

WYBUCHY GWIAZD SUPERNOWYCH - kosmiczne kataklizmy





**WSZYSTKO WE WSZECHŚWIECIE PODLEGA ZMIANOM
GWIAZDY RÓWNIEŻ.**

**PRZECHODZĄ ONE :
FAZĘ NARODZIN,
WIEK DOJRZAŁY,
W KOŃCU UMIERAJĄ.**

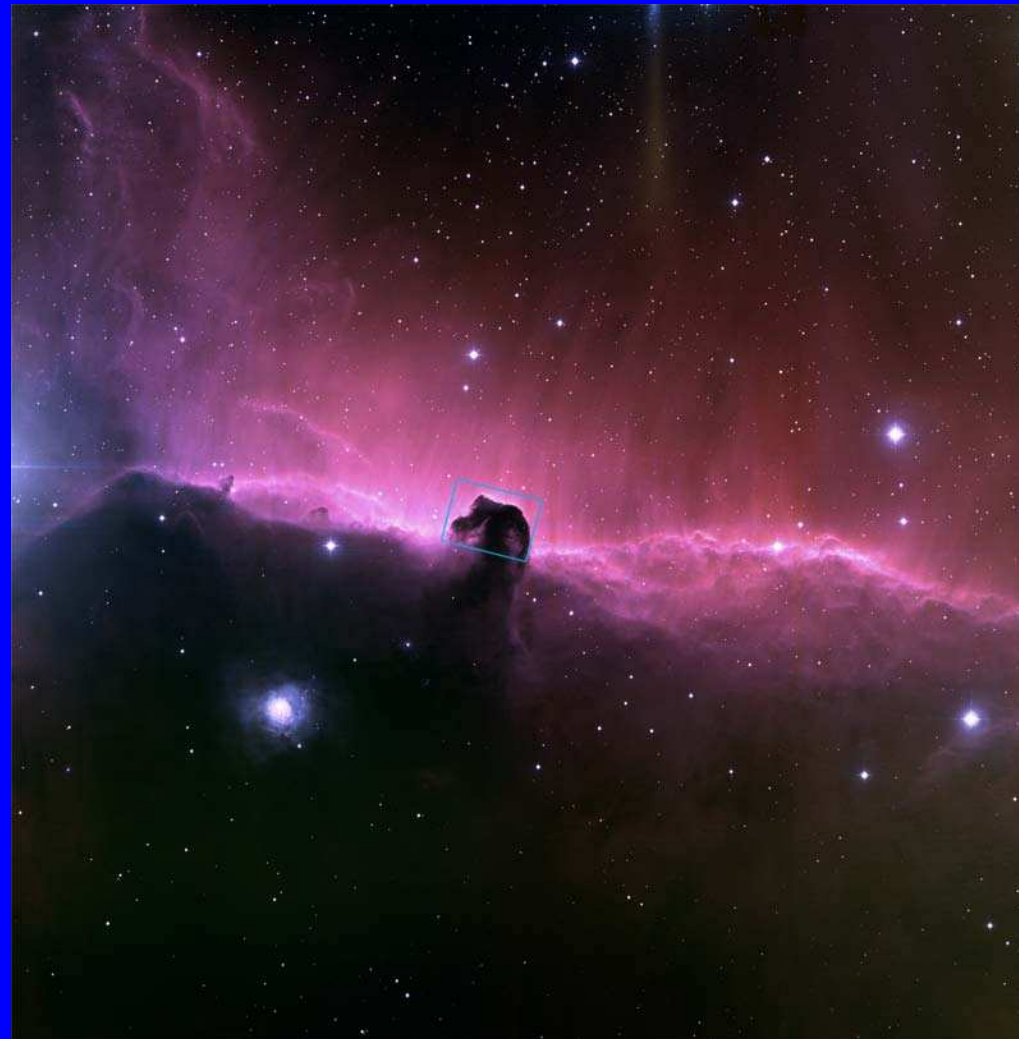
**NIEKTÓRE Z NICH KOŃCZĄ ŻYCIE W
SPEKTAKULARNYM AKCIE WYBUCHU tzw.**

GWIAZDY SUPERNOWEJ.

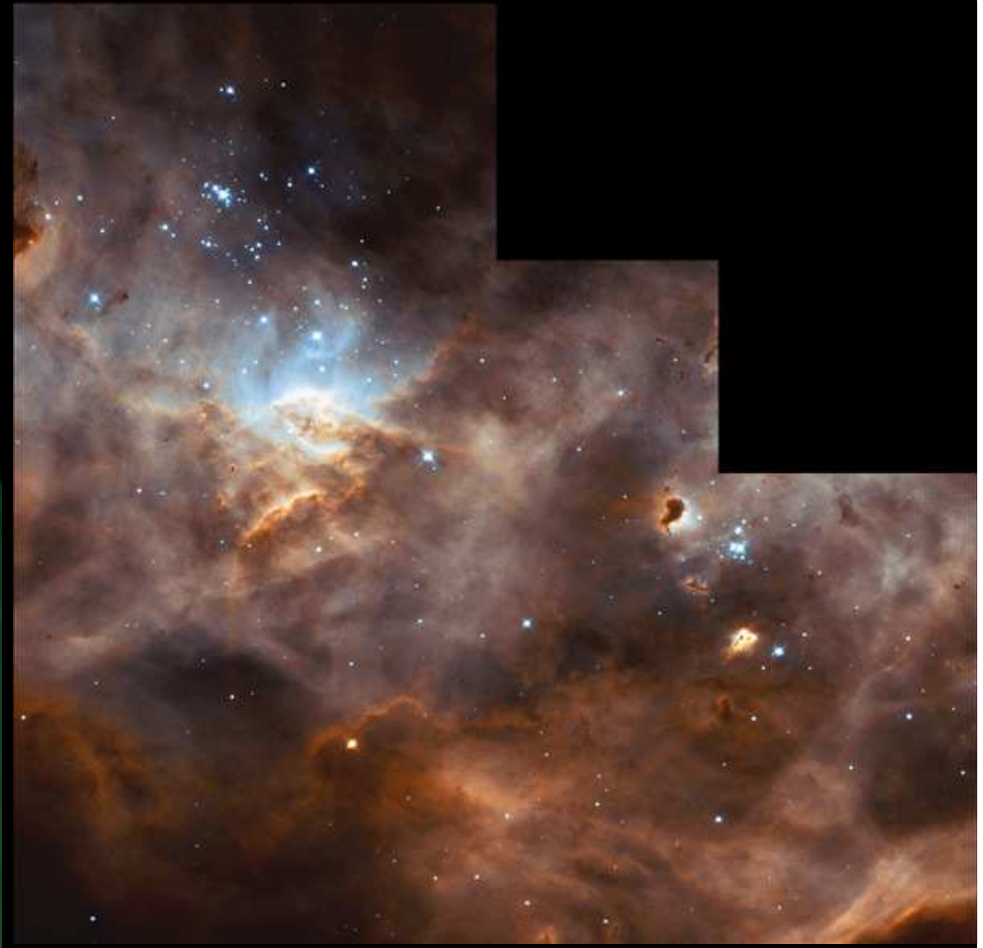
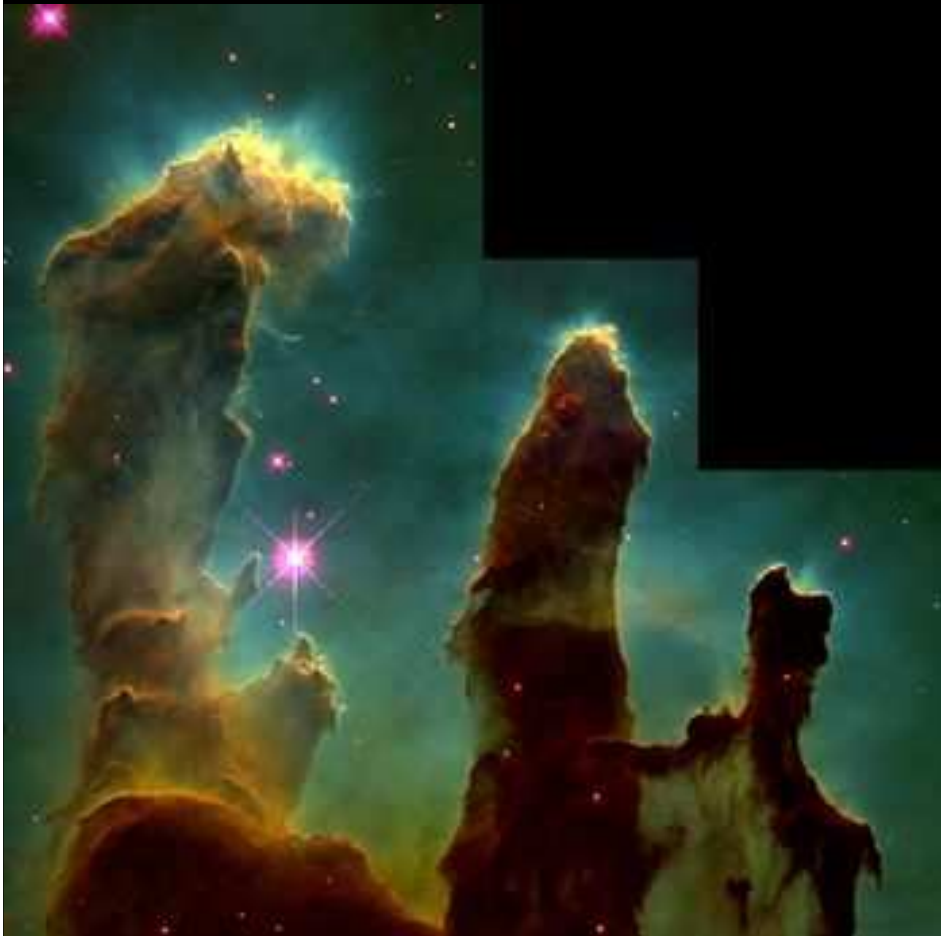
O TYM BĘDZIE MOWA W NINIEJSZEJ PREZENTACJI.

NARODZINY GWIAZD

TWORZYWEM, Z KTÓREGO FORMUJĄ SIĘ GWIAZDY JEST MATERIA MIĘDYGWIAZDOWA – ZWŁASZCZA OBŁOKI GAZOWO PYŁOWE.



WSZYSTKIE GWIAZDY RODZĄ SIĘ W TAKICH OBŁOKACH. GĘSTSZY FRAGMENT OBŁOKU KURCZY SIĘ POD WPŁYWEM WŁASNEJ GRAWITACJI I STOPNIOWO NAGRZEWA.



**„EMBRIONY” GWIAZD W KOKONIE PYŁOWO GAZOWYM.
SĄ TO tzw. PROTOGWIAZDY.**

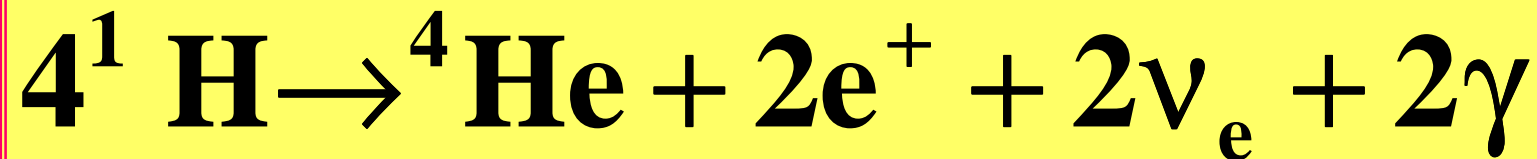


W TRAKCIE KON-
DENSACJI PROTO-
GWIAZDA STOPNIO-
WO NAGRZEWA
SIĘ DO OK. 3000K
ZAŚ W CENTRUM
DO MILIONA K.



Ewolucja gwiazd - 1

GDY TEMPERATURA W CENTRUM (W JĄDRZE) GWIAZDY OSIĄGNIJE OK. 15 mln. K TO ZACZYNA SIĘ TAM REAKCJA TERMOJĄDROWA, KTÓRĄ SKRÓTOWO MOŻNA ZAPISAĆ :



W JEJ WYNIKU STOPNIOWO W JĄDRZE GWIAZDY UBYWA WODORU I PRZYBYWA HELU. TRWA TO - W ZALEŻNOŚCI OD POCZĄTKOWEJ MASY – OD KILKuset MILIONÓW LAT DO PONAD 10 MILIARDÓW LAT.

NA TYM ETAPIE EWOLUCJI JEST OBECNIE NASZE SŁOŃCE.

PRĘDZEJ LUB PÓŹNIEJ WODOROWE PALIWO WYCZERPIE SIĘ I GWIAZDA PRZEJDZIE DO KOLEJNEGO ETAPU SWOJEGO ŻYCIA.

Ewolucja gwiazd - 2

Dalszy przebieg ewolucji gwiazdy zależy głównie od jej masy w momencie rozpoczęcia reakcji termojądrowych w jej wnętrzu.

**Duża masa => szybsza ewolucja
krótsze życie
gwałtowny koniec**

TYLKO GWIAZDY O MASACH POCZĄTKOWYCH POWYŻEJ **3.5 MAS SŁOŃCA** DOCHODZĄ W KOŃCU SWOJEGO ŻYCIA DO WYBUCHU SUPERNOWEJ.
TAKIMI GWIAZDAMI ZAJMIEMY SIĘ W DALSZYM CIĄGU NINIEJSZEJ PREZENTACJI.

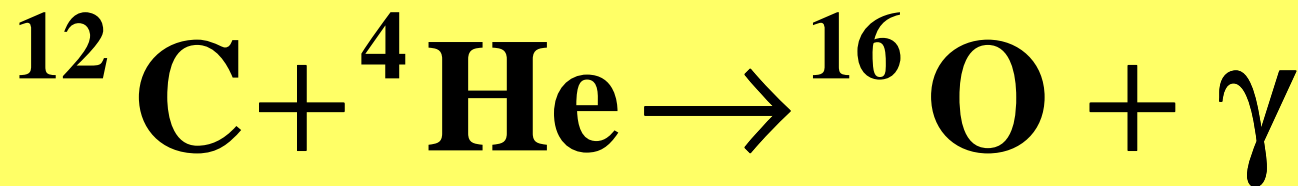
Ewolucja gwiazd - 3

GDY W JĄDRZE GWIAZDY WYCZERPIE SIĘ PALIWO WODOROWE TO HELOWE JĄDRO STOPNIOWO KURCZY SIĘ I NAGRZEWA ZAŚ POZOSTAŁE WARSTWY GWIAZDY ROZDYMAJĄ SIĘ TWORZĄC GWIAZDĘ – OLBRZYMA.

