

# Od Wielkiego Wybuchu do Gór Izerskich



Tomasz Mrozek  
Instytut Astronomiczny UWr  
Zakład Fizyki Słońca CBK PAN



# Góry Izerskie



# Góry Izerskie



# *Góry Izerskie*



# *Góry Izerskie*



# Góry Izerskie



# *Góry Izerskie*





# Góry Izerskie



# *Góry Izerskie*



# Góry Izerskie



# Góry Izerskie





 **SATURN**  
†  
Fundator:  
Sobiesław Zasada Sp. z o.o.  
Kraków, Armii Krajowej 19

# Góry Izerskie





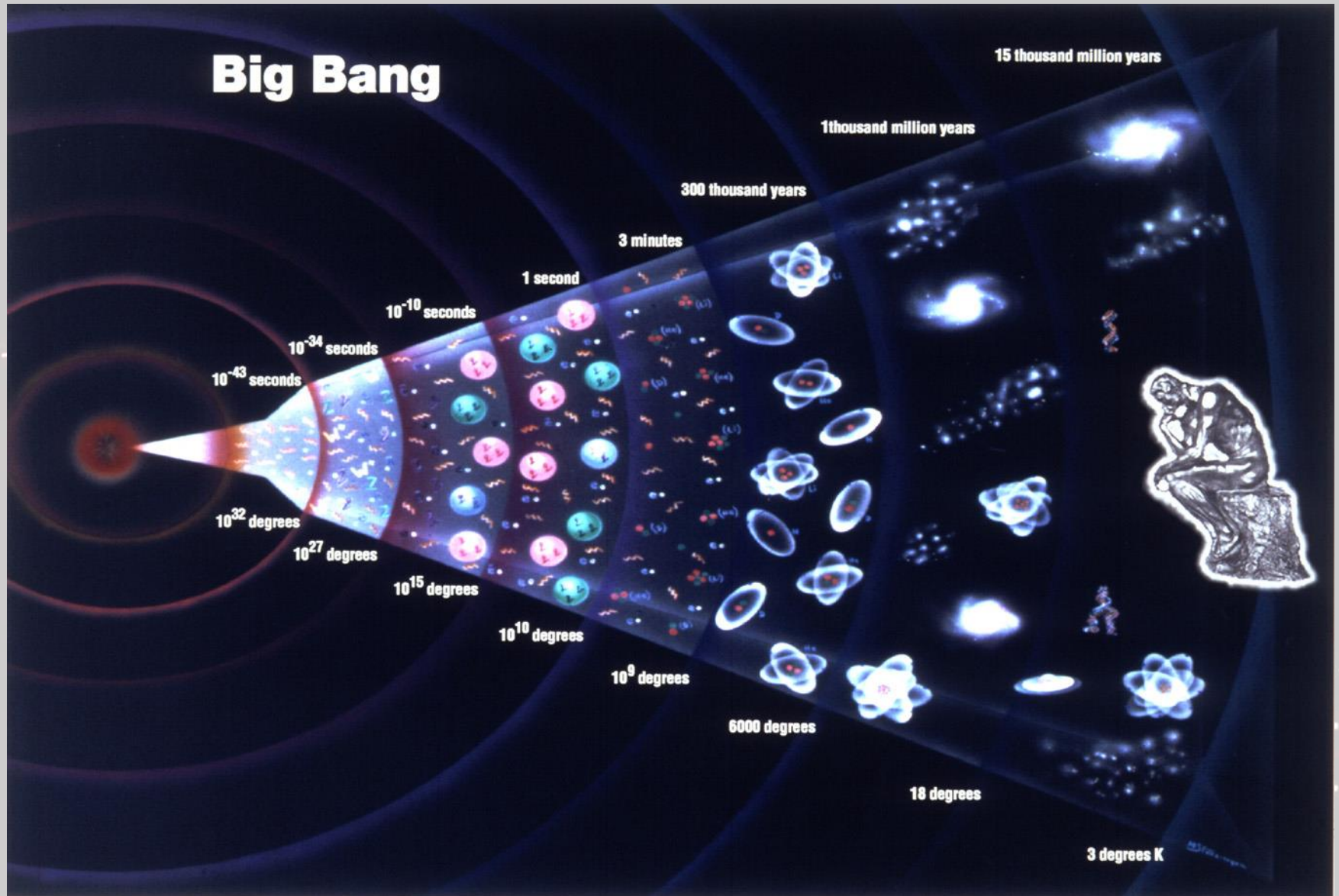
*Co powstało w Wielkim Wybuchu?*



*Najpierw nie istniało nic, a potem to nic wybuchło...*

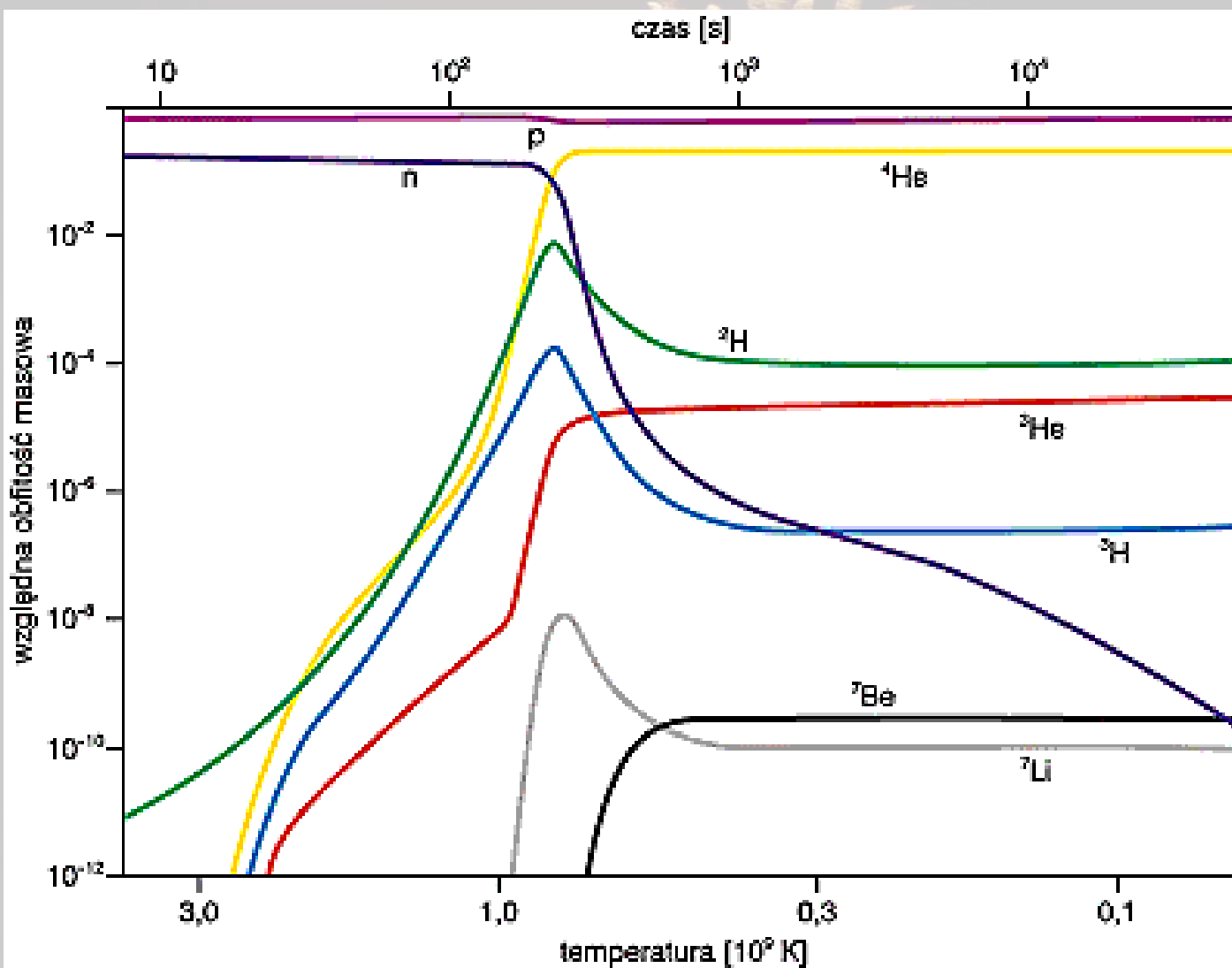


