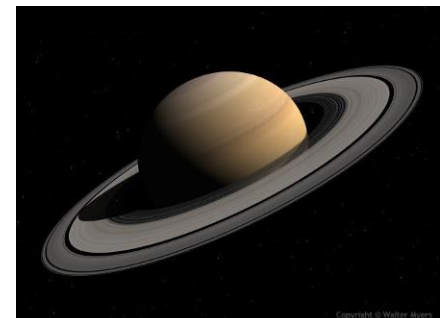
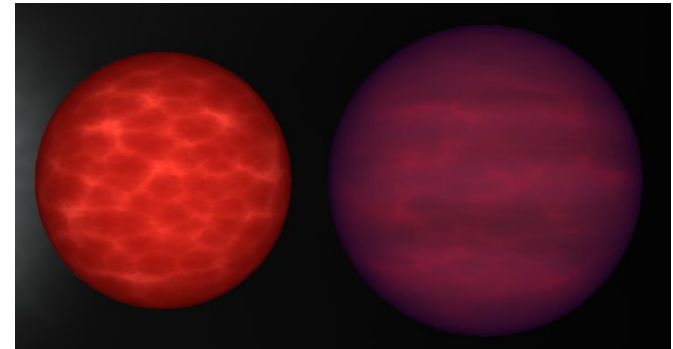
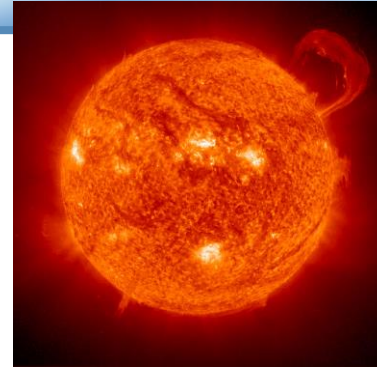
Brown dwarf

Planet



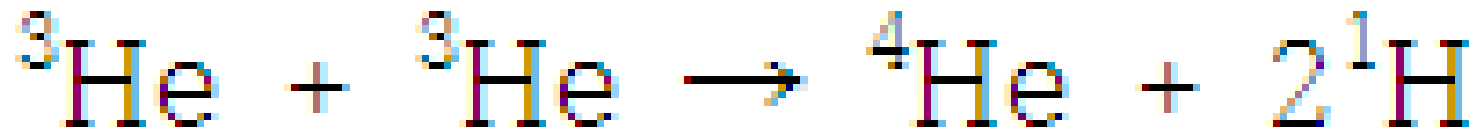
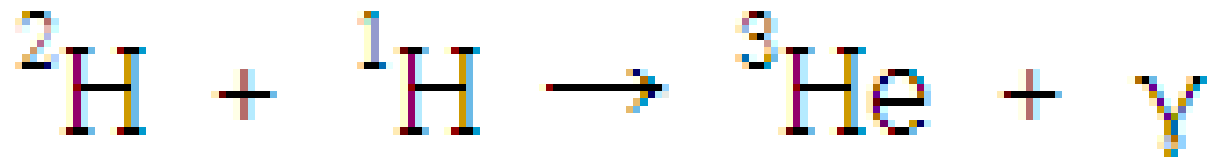
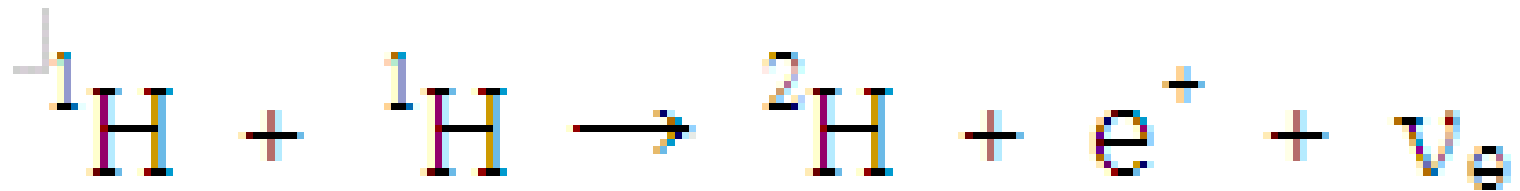
# Stars, brown dwarfs, planets