GDY TEMPERATURA JĄDRA OSIĄGNIJE OK. 10^8 K ZACZNIE SIĘ PROCES TERMOJĄDROWEGO „SPALANIA” HELU W WĘGIEL:



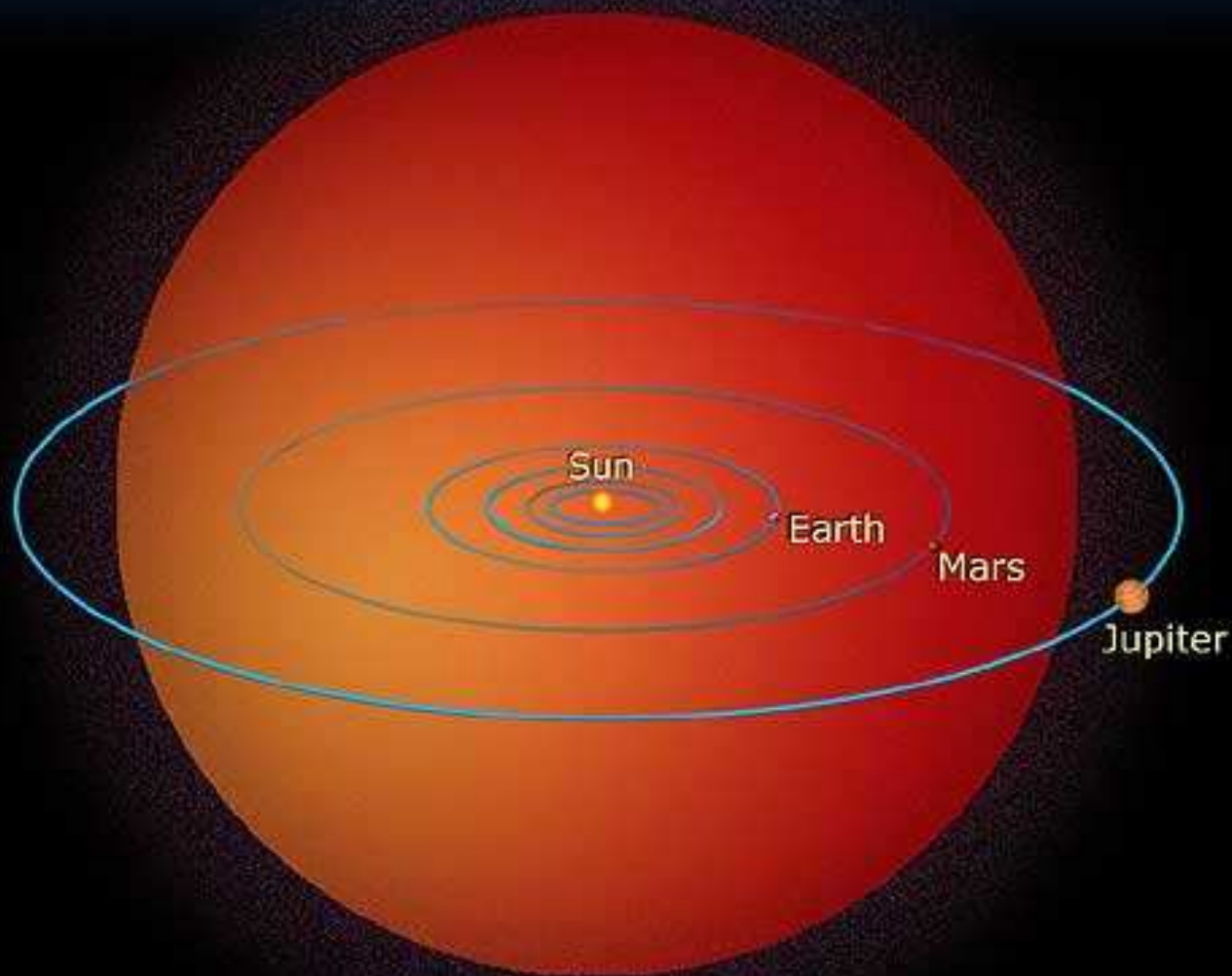
A W KOLEJNYM ETAPIE, W MIARĘ PRZYBYWANIA WĘGLA ZACZNIE SIĘ REAKCJA:



NA TYM ETAPIE GWIAZDA JEST **ROZDĘTYM NADOLBRZYMEM** O ROZMIARACH NAWET WIĘKSZYCH OD ORBITY ZIEMSKIEJ.

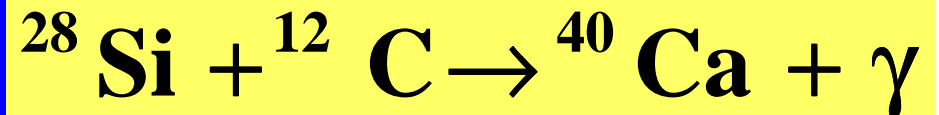
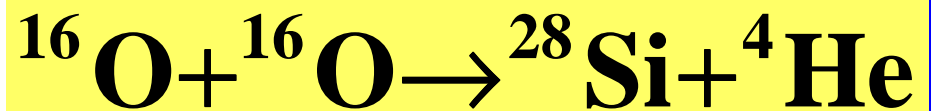
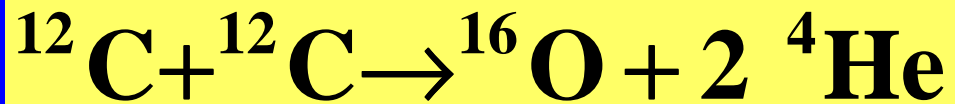
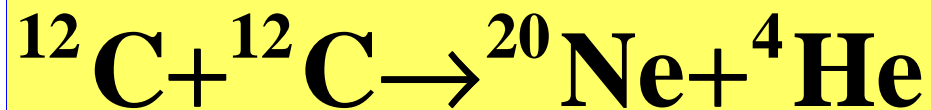
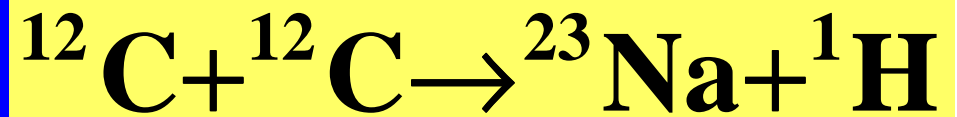
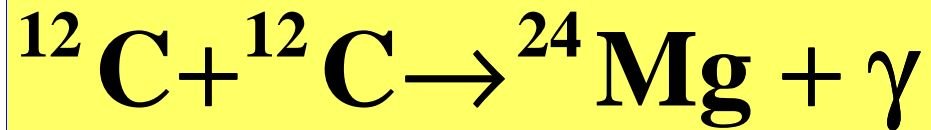
GWIAZDY - olbrzymy i nadolbrzymy o średnicy porównywalnej z średnicą orbity Marsa,

Size of star V838 Monocerotis at its fullest, compared with our solar system



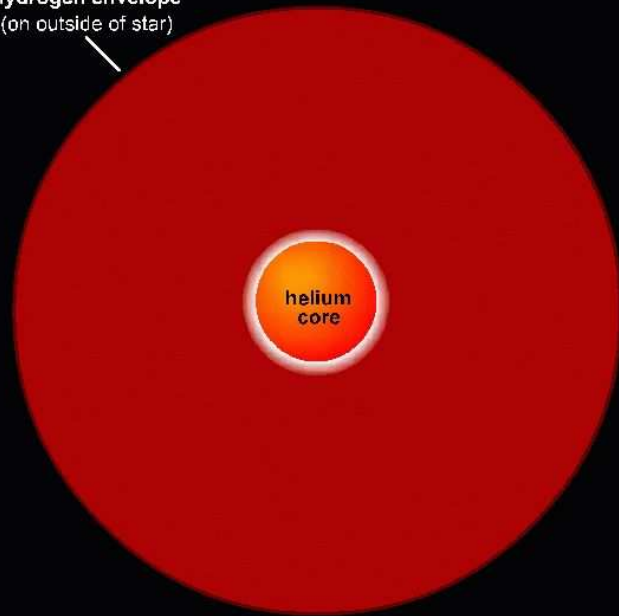
Ewolucja gwiazd - 4

GDY WYCZERPUJE SIĘ ZAPAS HELU JĄDRO GWIAZDY ZNÓW KURCZY SIĘ I NAGRZEWA. PRZY TEMPERATURZE OK. 800 mln. K ZACZNĄ SIĘ KOLEJNE REAKCJE TERMOJĄDROWE:



STOPNIOWO W KOLEJNYCH PROCESACH TERMOJĄDROWYCH POWSTAJĄ CORAZ CIĘŻSZE PIERWIASTKI, AŻ DO ŻELAZA WŁĄCZNIE.

hydrogen envelope
(on outside of star)



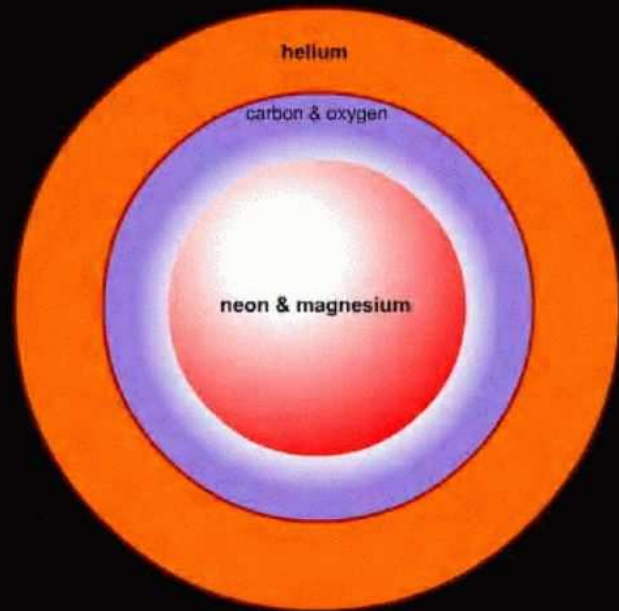
step 1

end of star's stable life

After all of the hydrogen atoms have been fused into helium, the nuclear reactions will cease inside the core of the star.

Gravity is taking its toll on the core; the atoms inside of it are being pushed together, and the temperature is rising from the usual 40 million degrees C (Celsius) to 170 million degrees C. The new heat from the core makes the hydrogen envelope expand to about 100 times the size of the original star. The hydrogen envelope begins to weaken because of stellar wind.

next >

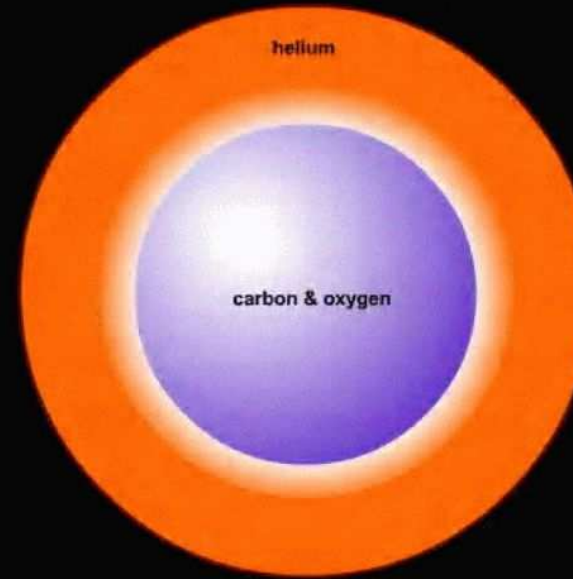


step 3

one thousand years to explosion

All of the helium in the inner core has been used up, and gravity is again forcing the star ever inward. The carbon core's temperature is again raised, now to 700 million degrees C, and the carbon is fusing into neon and magnesium. The surrounding layers are still converting helium to carbon and hydrogen to helium.

back next >

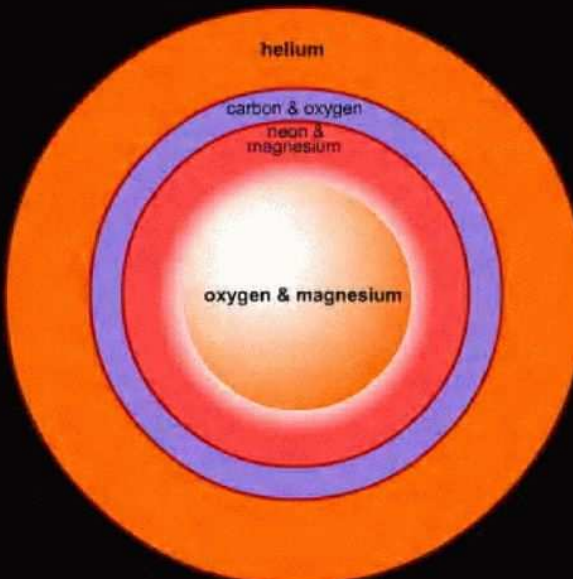


step 2

one million years to explosion

Everything taking place during the end of this star's life will occur inside of its core. A new sequence of fusions will happen. The helium atoms now fuse to make heavier elements, mainly oxygen and carbon. Each new layer formed from now on is hotter and denser than the previous.

back next >

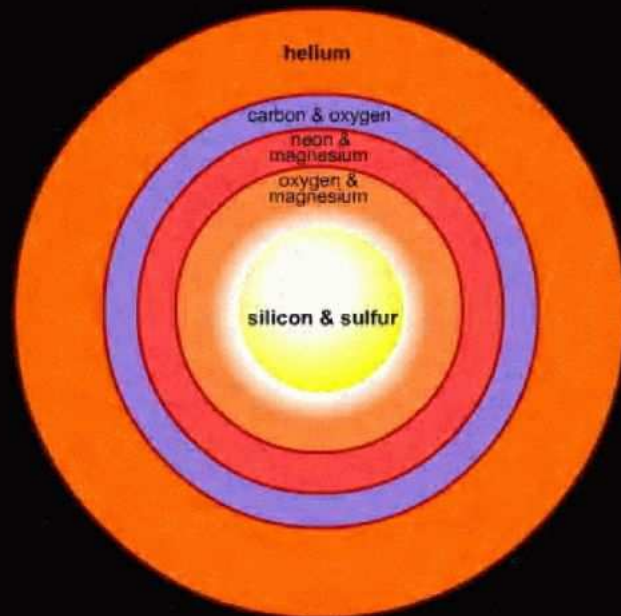


step 4

seven years to explosion

At the point that the core's temperature reaches 1.5 billion degrees C, the neon atoms are fused into oxygen and more magnesium. The different core layers keep getting denser and denser as the star continues to fuse new materials.

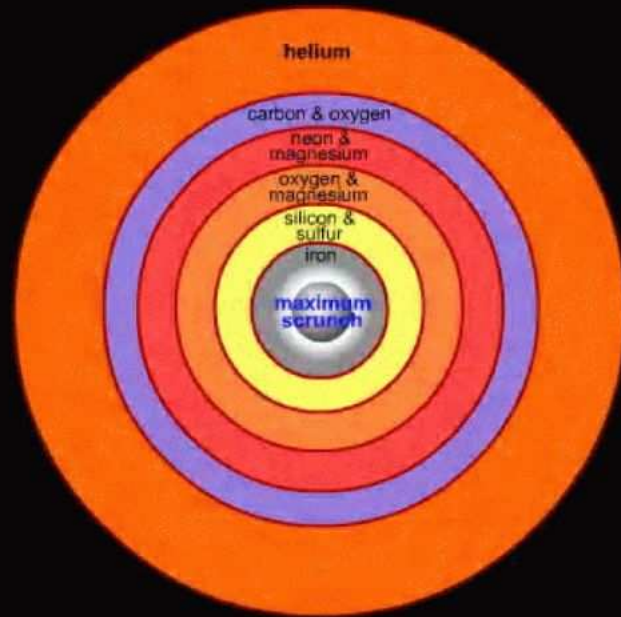
back next >



step 5

one year to explosion
 As the core is compacted even more, the temperature reaches above two billion degrees C, the oxygen atoms fuse to form silicon and sulfur.

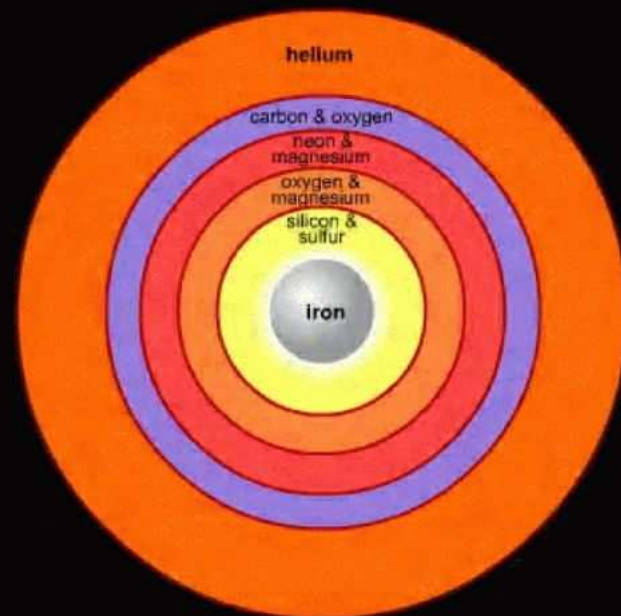
[back](#) [next](#) >



step 7

tenths of seconds to explosion
 When the innermost iron core cannot fuse any more elements, then core collapses for the final time, at a speed of 45,000 miles per second, or one-quarter the speed of light! The temperature of the core rises to a blistering 100 billion degrees C. The iron sphere that used to be about the size of earth is now compacted into a sphere only a scant 10 miles across (Earth is about 8,000 miles across). The unimaginable heat produces what are called neutrinos, chargeless particles which are then trapped inside the iron core. Scientists called this point the "maximum scrunch" because the core cannot be compressed anymore, and until nuclei overcome gravity, there is a precarious balance between them being held in by gravity and breaking loose of gravity's grasp.