# Co powstało w Wielkim Wybuchu?



*Najpierw nie istniało nic, a potem to nic wybuchło...*

## Pierwotna nukleosynteza



Pierwotna materia składała się głównie z wodoru i helu.

Powstała też odrobina litu i berylu.

Taki skład nie pozwala aby utworzyły się skaliste planety.

Skąd w takim razie wzięły się cięższe pierwiastki?

## *Powstanie pierwszych gwiazd (Populacja III)*



## Jak powstaje gwiazda?



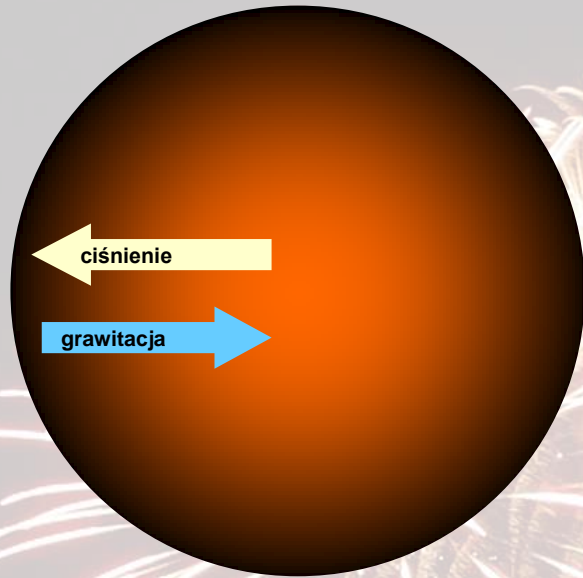
Aby w obłoku rozpoczęły się procesy gwiazdotwórcze potrzebna jest jego odpowiednia masa.

Jednak obłok nie może zapaść się samoistnie.