- Star
  - Hydrogen 수소 burning
  - Large, high-mass
- Brown dwarf
  - Deuterium 중소수 burning
  - No hydrogen burning
- Planet
  - No nuclear power
  - Small, low-mass





# 양성자-양성자 연쇄반응

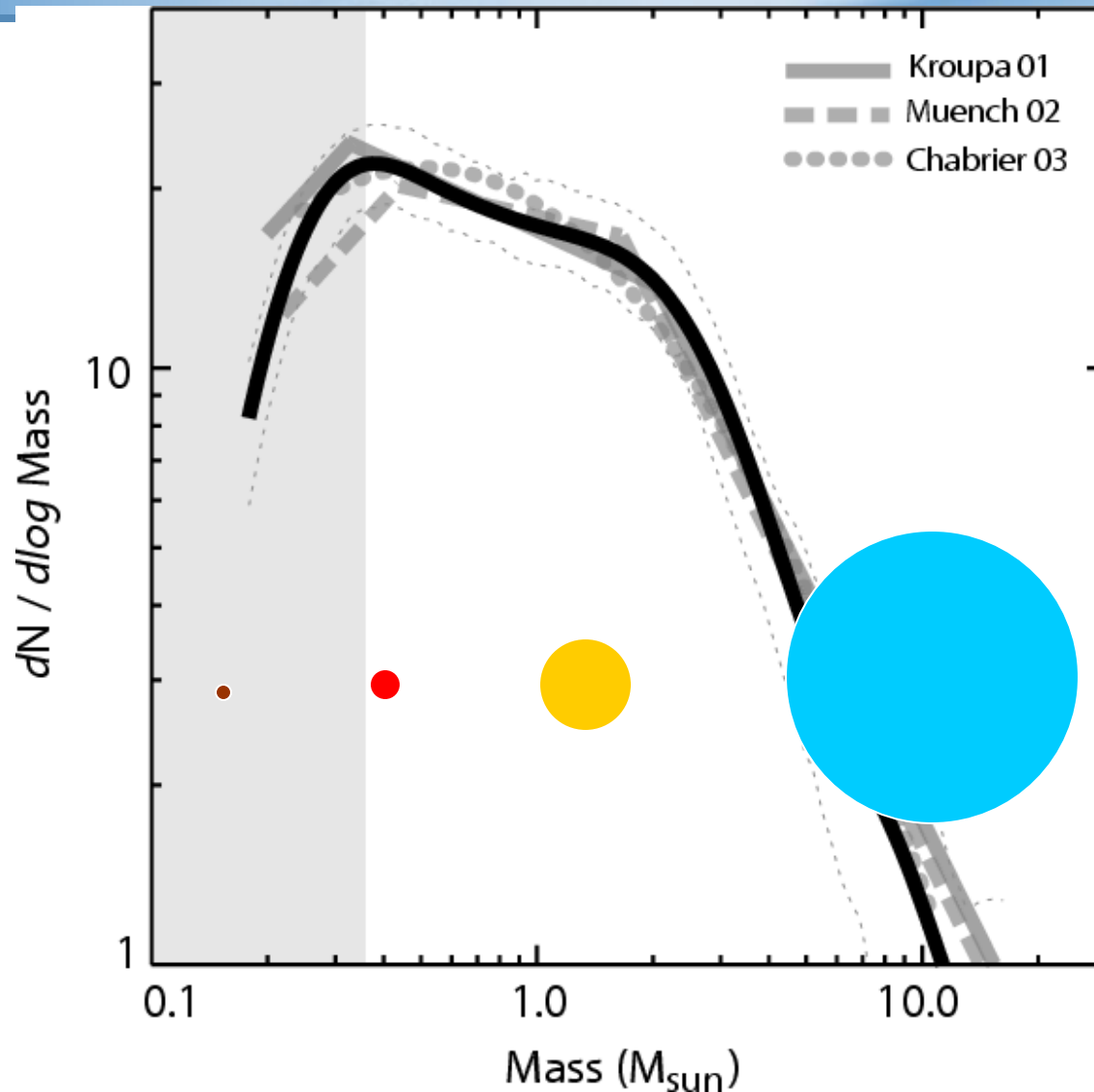


수소 원자핵 4 개

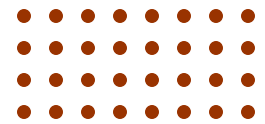
→ 헬륨핵 1개+중성미자 2개+ 양전자 2개+빛

: 양전자와 빛이 주변 물질과 상호작용하며 에너지 전달

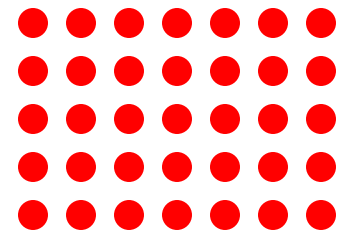
# The initial mass distribution (IMF)