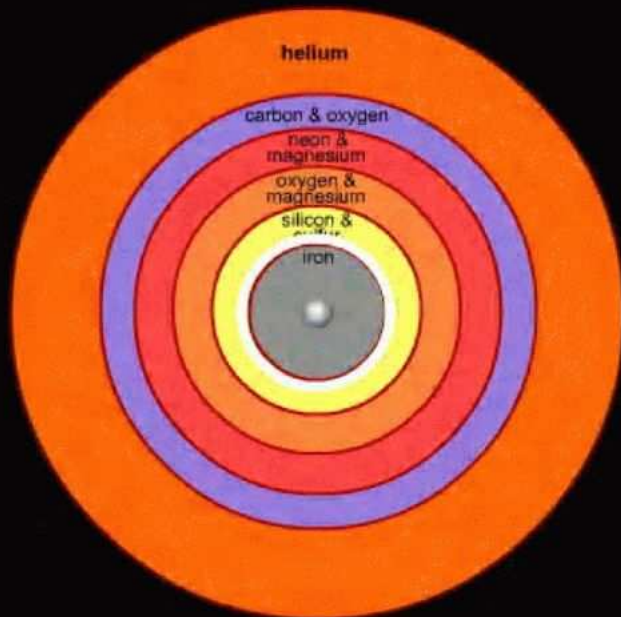
[back](#) [next](#) >



step 6

a few days to explosion
 The ever collapsing core is pushed to three billion degrees, and silicon and sulfur is fused into a tightly compacted sphere of iron. The sphere is approximately 1.44 solar masses (1.44 x size of our sun) Iron does not allow its atoms to be fused into heavier elements, so this is the last possible fusion to take place inside the star.

[back](#) [next](#)

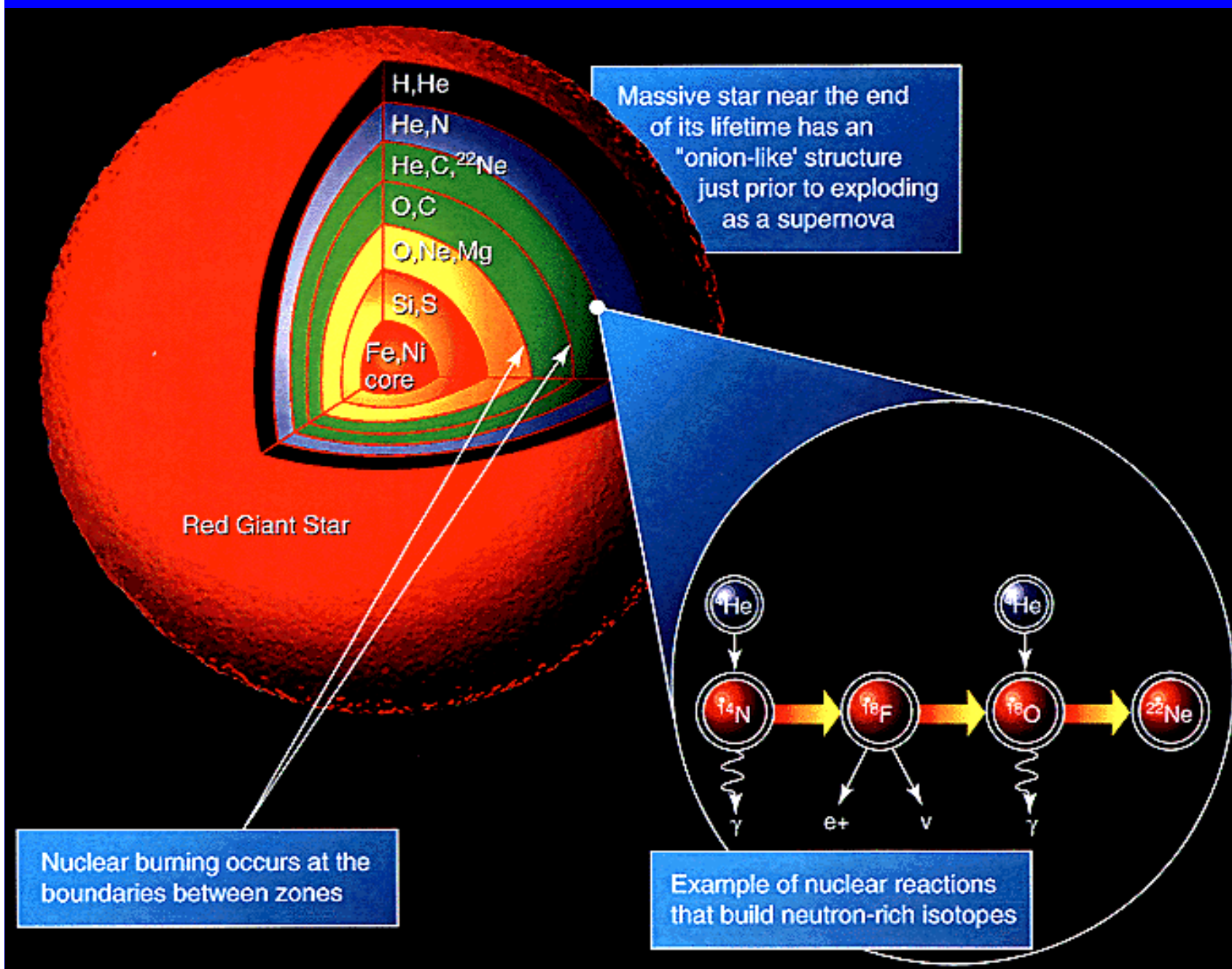


step 8

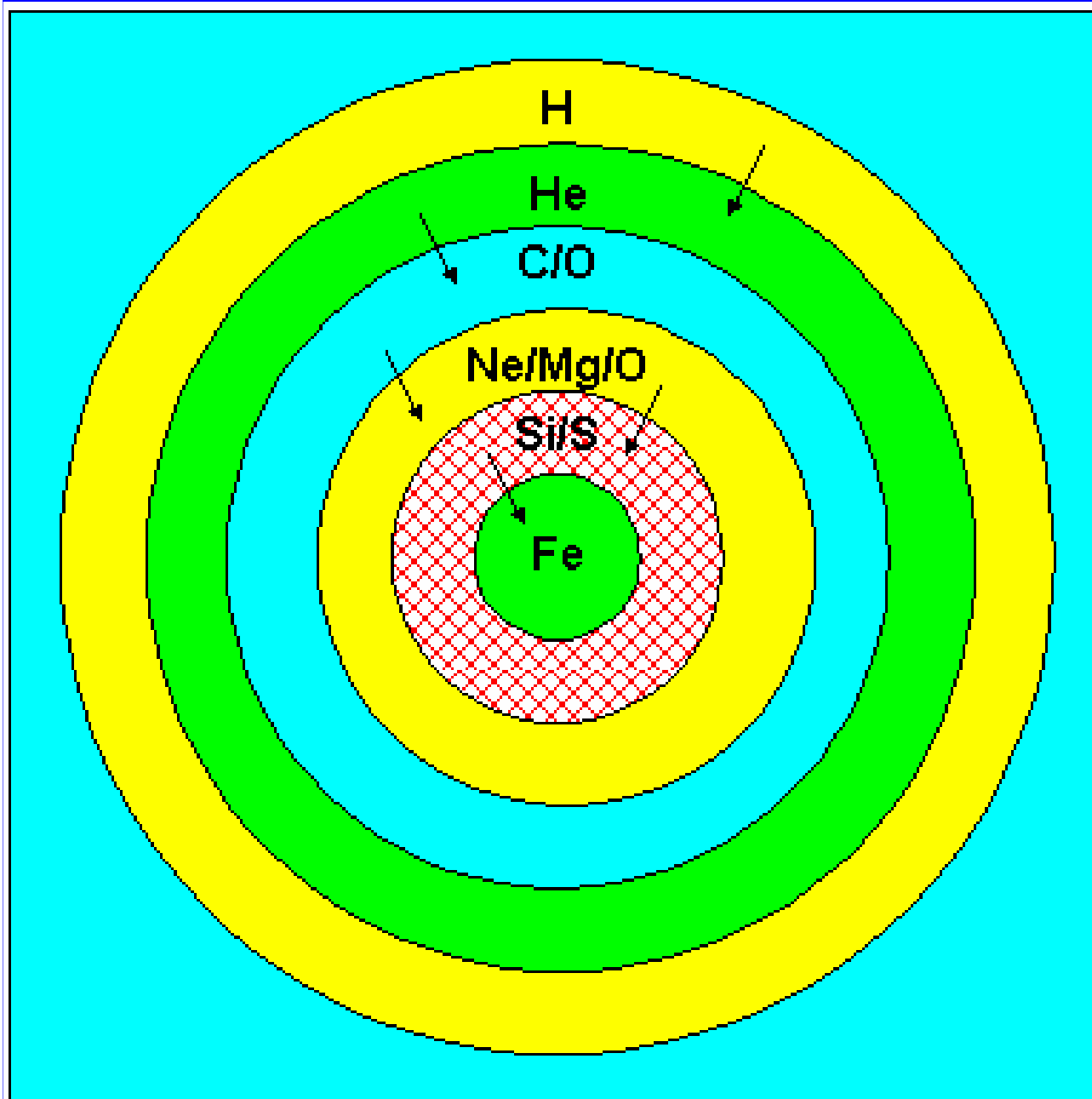
milliseconds into explosion
 When the core's nuclei overcomes gravity, the center core hurls matter out from it into the silicon layer in a massive shock wave, causing some the silicon's nuclei to fuse into radioactive material. The shock wave will form more new materials as it blasts through the outer layers.

[back](#) [next](#) >

JĄDRO MASYWNEJ GWIAZDY KRÓTKO PRZED WYBUCEM



JĄDRO MASYWNEJ GWIAZDY KRÓTKO PRZED WYBUCHEM



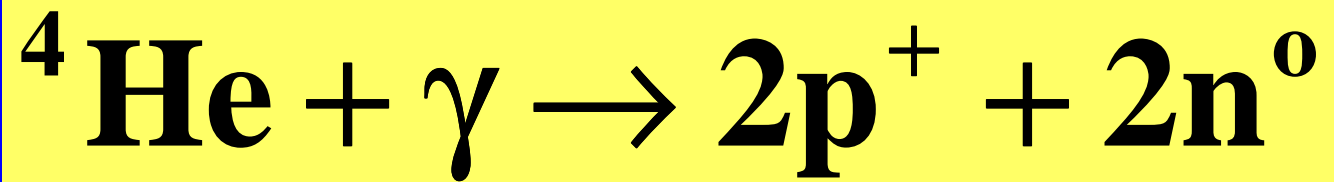
**GDY MASA ŻELAZNEGO
RDZENIA PRZEKROCZY
WARTOŚĆ KRYTYCZNĄ,
ZACZYNA SIĘ JEGO
KATASTROFICZNY
KOLAPS (IMPLOZJA).
JEST TO MOMENT WY-
BUCHU SUPERNOWEJ.**

W KOŃCU NASTĘPUJE IMPLOZJA ŹELAZNEGO RDZENIA GWIAZDY, KTÓRA PROWADZI DO POWSTANIA EGZOTYCZNEGO OBIEKTU - TZW. **GWIAZDY NEUTRONOWEJ.**

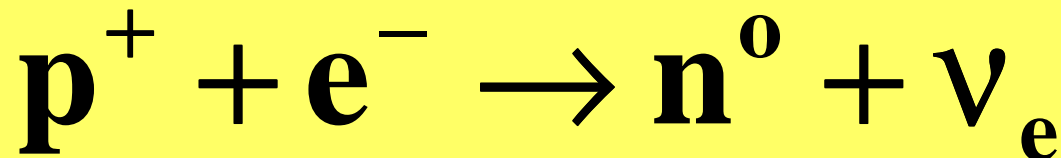
NATOMIAST SPADAJĄCE NA TO NEUTRONOWE JĄDRO ZEWNĘTRZNE WARSTWY GWIAZDY ODBIJAJĄ SIĘ GWAŁTOWNIE I CAŁA DOTYCHCZASOWA GWIAZDA ZOSTAJE ROZERWANA W WYBUCHU SUPERNOWEJ.



W TRAKCIE KOLAPSU ŻELAZNEGO RDZENIA, W TEMPERATURZE KILKU MILIARDÓW KELVINÓW, ZACZYNA SIĘ PROCES DEZINTEGRACJI JĄDER ATOMOWYCH:

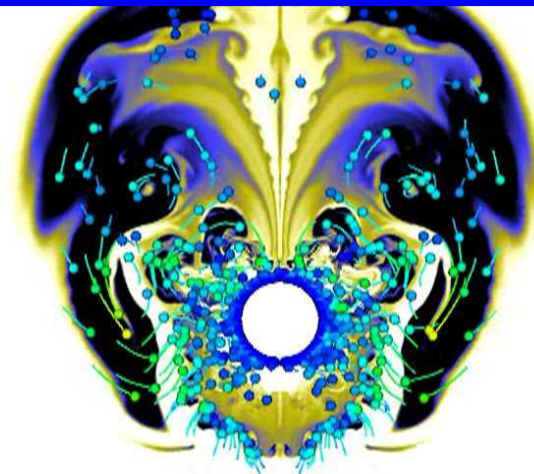
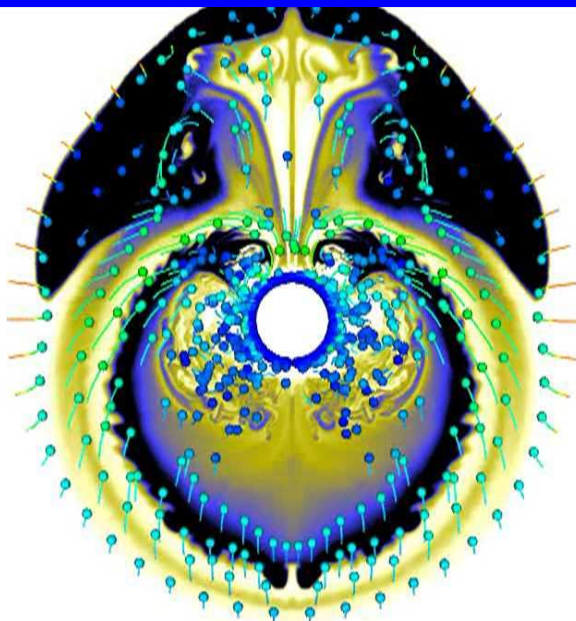
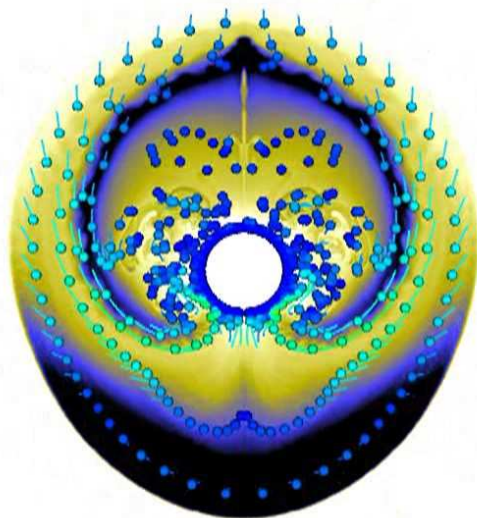
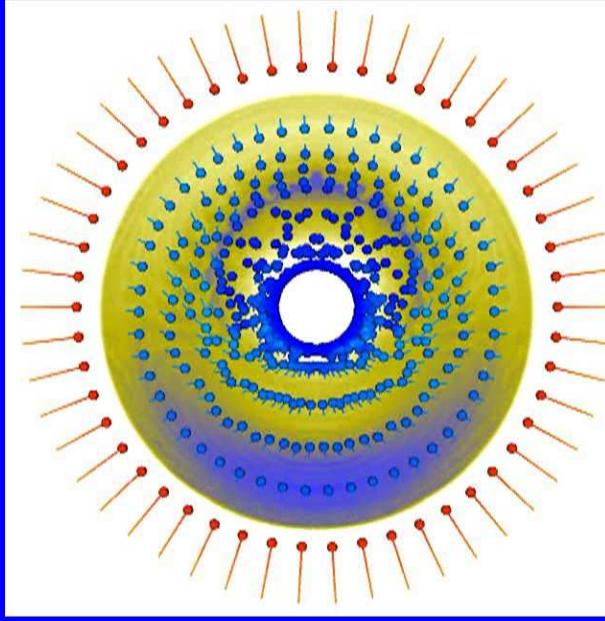
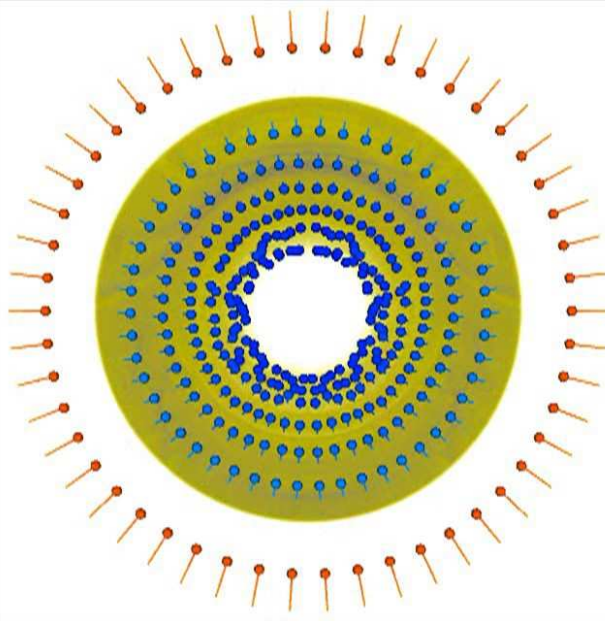
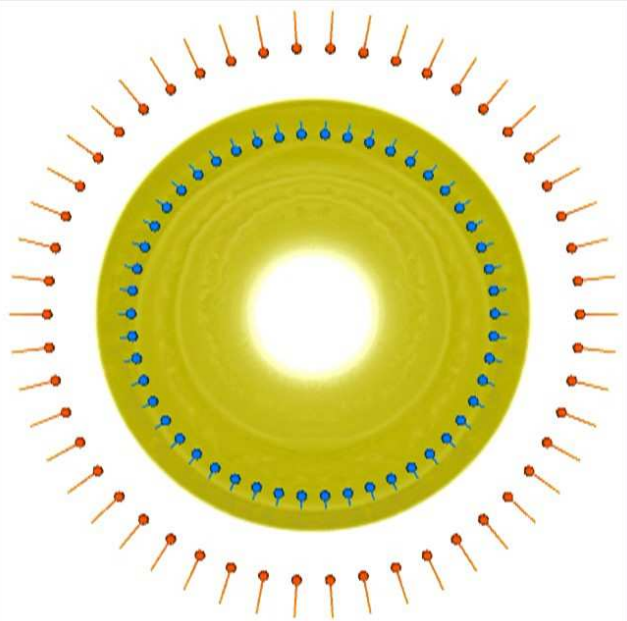