Potrzebne jest jakieś zaburzenie. Może to być np. fala związana z wybuchem supernowej. Inny rodzaj zaburzenia jest związany z rotacją galaktyki (np. gwiazdy powstające w ramionach spiralnych)



## Dlaczego gwiazda żyje?



Gwiazda jest równowadze gdy grawitacja, która dąży do ściśnięcia gwiazdy jest powstrzymywana przez wytwarzane we wnętrzu ciśnienie:

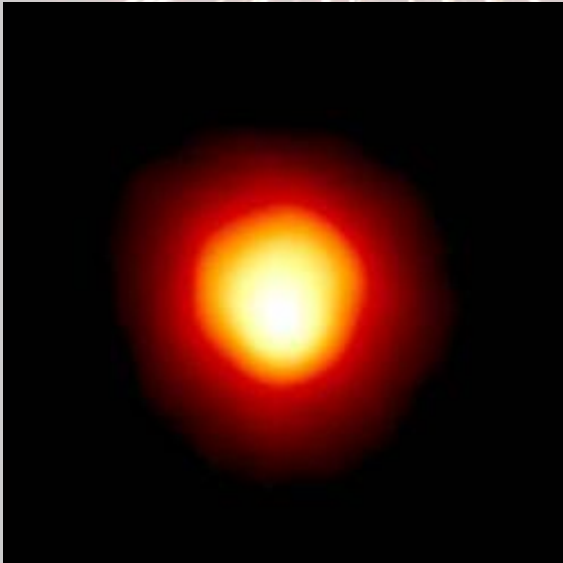
- gazu (jest duże, bo w centrum jest wysoka temperatura)
- promieniowania (bo wewnątrz zachodzą reakcje termojądrowe)

Równowaga zostaje zaburzona kiedy kończy się paliwo (wodór) we wnętrzu.