Brown dwarfs



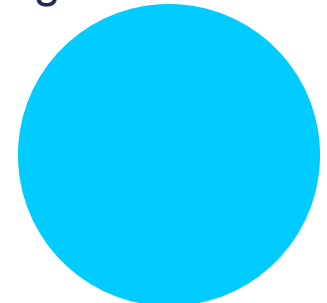
Low-mass stars



Sun-like stars

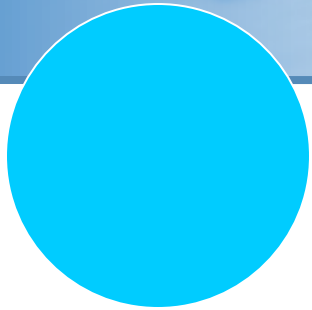


High-mass stars





# Mass and lifetime of a star



High-mass stars

$20 M_{\text{sun}}$

$3 \times 10^6$  year



Sun-like stars

$1 M_{\text{sun}}$

$8 \times 10^{10}$  year



Low-mass stars

$0.3 M_{\text{sun}}$

$5 \times 10^{11}$  year



Brown dwarfs

$0.05 M_{\text{sun}}$

forever



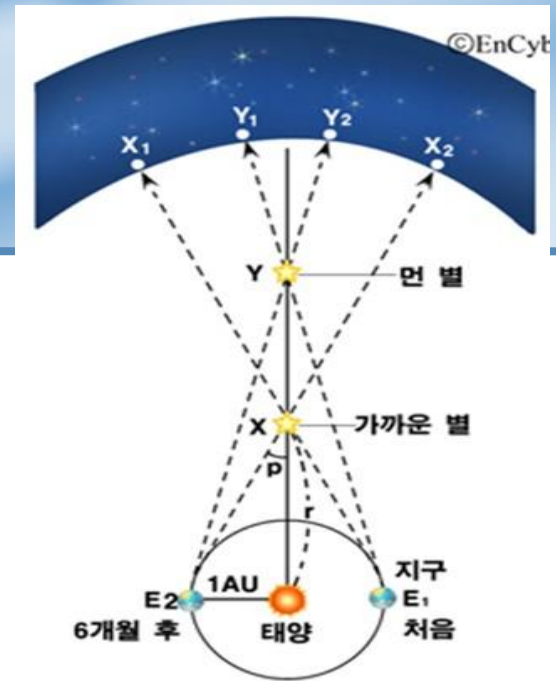
Planets

$0.0005 M_{\text{sun}}$

forever

# 별의 거리

- AU
- 광년
- Pc



- 직접 측정 : 삼각시차법(연주시차)을 이용
- 간접 측정 : 별의 고유밝기(광도)와 겉보기 밝기를 비교

- 연주시차

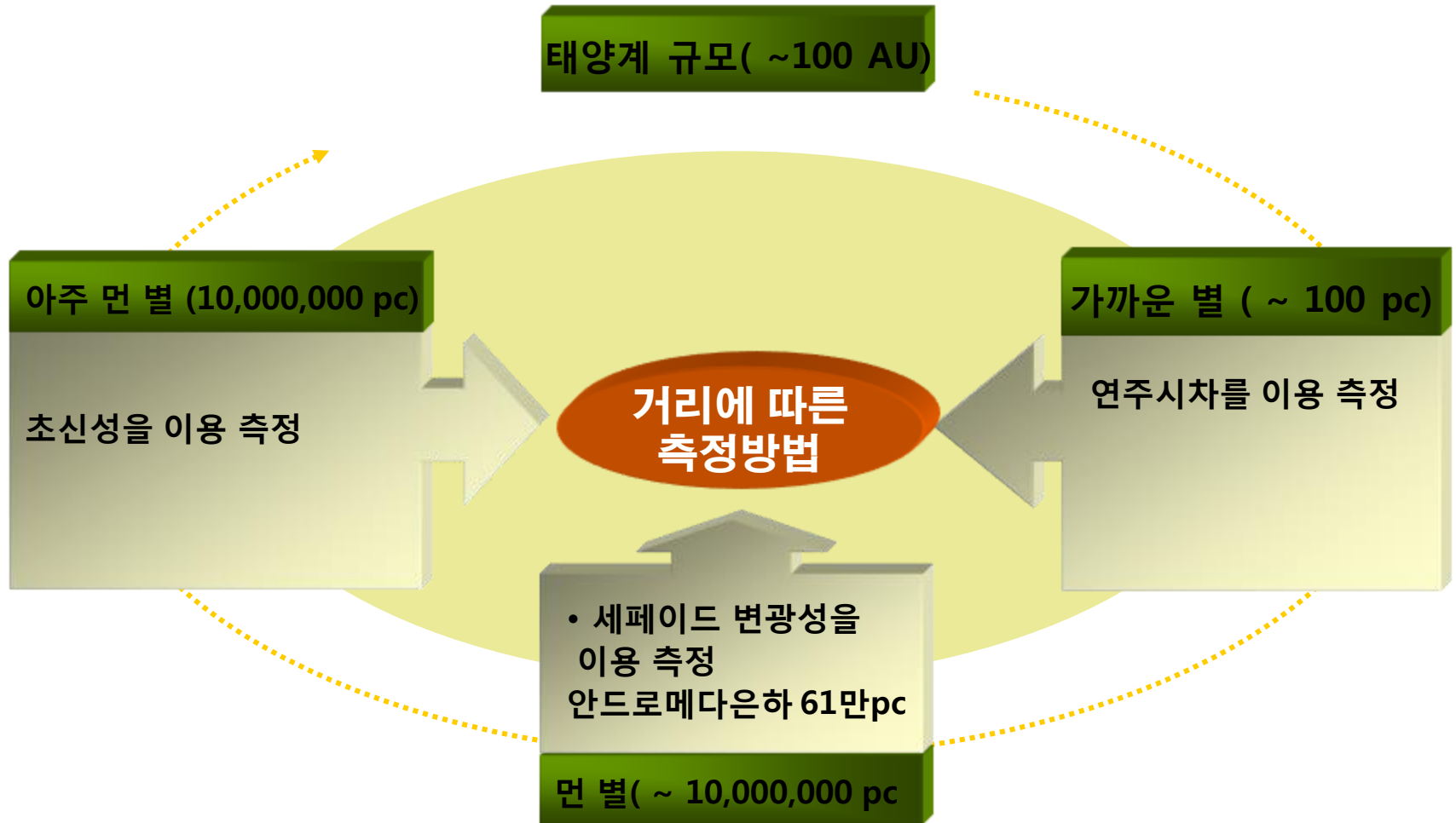
$$1\text{AU}/2\pi r = p/360 \quad r = 360 \times 1\text{AU} / 2\pi \times p$$