NASTĘPNIE ZACHODZI PROCES NEUTRONIZACJI MATERII W REAKCJI TZW. ODWROTNEGO PROCESU β :

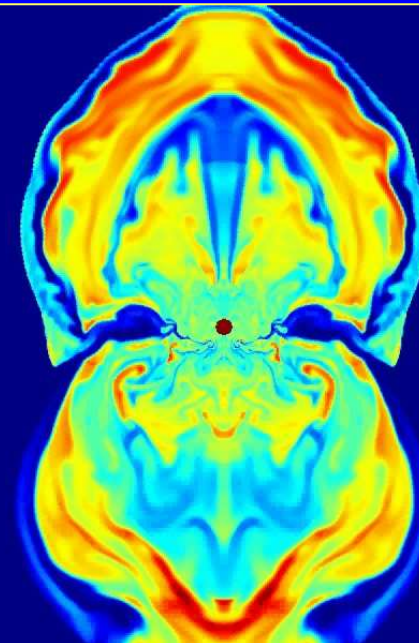
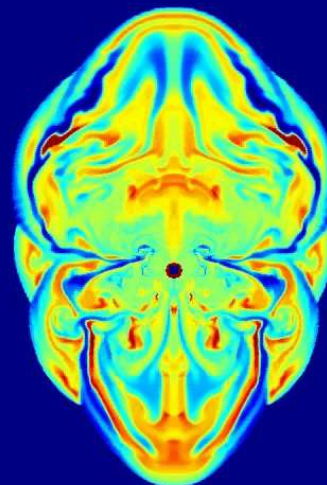
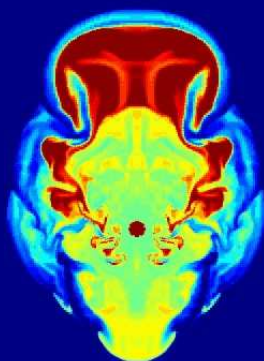
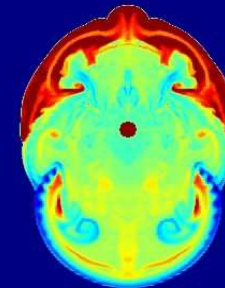
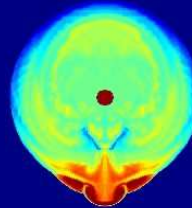
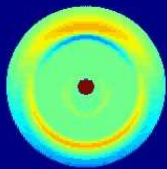


PRZY KTÓRYM WYDZIELA SIĘ OGROMNA ILOŚĆ NEUTRIN (TZW. BŁYSK NEUTRINOWY)

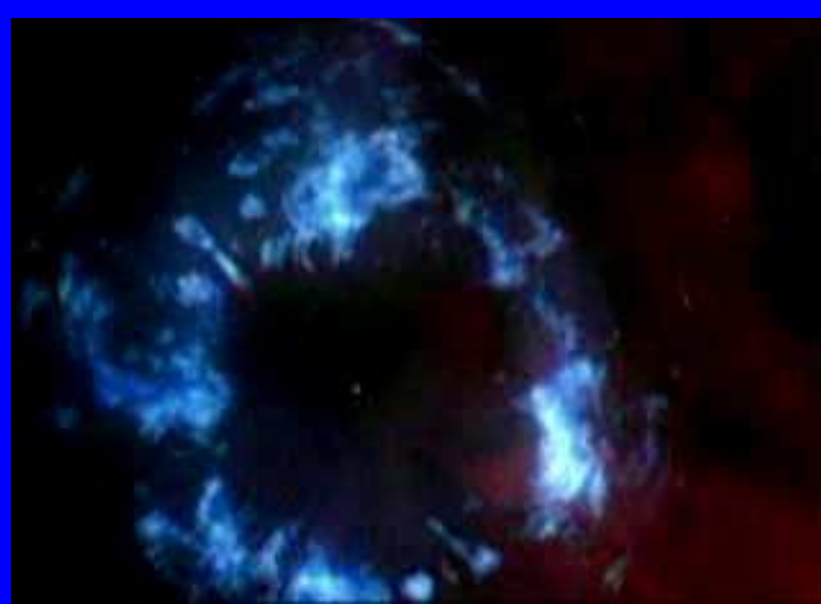
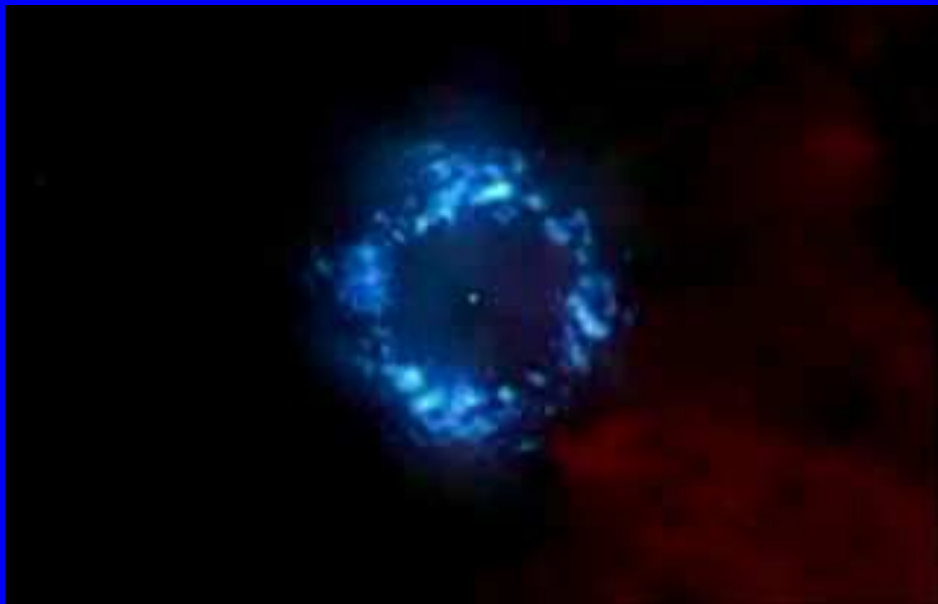
IMPLOZJA JĄDRA GWIAZDY - kolejne fazy



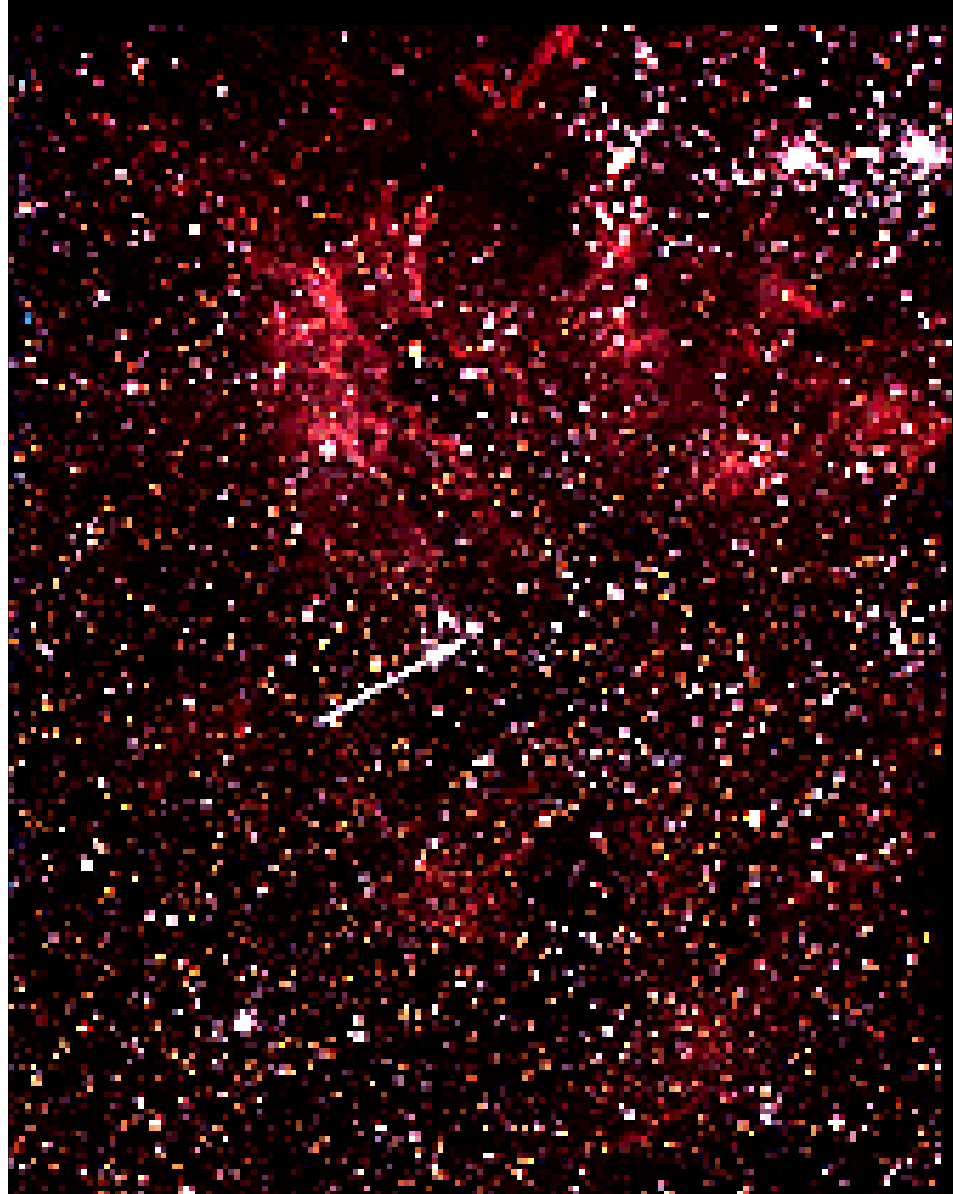
IMPLOZJA JĄDRA GWIAZDY - kolejne fazy



EKSPLOZJA SUPERNOWEJ (kolejne fazy)



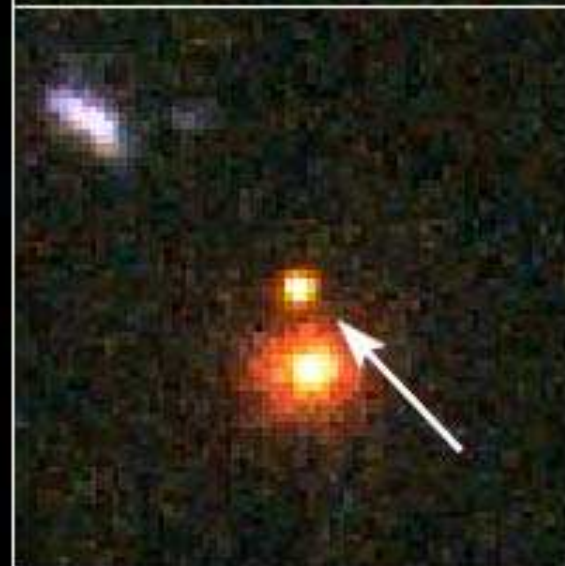
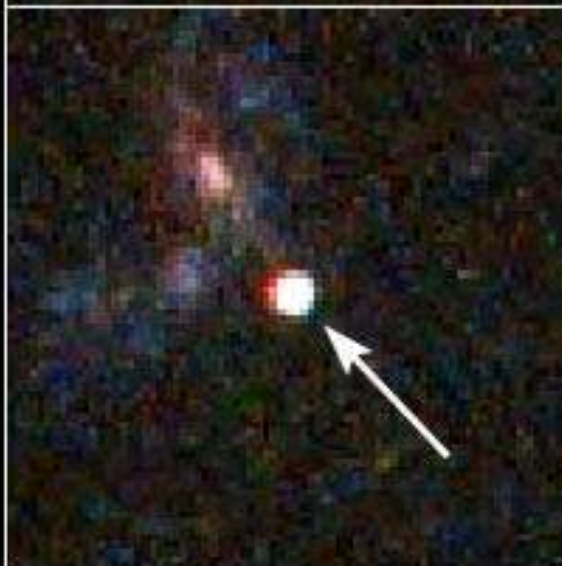
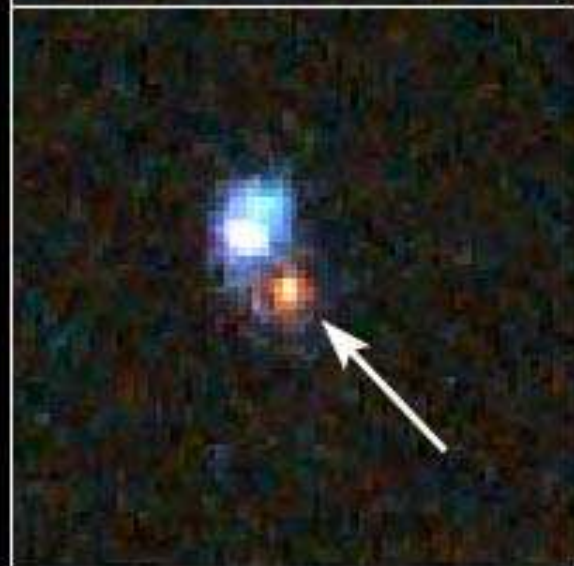
ZDJĘCIE PRZED I PO WYBUCHU



PRZED I PO WYBUCHU

Distant Supernovae

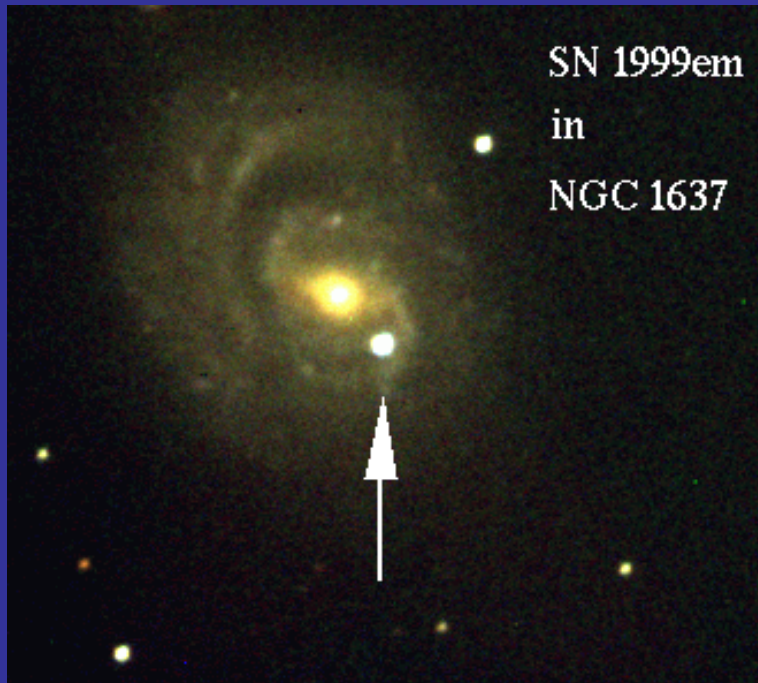
Hubble Space Telescope - ACS



NASA and A. Riess (STScI)