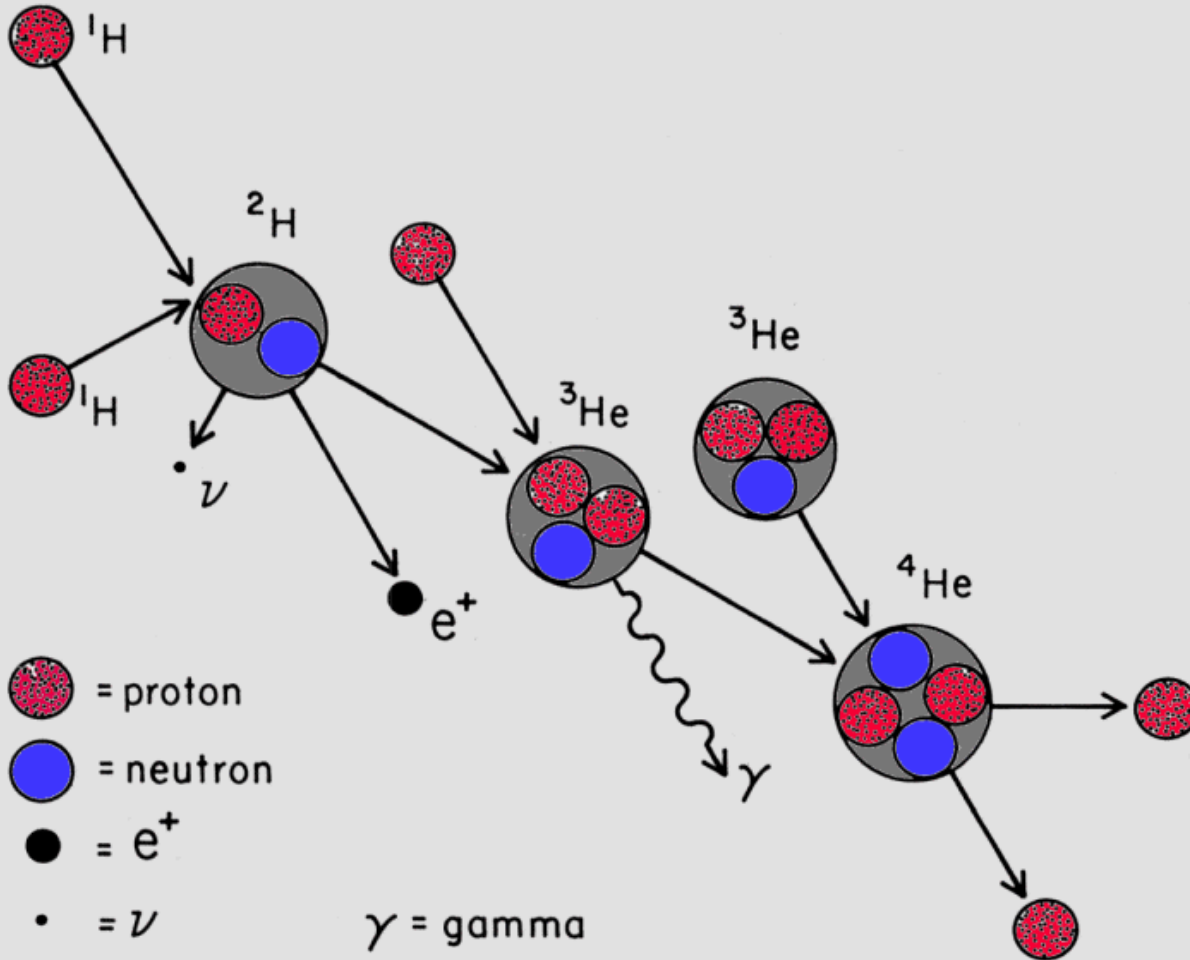
Maleje ciśnienie:

- gazu, bo jest mniej cząstek
- promieniowania, bo spada tempo reakcji termojądrowych

Czas po jakim nastąpi zachwianie równowagi zależy głównie od masy gwiazdy. Od masy zależą także dalsze losy gwiazdy...