$$\text{별까지 거리}(r) = 1/\text{연주시차}(P)$$

연주시차는 별의 거리가 가까울수록 커지고 먼 별일수록 작아진다



# 별의 거리



# 별의 광도와 밝기

- 별의 광도

별이 단위 시간에 내는 에너지의 총량, 별의 고유 밝기

태양광도 단위로 사용,  $L_{\odot}$ 로 표현

태양 :  $4 \times 10^{26}$  Joule/초

예시) 태양 광도의 약 100만 배 밝은 별,  $10^6 L_{\odot}$

- 별의 밝기

겉보기 등급 : 눈으로 느낄 수 있는 별의 밝기를 구분

밤하늘 관측 가능한 가장 밝은 것 1등급,

가장 어두운 것 6등급, 나머지 별들은 1과 6의 중간 값



# 별의 광도와 밝기

## 겉보기 등급

- 1등급은 6등급 보다 100배 밝음.
- 1등급씩 작아질 때마다 2.512배씩 밝아짐

등급	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급
별의 밝기	$2.5^5 \times L = 100 \times L$	$2.5^4 \times L$	$2.5^3 \times L$	$2.5^2 \times L$	$2.5 \times L$	$L$

- 겉보기 등급은 별의 고유 밝기와 거리에 의해 결정됨
- 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례
- 밝은 별이라도 아주 멀리 있으면 어둡게 보임
- 유효파장에 따라 조금씩 달라질 수 있음
- 유효파장 : 등급을 측정할 때 측정기기가 가장 민감하게 반응하는 파장

색지수 : 두 개의 서로 다른 파장에서 측정한 등급의 차이  
(별빛의 색깔(→온도)에만 관계, 거리에 무관함)

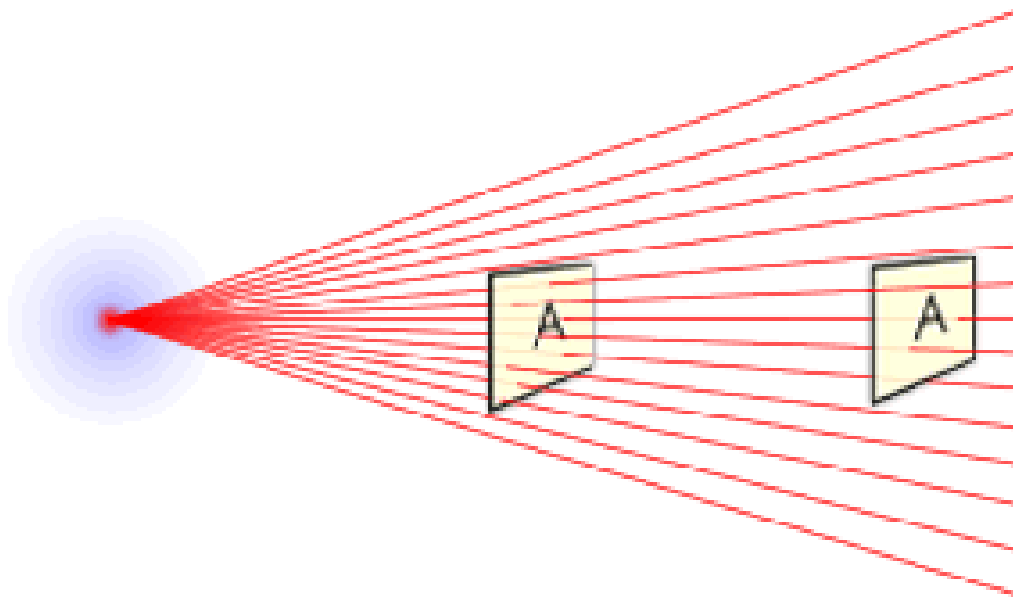
# 별의 광도와 밝기

## 절대 등급

- 별의 고유 밝기를 비교하기 위해 모든 별이 지구로부터 10PC 거리에 놓여 있다고 가정하여 정해진 등급
- 측정 가능한 양은 아니지만 겉보기 등급으로부터 절대 등급을 계산 할 수는 있음
- 별의 거리를 몰라도 별로부터 나온 빛을 분석하여 별 고유의 특성을 추정할 수 있는 경우가 많음