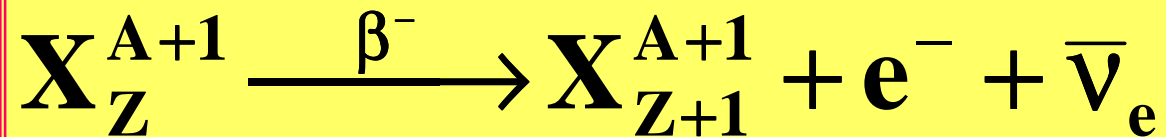
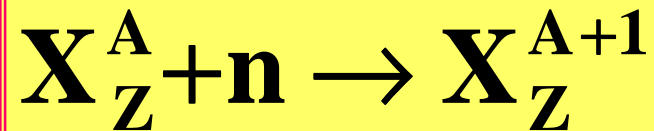
STScI-PRC04-12

WYBUCH SUPERNOWEJ WIDAĆ NAWET W ODLEGŁEJ GALAKTYCE

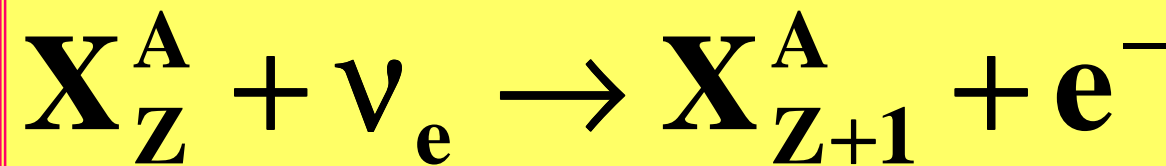


NUKLEOSYNTeza W TRAKCIE WYBUCHU SUPERNOWEJ

W CIĄGU KILKUNASTU MINUT WYBUCHU POPRZECZ KOLEJNE WYCHWYTY NEUTRONÓW I ROZPADY BETA POWSTAJĄ PIERWIASTKI CIĘŻSZE OD ŻELAZA:



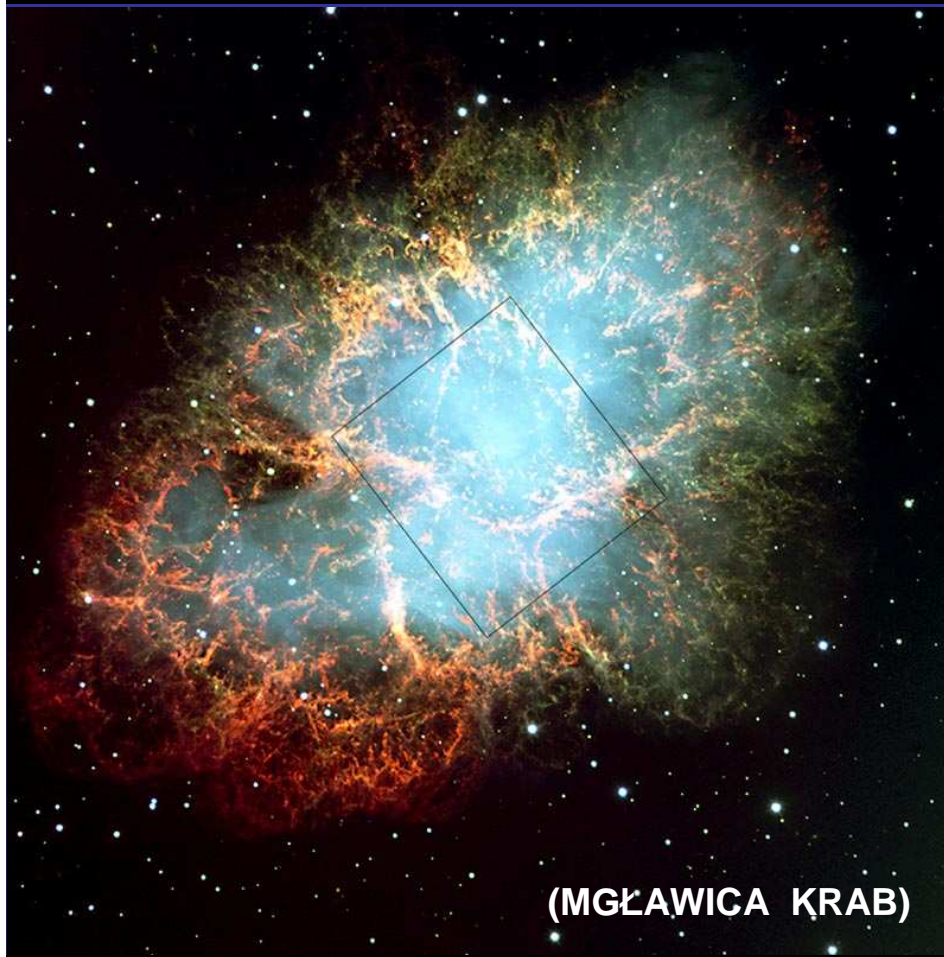
LUB PRZECZ WYCHWYTY NEUTRIN:



TO WŁAŚNIE WYBUCHY SUPERNOWYCH WYPRODUKOWAŁY ISTNIEJĄCE WE WSZECHŚWIECIE (W TYM TAKŻE NA ZIEMI) CIĘŻSZE PIERWIASTKI.

JESTEŚMY (POŚREDNIO) PRODUKTEM WYBUCHÓW SUPERNOWYCH.

KRAJOBRAZ PO KATAKLIŹMIE (1)

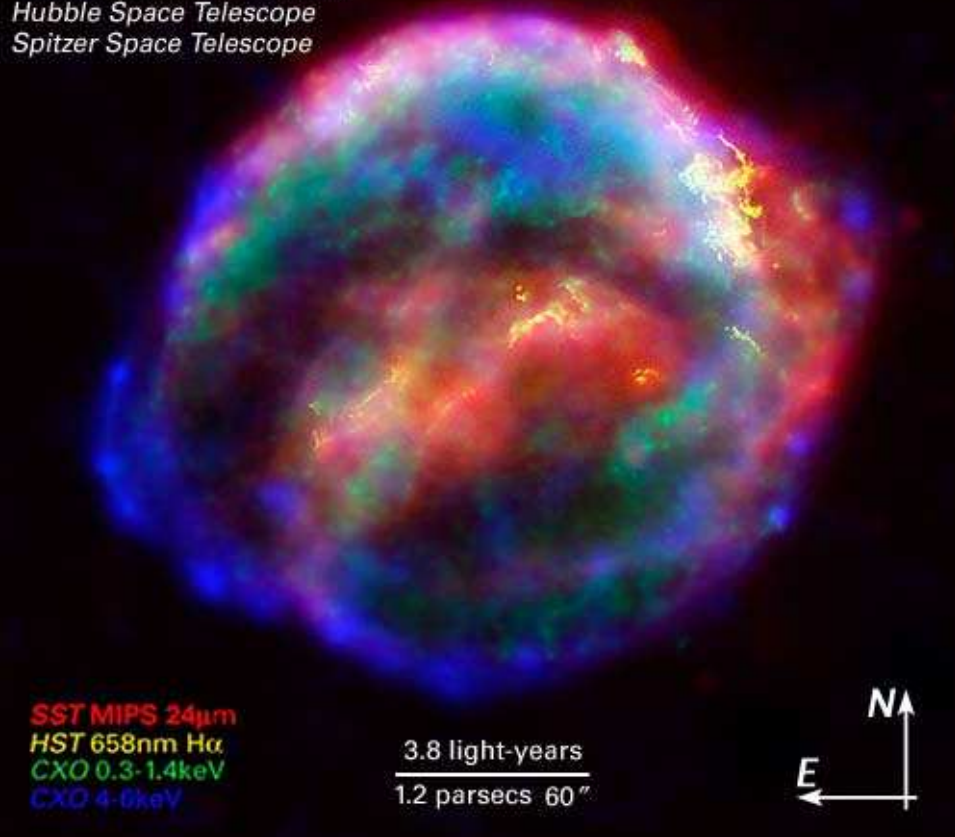


(MŁAWICA KRAB)

Pozostałość po wybuchu gwiazdy
supernowej z 1054 r.

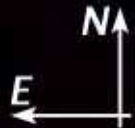
Kepler's Supernova Remnant SN 1604

*Chandra X-ray Observatory
Hubble Space Telescope
Spitzer Space Telescope*

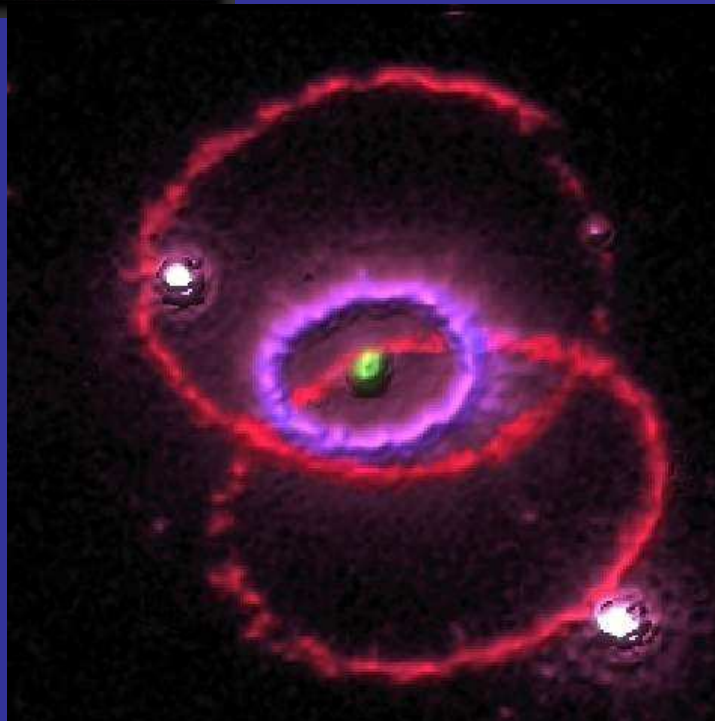
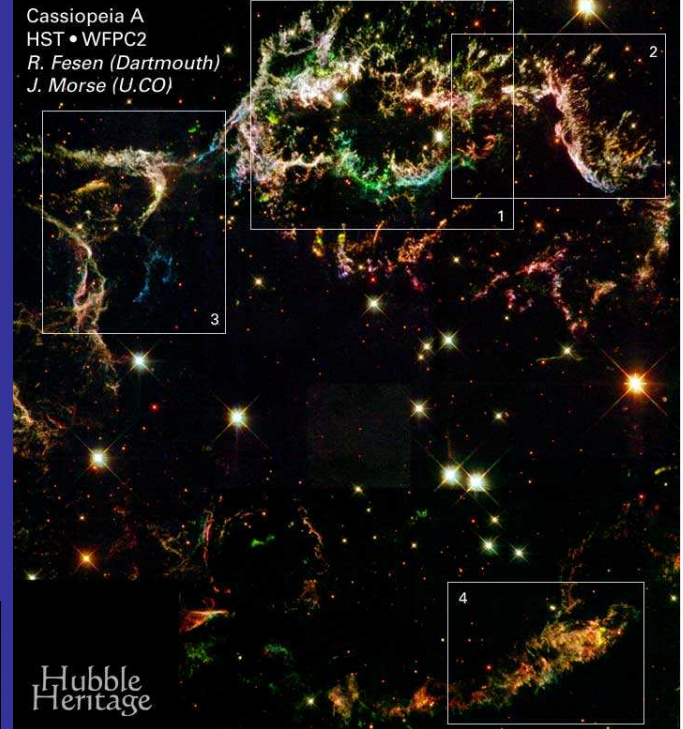


SST MIPS 24 μ m
HST 658nm H α
CXO 0.3-1.4keV
CXO 4-8keV

3.8 light-years
1.2 parsecs 60''



KRAJOBRAZY PO KATAKLIŹMIE (2)



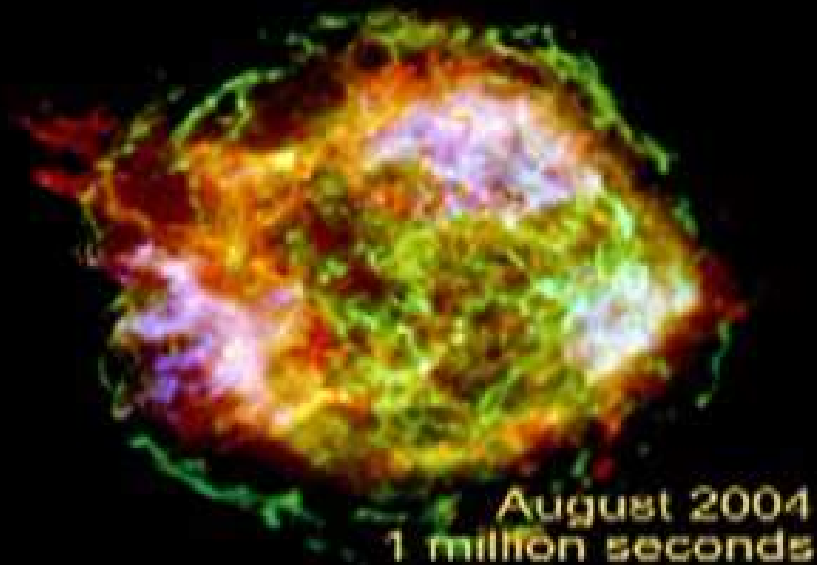
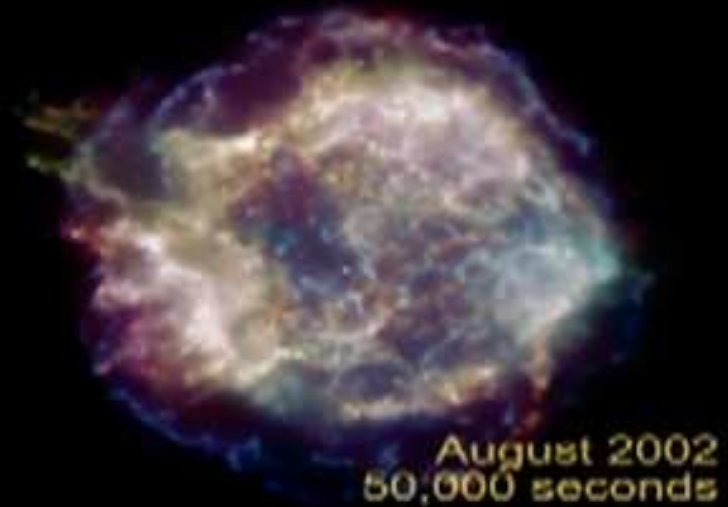
KRAJOBRAZ PO KATAKLÍZMIE (3)