## Reakcja p-p



Typowa (ale nie jedyna) reakcja syntezy wodoru w hel zachodząca w gwiazdzie znajdującej się na ciągu głównym.

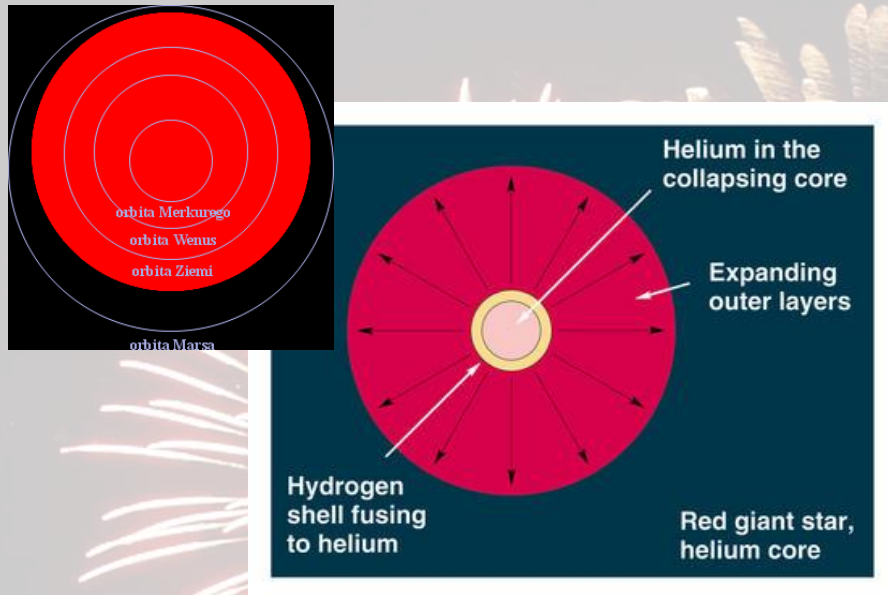
Gwiazda po „rozpaleniu” wnętrza osiąga stan równowagi.

Dla Słońca:

600 mln ton wodoru zamienia się w hel w każdej sekundzie

4 mln ton jest przekształcane w energię:  $3.6 \cdot 10^{26}$  J

## Kiedy kończy się wodór...



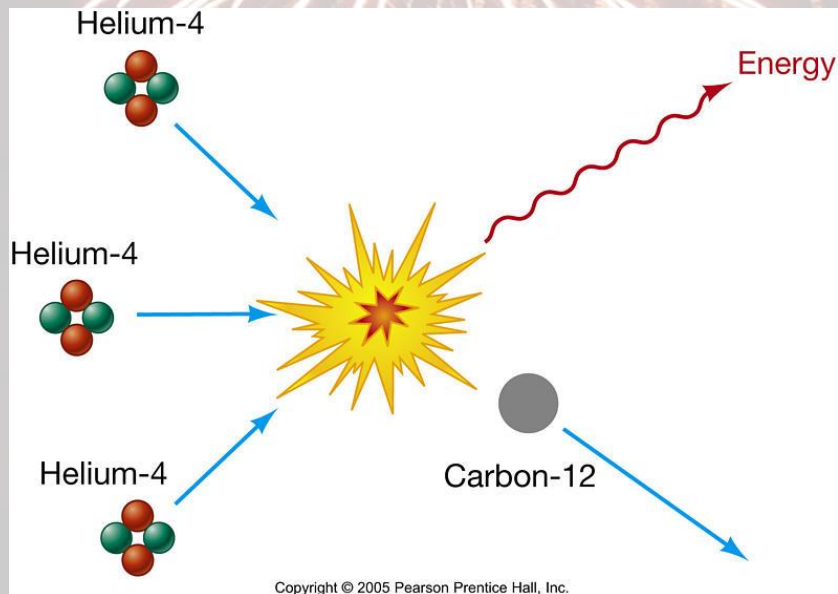
Po wypaleniu wodoru we wnętrzu gwiazda kurczy się i rozgrzewa w centrum do temperatury ponad 100 milionów kelwinów.