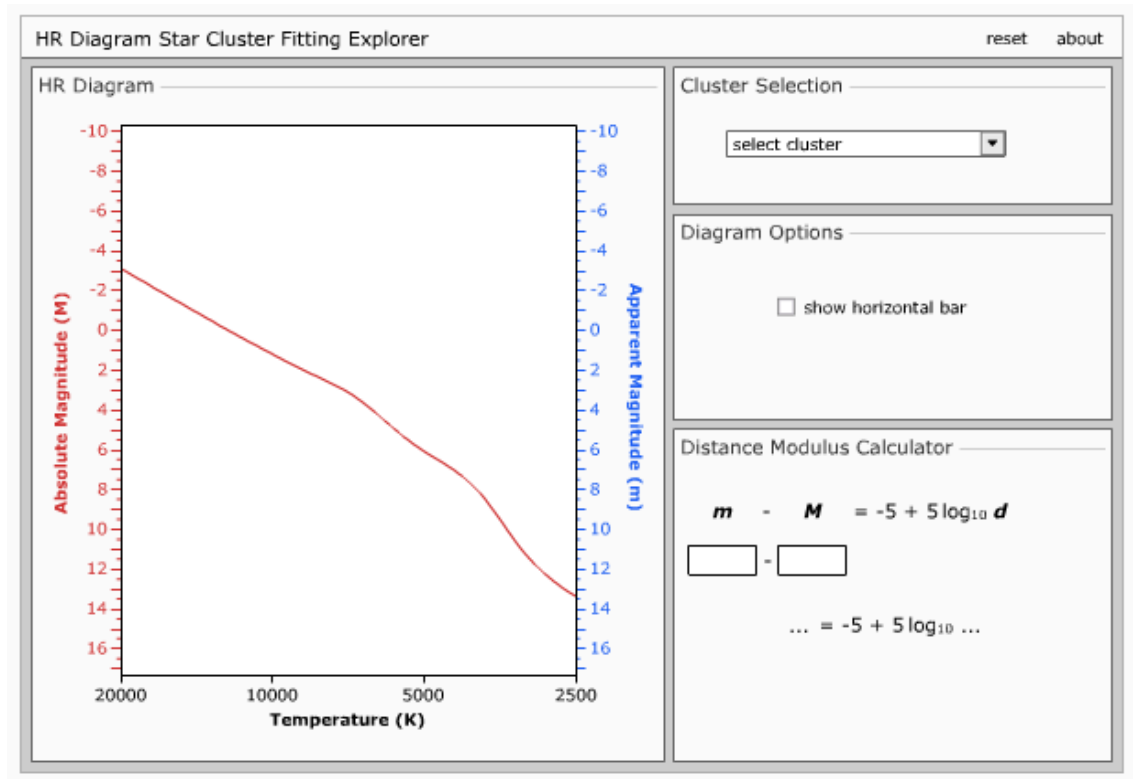
# 거리 지수



- $m - M = -5 + 5\log_{10} d$

# 거리 지수

- $m - M = -5 + 5 \log_{10} d$
- H-R도에서의 거리지수