Supernova Remnant LMC N 63A

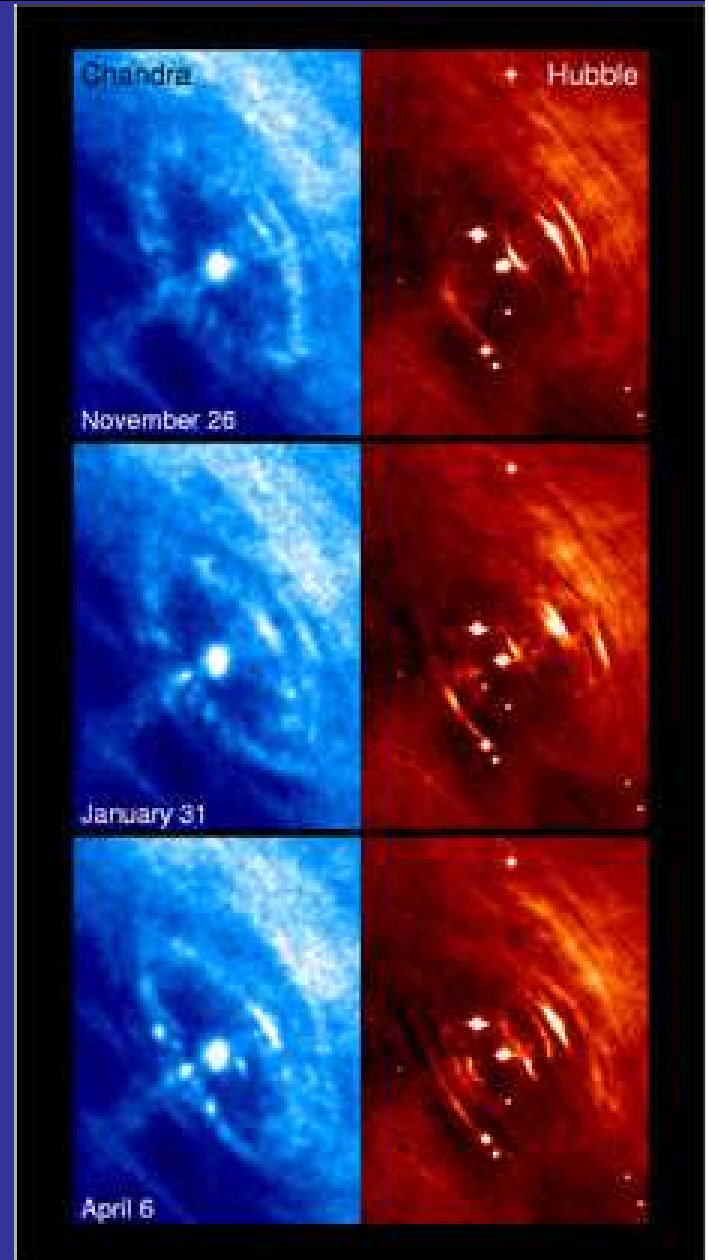
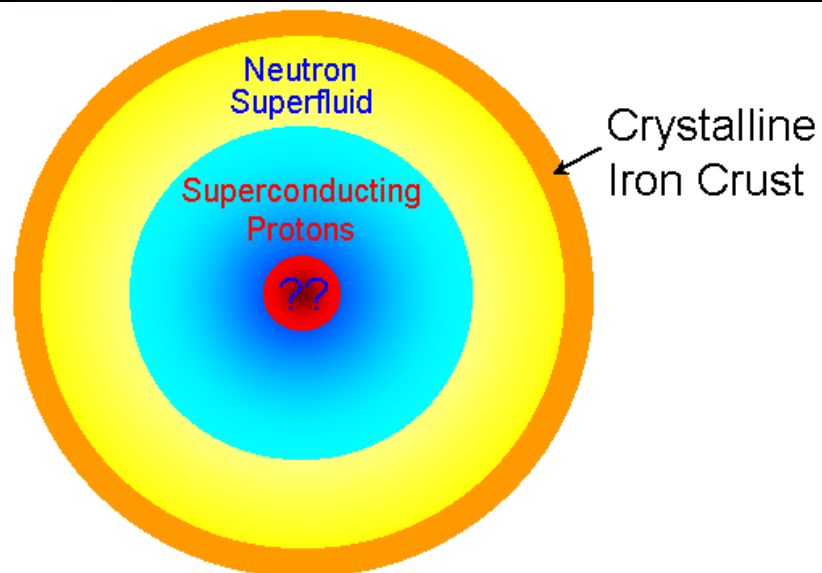


Hubble
Heritage

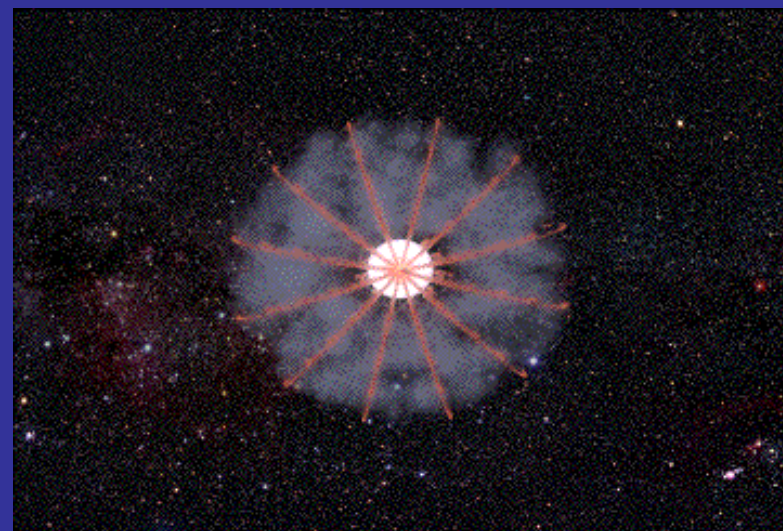
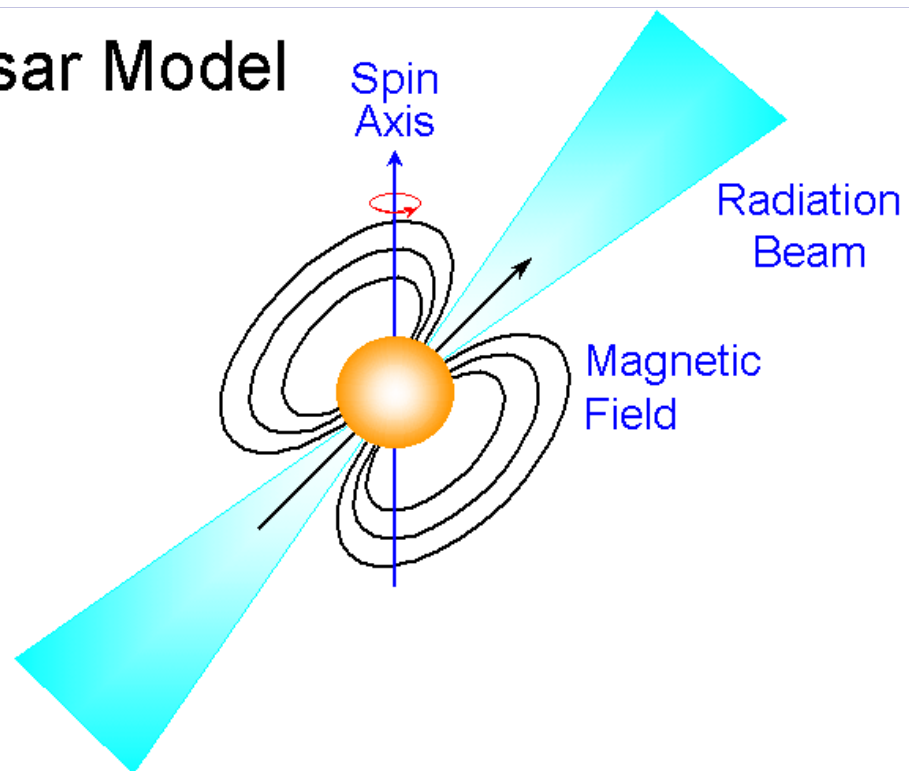
KRAJOBRAZ PO KATAKLIŽMIE (4)



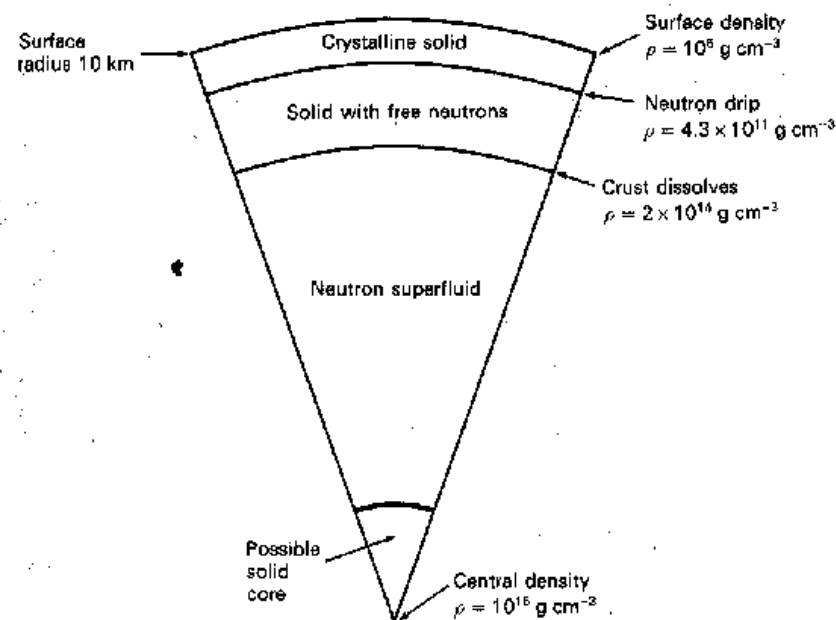
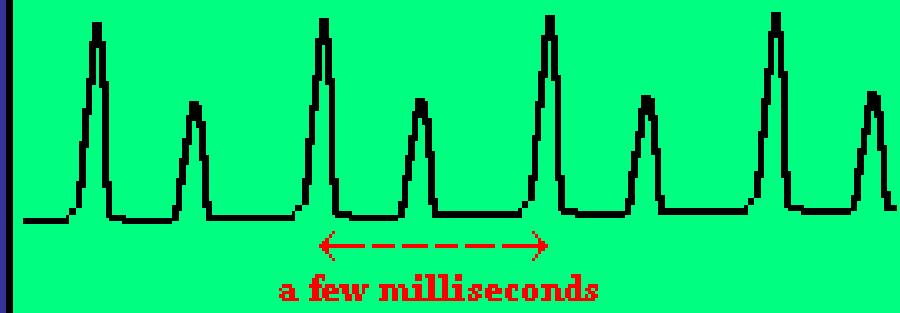
PULSAR - GWIAZDA NEUTRONOWA – POZOSTAŁOŚĆ PO ZAPADNIĘTYM ŻELAZNYM RDZENIU GWIAZDY



Pulsar Model



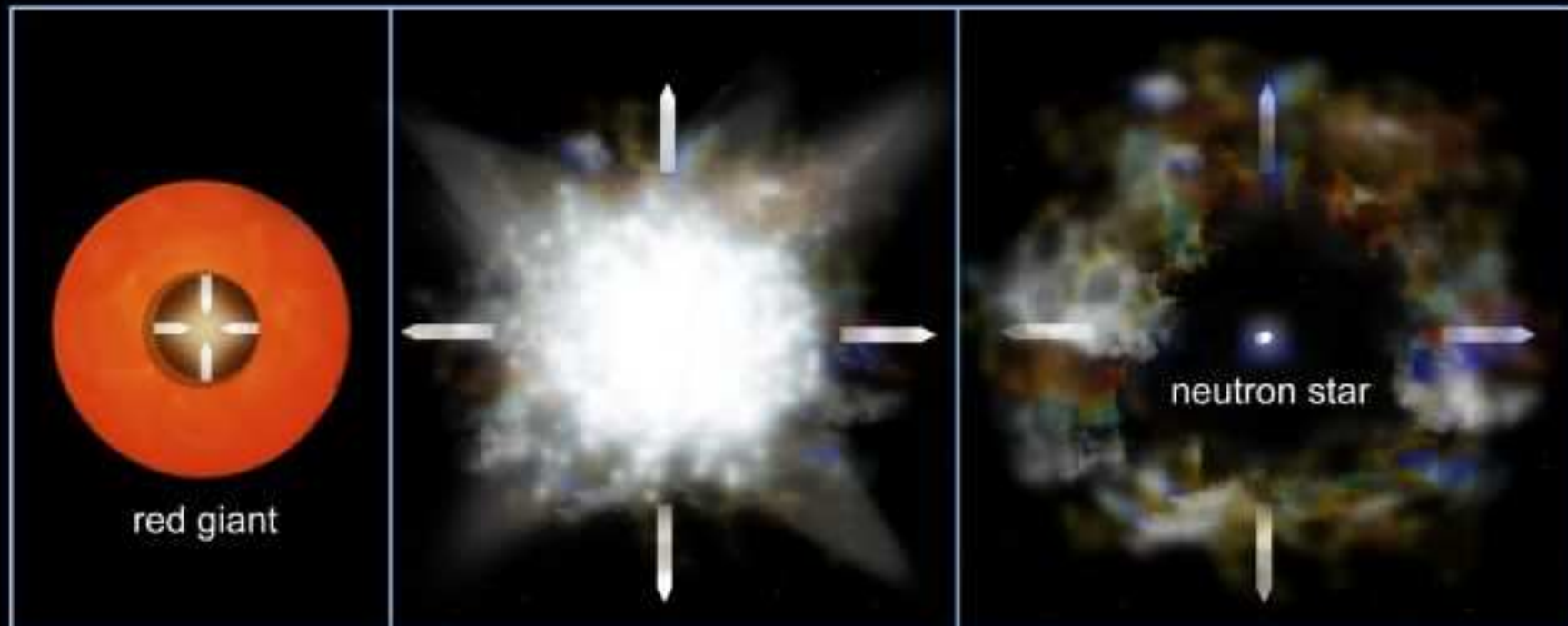
RADIO SIGNALS from a FAST PULSAR



PODSUMOWANIE:

OD MASYWNEGO CZERWONEGO OLBRZYMA POPRZEZ WYBUCH SUPERNOWEJ DO GWIAZDY NEUTROOWEJ

Birth of a Neutron Star and Supernova Remnant (not to scale)



Core Implosion → Supernova Explosion → Supernova Remnant

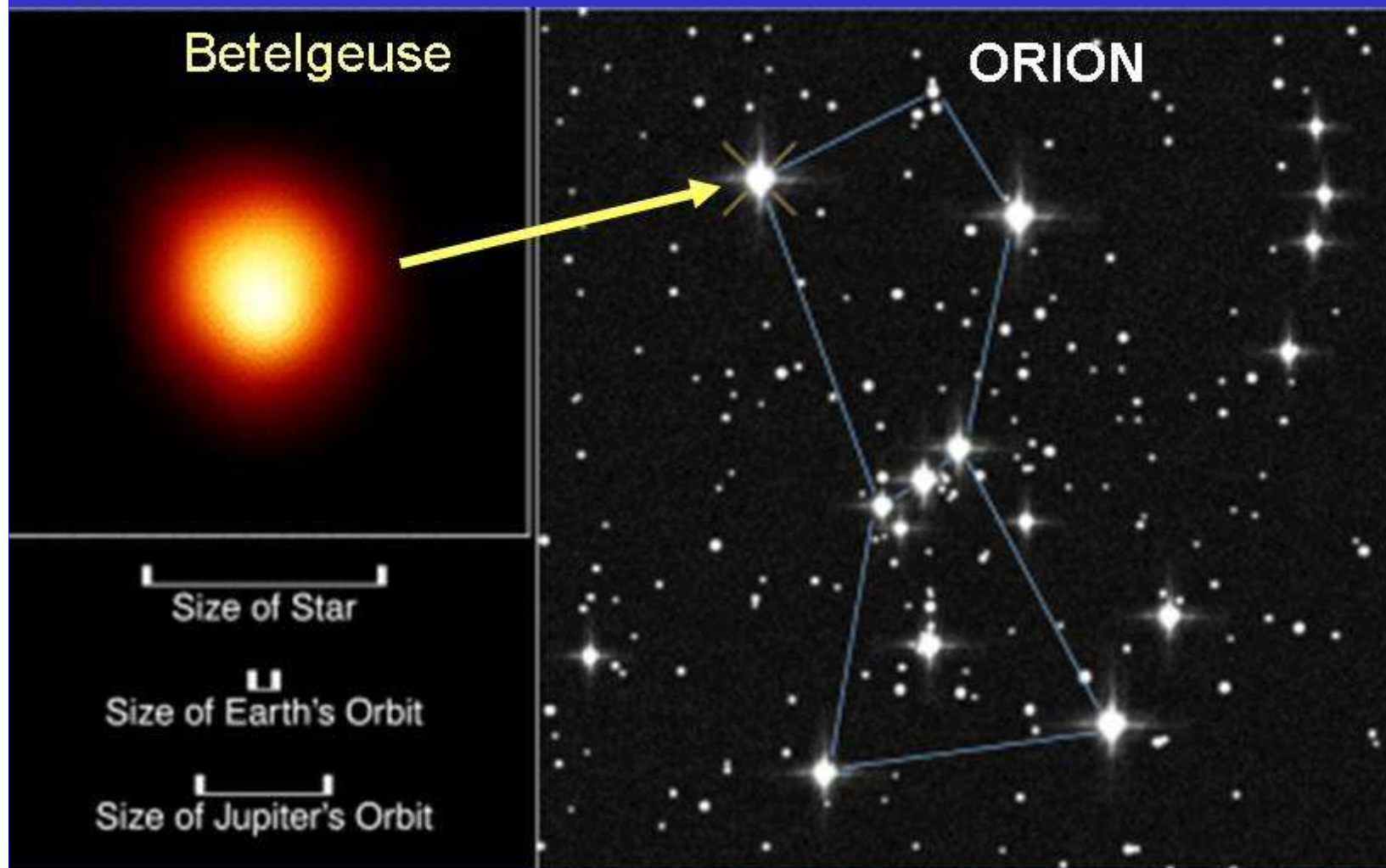
GDY MASA ZAPADAJĄCEGO SIĘ RDZENIA ŹELAZNEGO PRZEKRACZA DWIE MASY SŁOŃCA TO ZAMIAST GWIAZDY NEUTRONOWEJ UTWORZY SIĘ EGZOTYCZNY RELATYWISTYCZNY TWÓR - CZARNA DZIURA O ROZMIARACH KILKU KILOMETRÓW OTOCZONA MATERIAŁĄ POZOSTAŁĄ PO WYBUCHU.



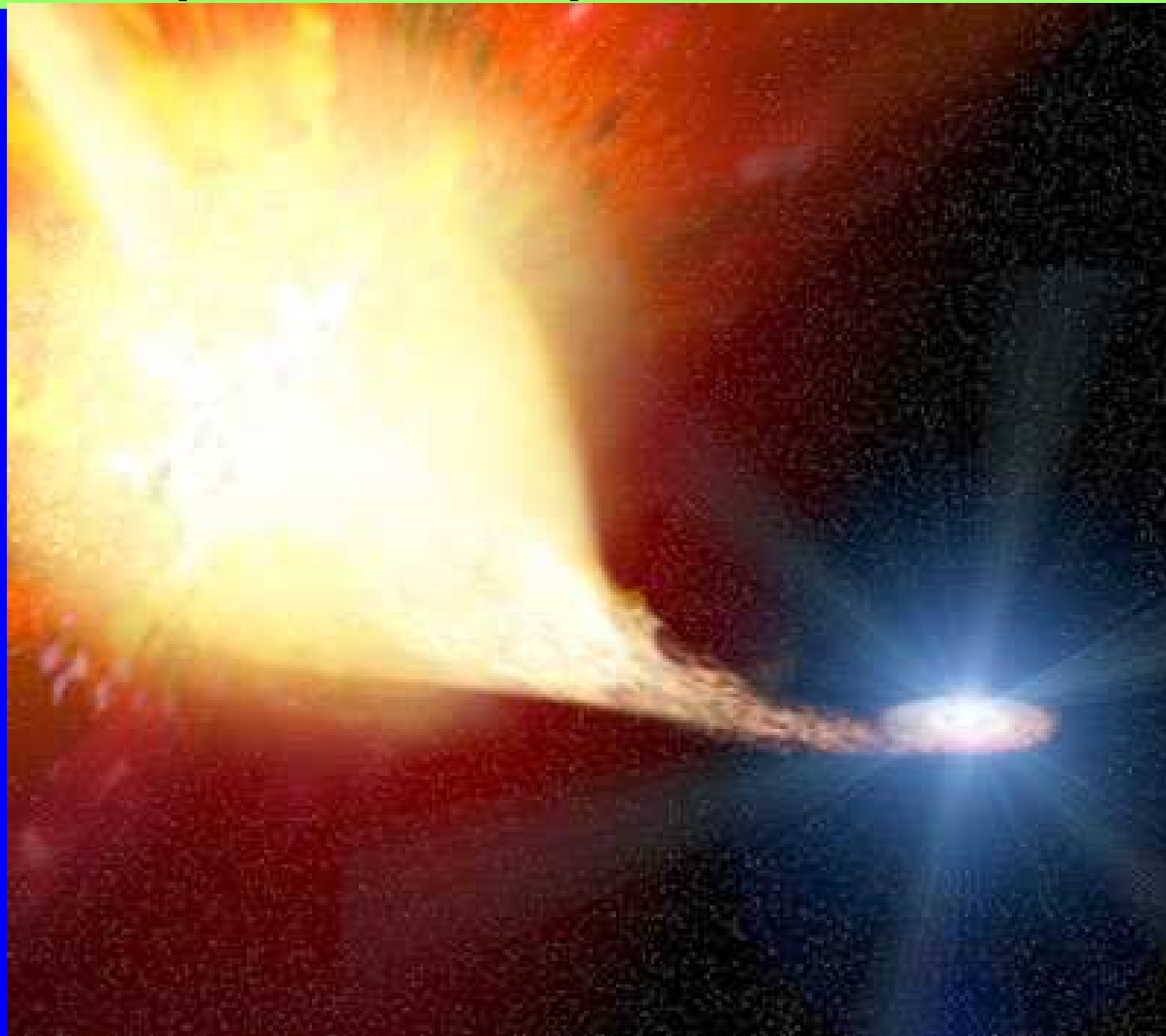
BETELGEUSE - kandydatka na supernową.

Odległ. ok. 500 lat św. Masa ok. 15 mas słonecznych.

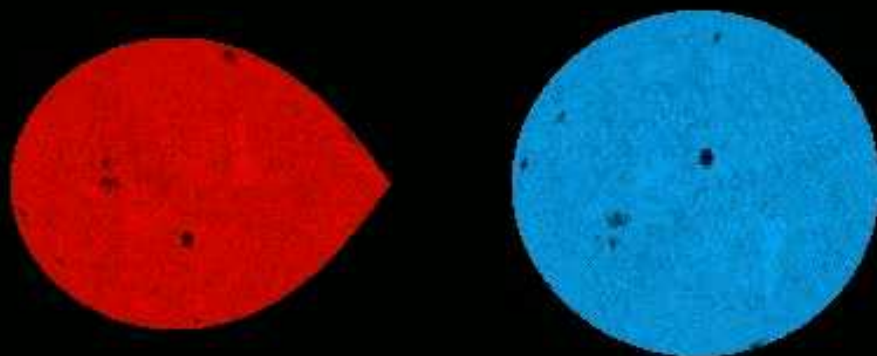
Gdy wybuchnie będzie na niebie jaśniejsza niż Księżyc w pełni.



**A TERAZ POZNAMY INNĄ DROGĘ EWOLUCYJNĄ
PROWADZĄCĄ DO WYBUCHU SUPERNOWEJ.
BĘDĄ TO SUPERNOWE W UKŁADACH GWIAZD
PODWÓJNYCH (tzw. SN Ia)**



**GWIAZDY DOŚĆ CZĘSTO WYSTĘPUJĄ JAKO UKŁADY PODWÓJNE -
CZYLI DWA SKŁADNIKI (NA OGÓŁ O RÓŻNYCH MASACH)
OBIEGAJĄCE SIĘ WZAJEMNIE.**

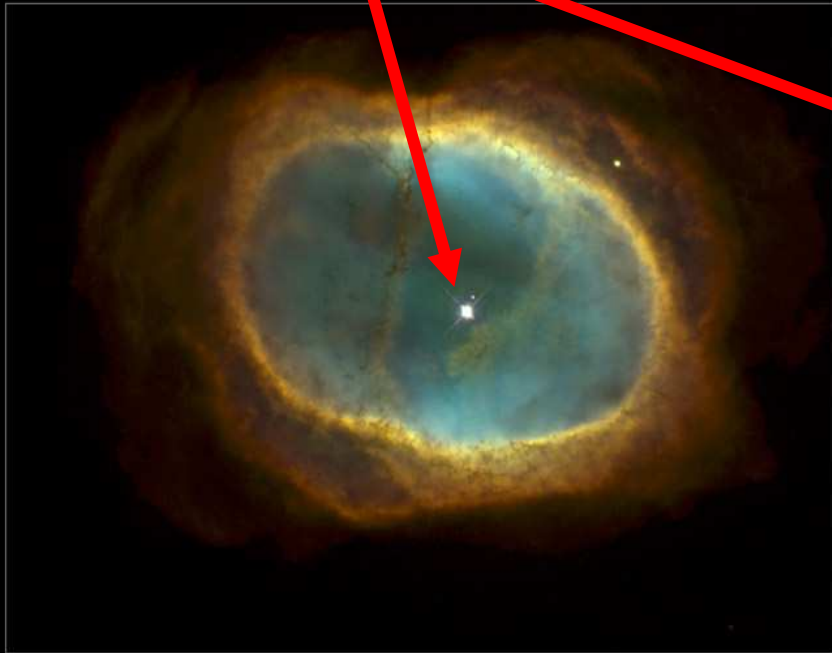


T

**TERAZ INTERESUJĄ NAS
GWIAZDY O MASACH
ZBLIŻONYCH DO SŁOŃCA.**

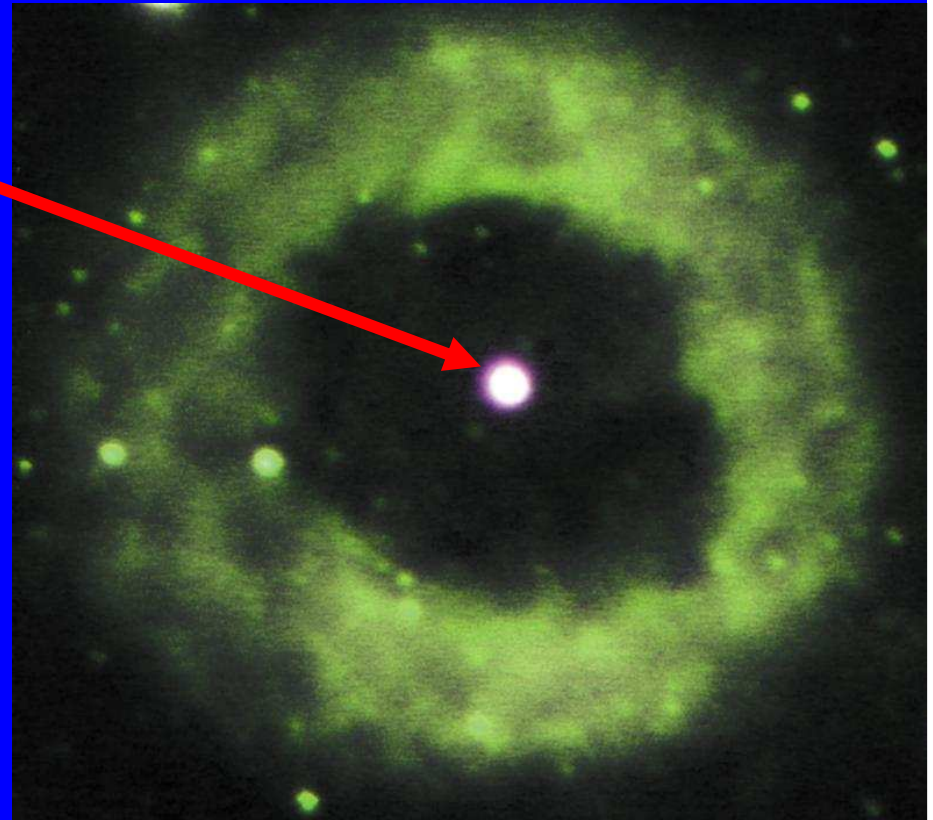
GWIAZDY O MASACH MNIEJSZYCH NIŻ 2.5 MASY SŁOŃCA U SCHYŁU SWEGO ŻYCIA (PO „WYPALENIU” WODORU W JĄDRZE I CZĘŚCIOWYM „WYPALENIU” HELU W WĘGIEL) ODRZUCAJĄ STOPNIOWO SWE ZEWNĘTRZNE WARSTWY. POZOSTAJE NATOMIAST GORAĆE HELOWO WĘGLOWE JĄDRO JAKO TZW. **BIAŁY KARZEŁ** OTOCZONY „MGŁAWICĄ PLANETARNĄ”

Planetary Nebula NGC 3132



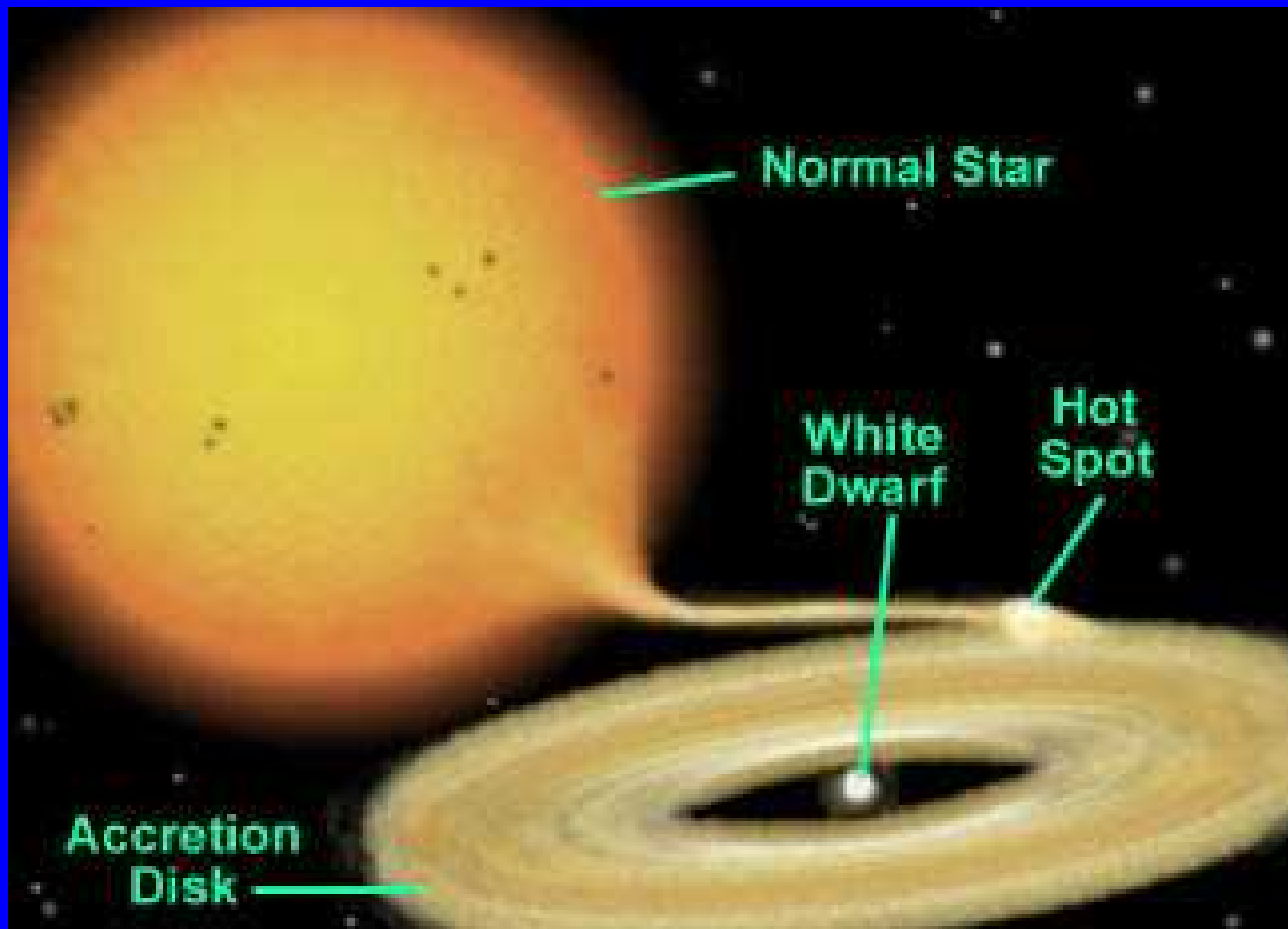
Hubble
Heritage

PRC98-39 • Space Telescope Science Institute • Hubble Heritage Team



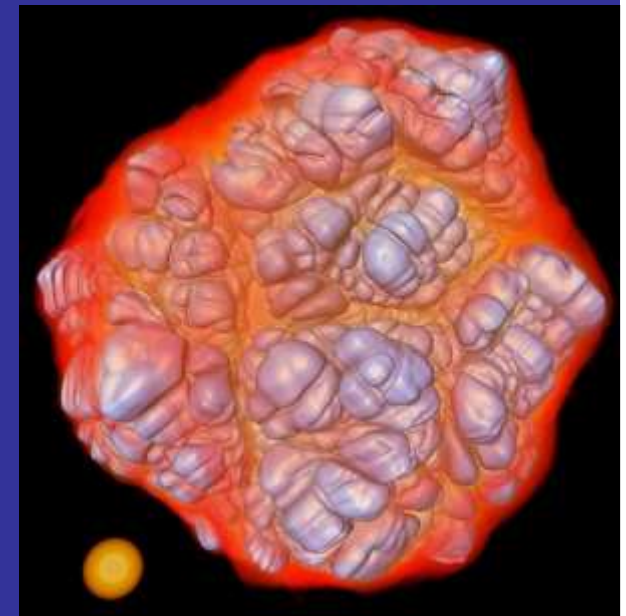
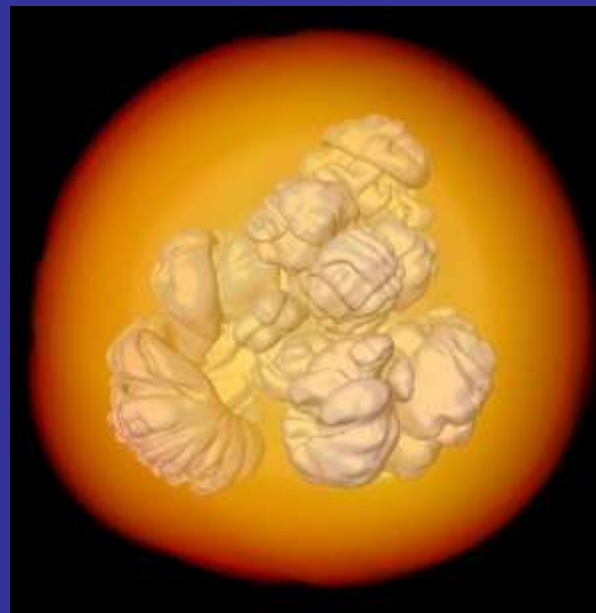
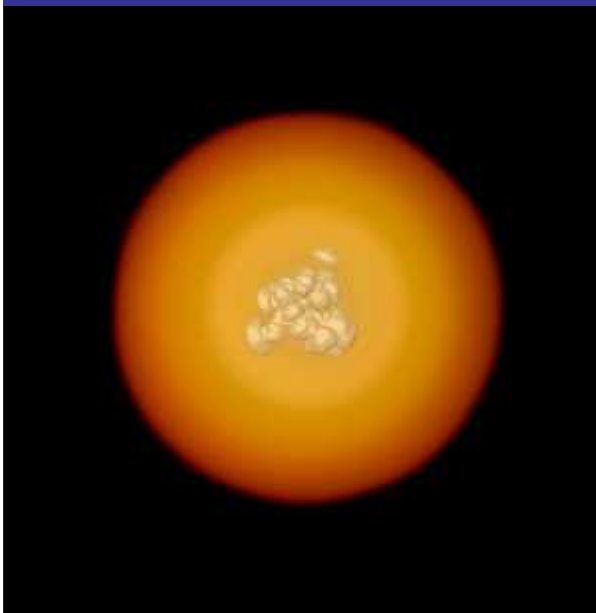
MOŻE SIĘ ZDARZYĆ, ŻE W CIASNYM UKŁADZIE PODWÓJNYM JEDEN ZE SKŁADNIKÓW JEST JUŻ W FAZIE BIAŁEGO KARŁA, NA KTÓREGO PRZEPŁYWA MATERIA Z DRUGIEGO SKŁADNIKA.