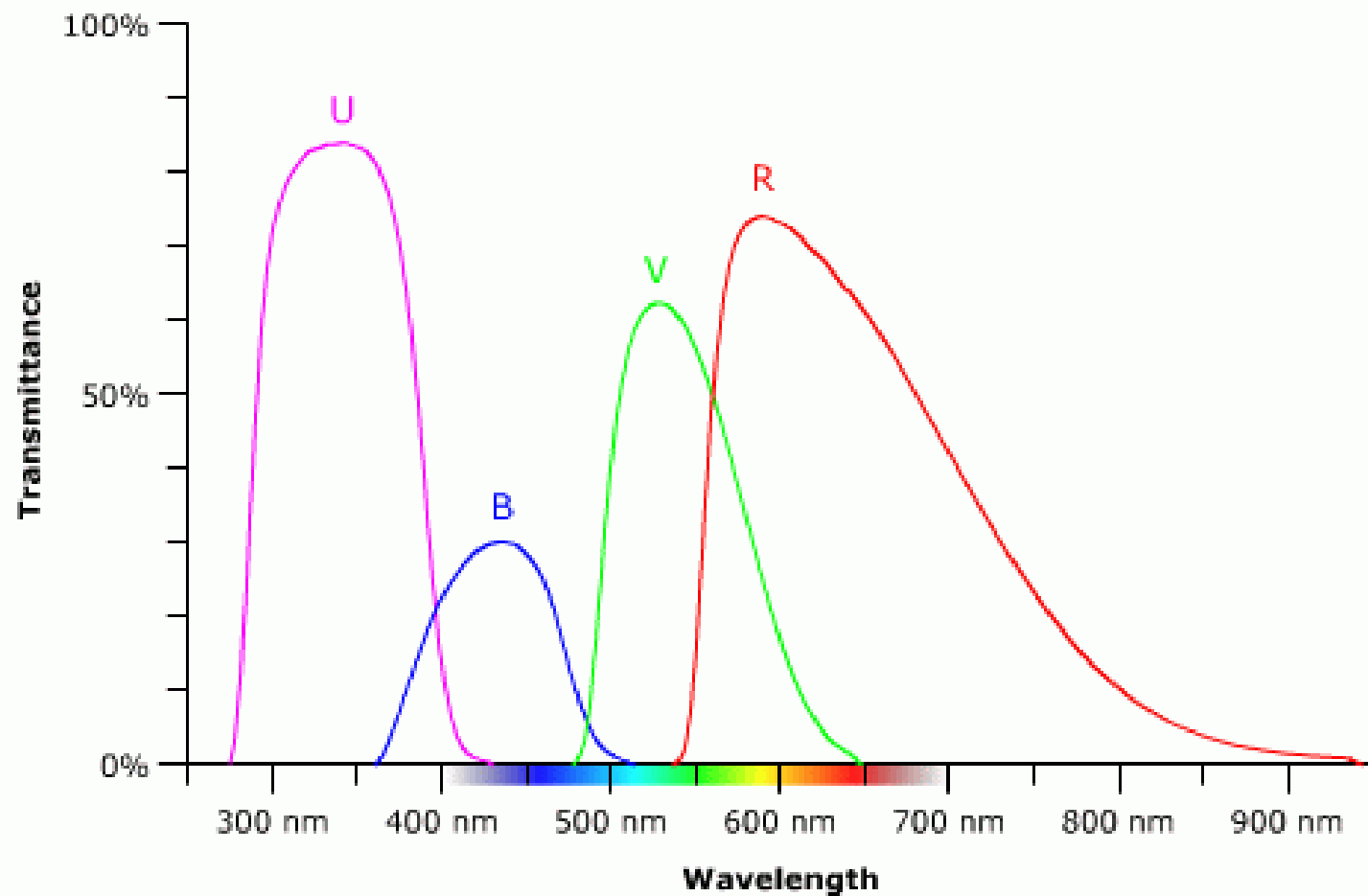




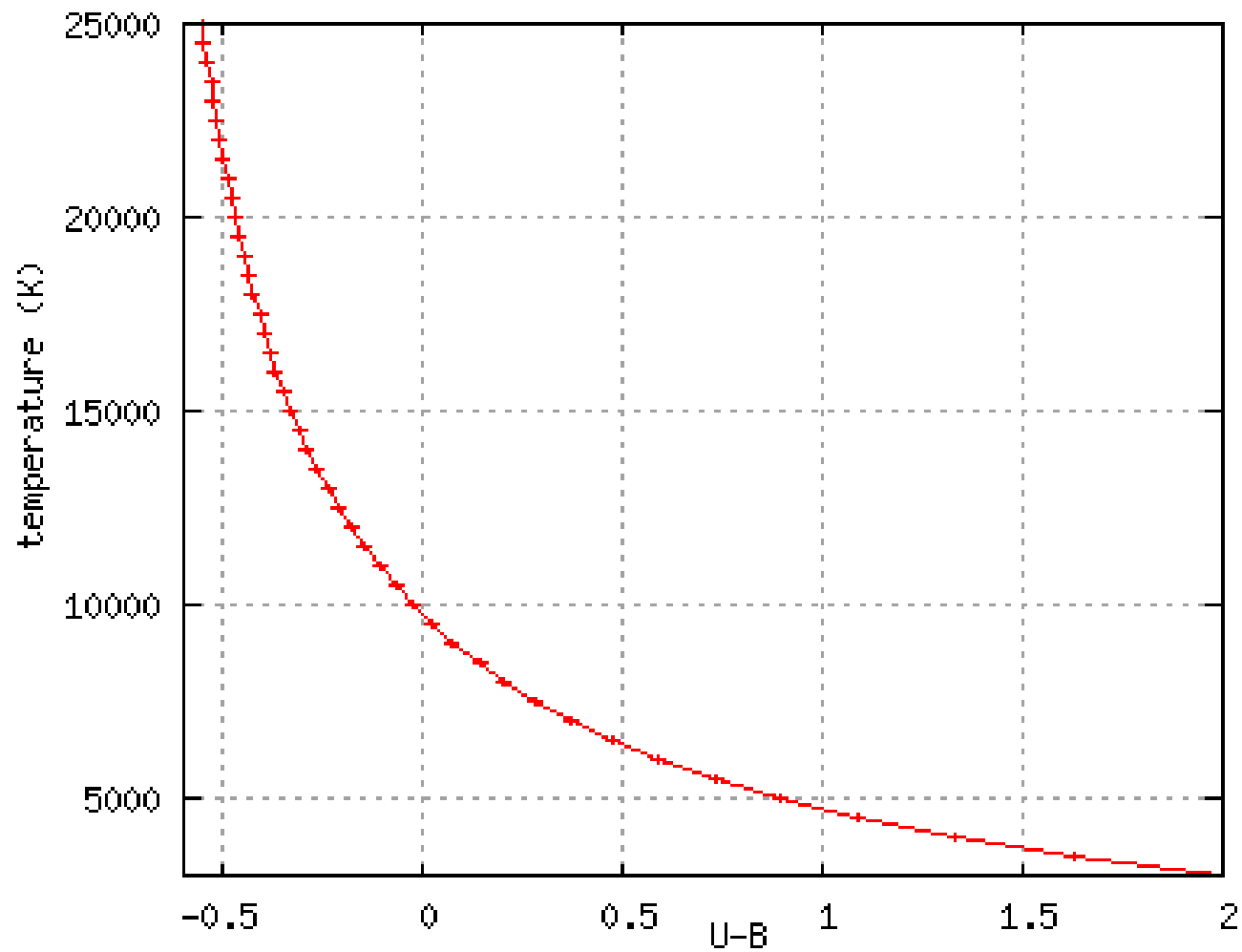
# 측광

- 천체가 방출하는 광량을 측정하는 것
- 천체의 측광에 가장 많이 사용되는 측광계-UBV측광계
- 자외 필터, 청색 필터, 안시 필터 사용-U, B, V 삼색등급
- B-V 색지수: 온도의 지표로 많이 사용
- U-B 색지수: 중원소 함량에 대한 정보를 얻는데 사용

# UBV 필터



# Color Index







**The END**