MASA BIAŁEGO KARŁA STOPNIOWO WZRASTA. ALE ISTNIEJE MASA KRYTYCZNA, KTÓREJ BIAŁY KARZEŁ PRZEKROCZYĆ NIE MOŻE GDYŻ.....?



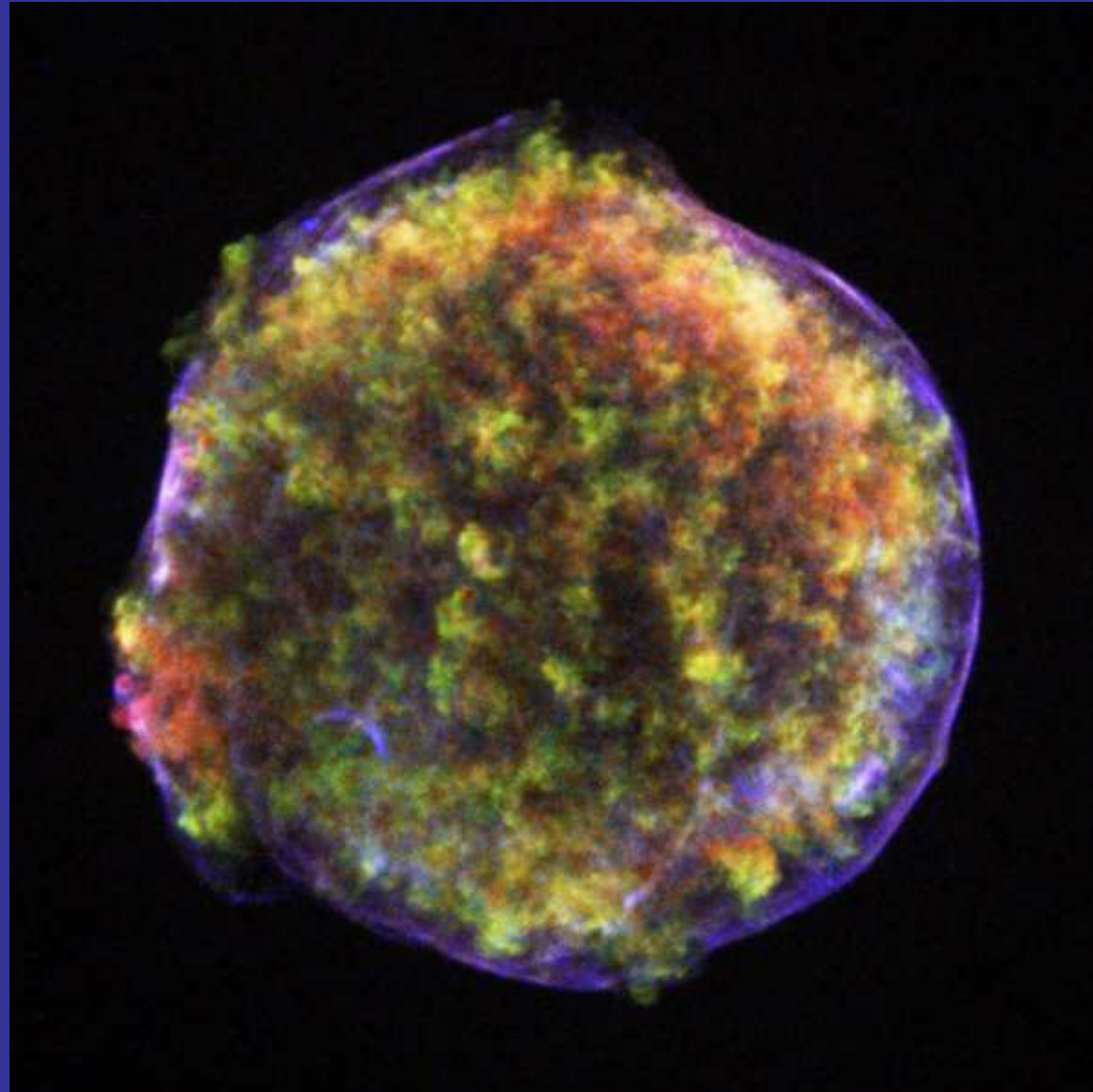
KIEDY MASA BIAŁEGO KARŁA OSIĄGNIĘ I PRZEKROCZY 1.5 MASY SŁONECZNEJ TO WZROST TEMPERATURY I CIŚNIENIA WYWOŁA NIEMAL NATYCHMIASTOWE REAKCJE TERMOJĄDROWE W CAŁEJ JEGO OBJĘTOŚCI.

KOLEJNE FAZY ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ WYBUCHU TERMOJĄDROWEGO WEWNĄTRZ BIAŁEGO KARŁA. DZIEJE SIĘ TO W CIĄGU NIECAŁEJ SEKUNDY.



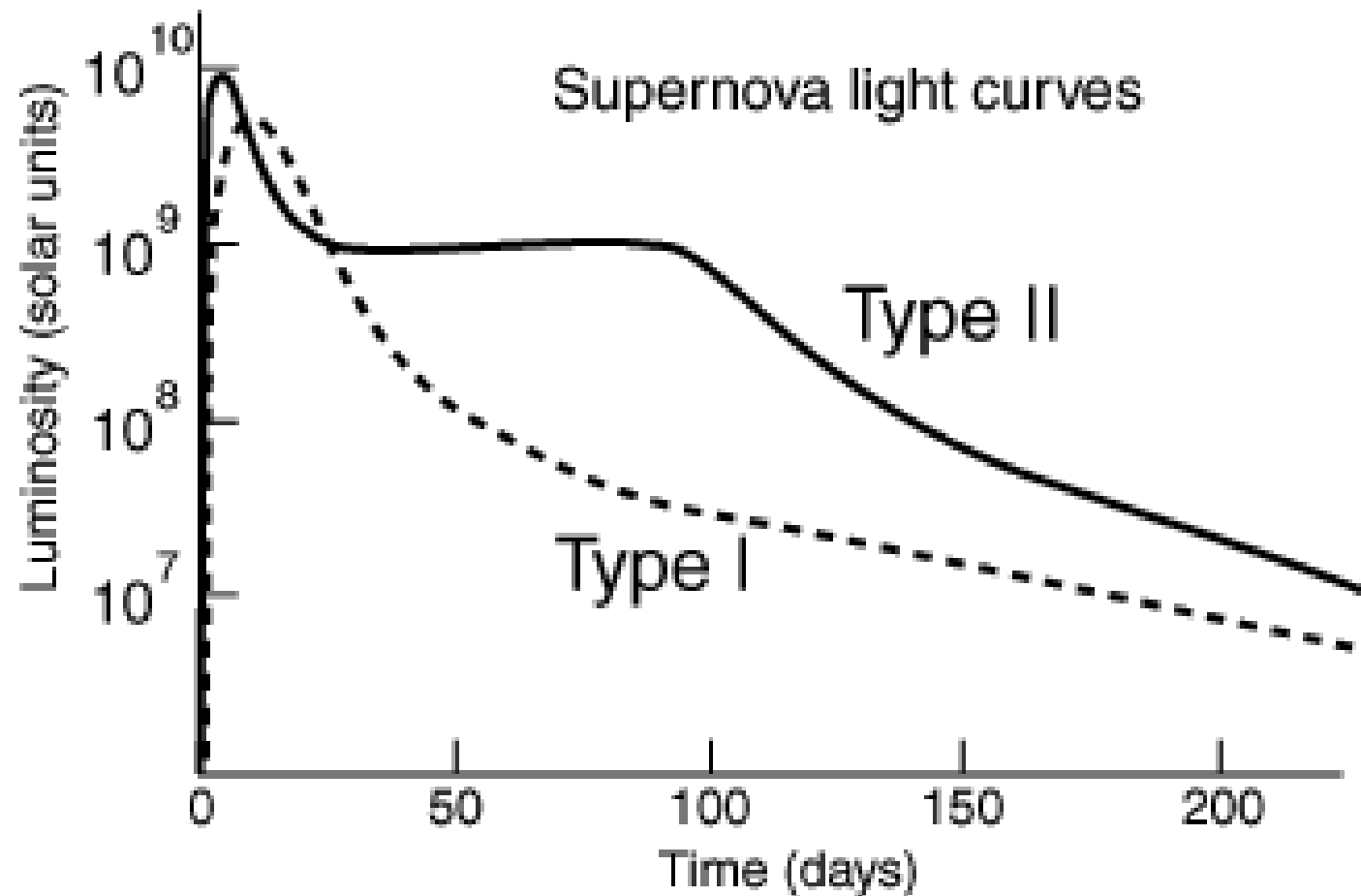
SUPERNOWA POCHODZĄCA Z TAKIEGO PROCESU EWOLUCYJNEGO NIE POZOSTAWIA PO SOBIE GWIAZDY NEUTRONOWEJ (PULSARA) CAŁA GWIAZDA ZOSTAJE ROZERWANA A JEJ MATERIA ROZPRASZA SIĘ STOPNIOWO W OŚRODKU MIĘDZYGWIAZDOWYM.

**POZOSTAŁOŚĆ PO SUPERNOWEJ TYCHO Z 1572 r. JEST PRZYKŁADEM
OMAWIANEGO TU SCHEMATU WYBUCHU.
NIE POZOSTAŁA PO NIM GWIAZDA NEUTRONOWA.**

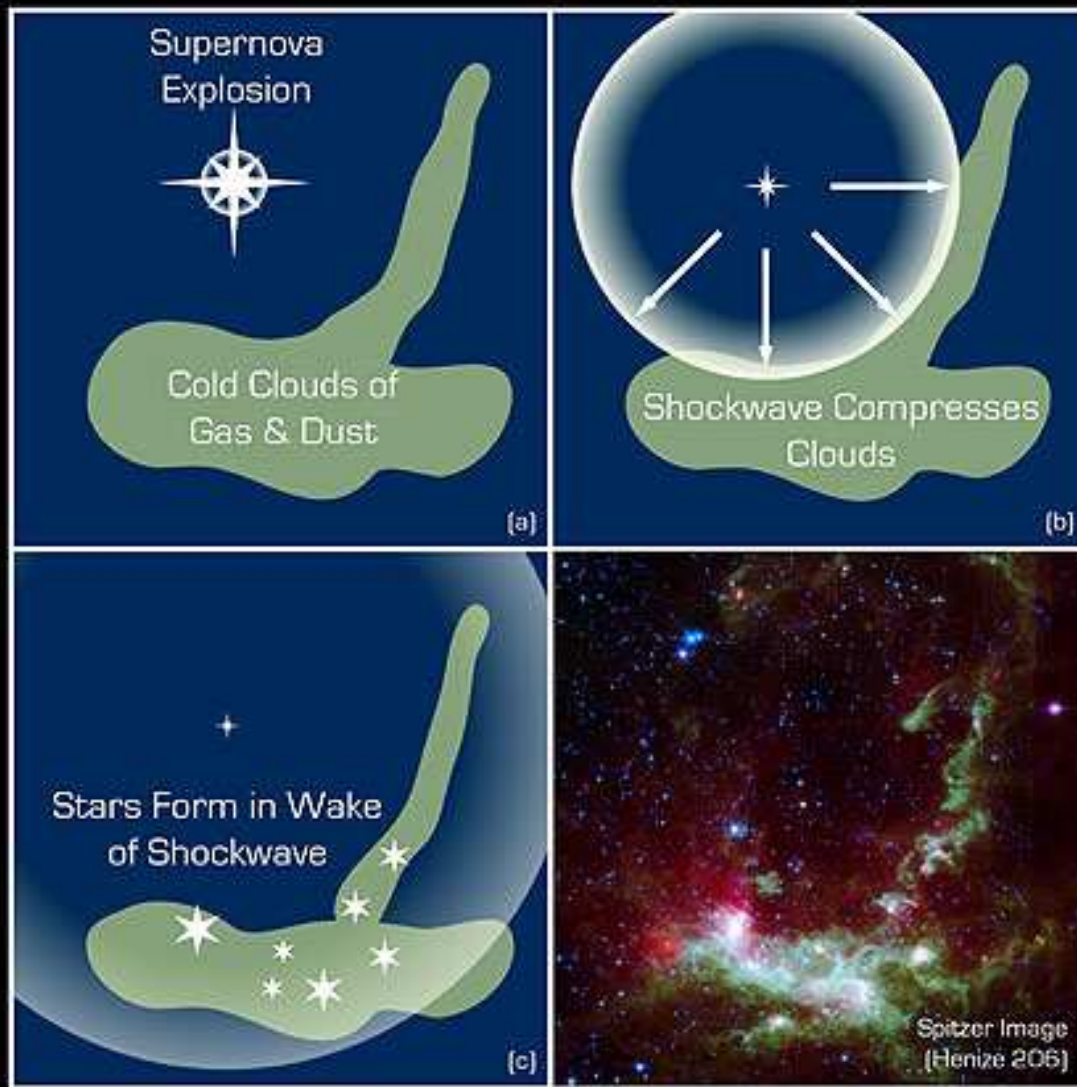


PO WYGLĄDZIE „KRZYWEJ ZMIAN JASNOŚCI” MOŻNA STOPNIOWO ROZPOZNAĆ, KTÓRY TYP SUPERNOWEJ OBSERWUJEMY.

TYP Ia - WYBUCH BIAŁEGO KARŁA W UKŁADZIE PODWÓJNYM
TYP II - WYBUCH MASYWNEJ GWIAZDY I POWSTANIE GWIAZDY NEUTRONOWEJ (LUB CZARNEJ DZIURY)



Adapted from Chaisson & McMillan



Spitzer Space Telescope • ssc2004-0-1b

**EKSPLOZJE GWIAZD
SUPERNOWYCH MOGĄ
SPRZYJAĆ POWSTAWA-
NIU ZAGĘSZCZEŃ W
OBŁOKACH MIĘDZY-
GWIAZDOWYCH
PRZYSPIEWSZAJĄC
PROCESY KONDENSACJI**

**UMIERAJĄC WYBUCHO-
WO MASYWNA GWIAZDA
MOŻE WIĘC UŁATWIAĆ
POWSTAWANIE KOLEJ-
NEGO POKOLENIA
GWIAZD.**

**MY TEŻ ISTNIEJEMY DZIĘKI WYBUCHAJĄCYM
GWIAZDOM SUPERNOWYM.**

KONIEC



**J. SIKORSKI, IFD.
UNIWERSYTET GDAŃSKI**