Zanim jednak centrum osiągnie odpowiednią temperaturę gwiazda przechodzi przez etap „czerwonego olbrzyma”.

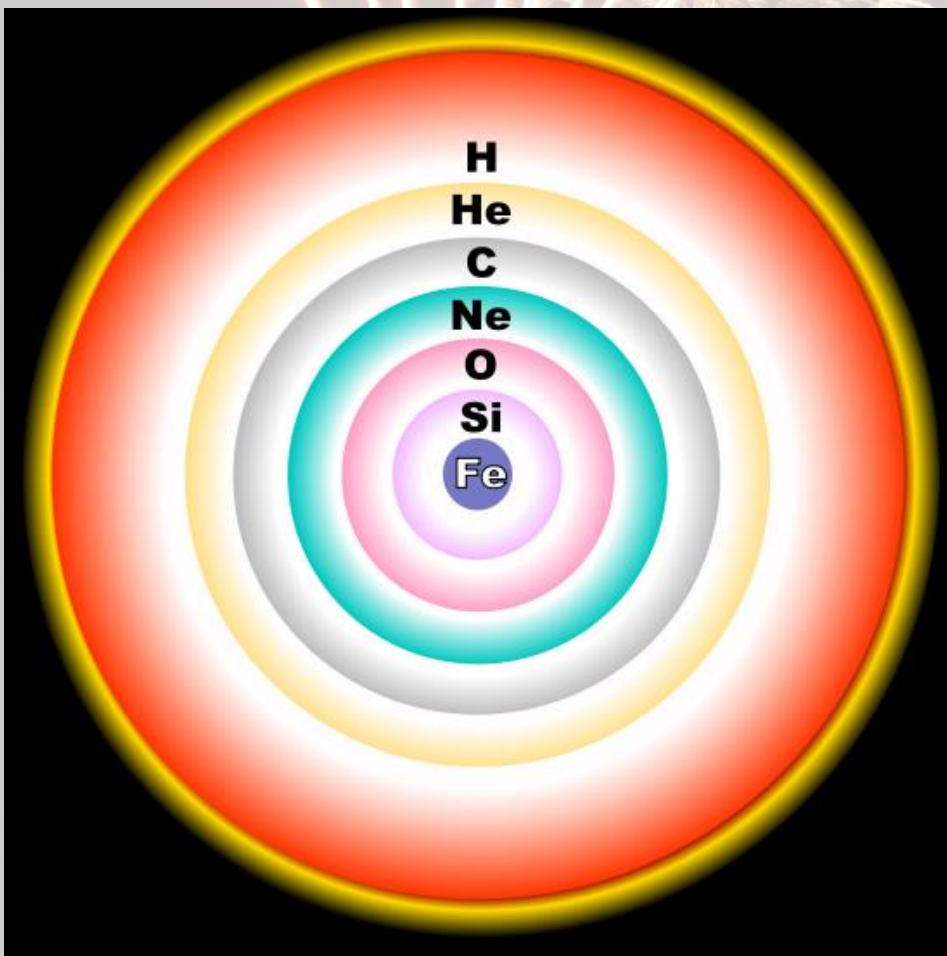
Jądro gwiazdy powoli zapada się. Wewnątrz nie ma już paliwa (wodoru). Temperatura jądra rośnie i zaczyna się spalanie wodoru w cienkiej warstwie wokół jądra.

Jednocześnie zewnętrzne warstwy gwiazdy rozdmują się i chłodzą – gwiazda robi się wielka i czerwona.

Ten etap pojawia się w czasie życia każdej gwiazdy poza tymi najmniej masywnymi.



## Cebula



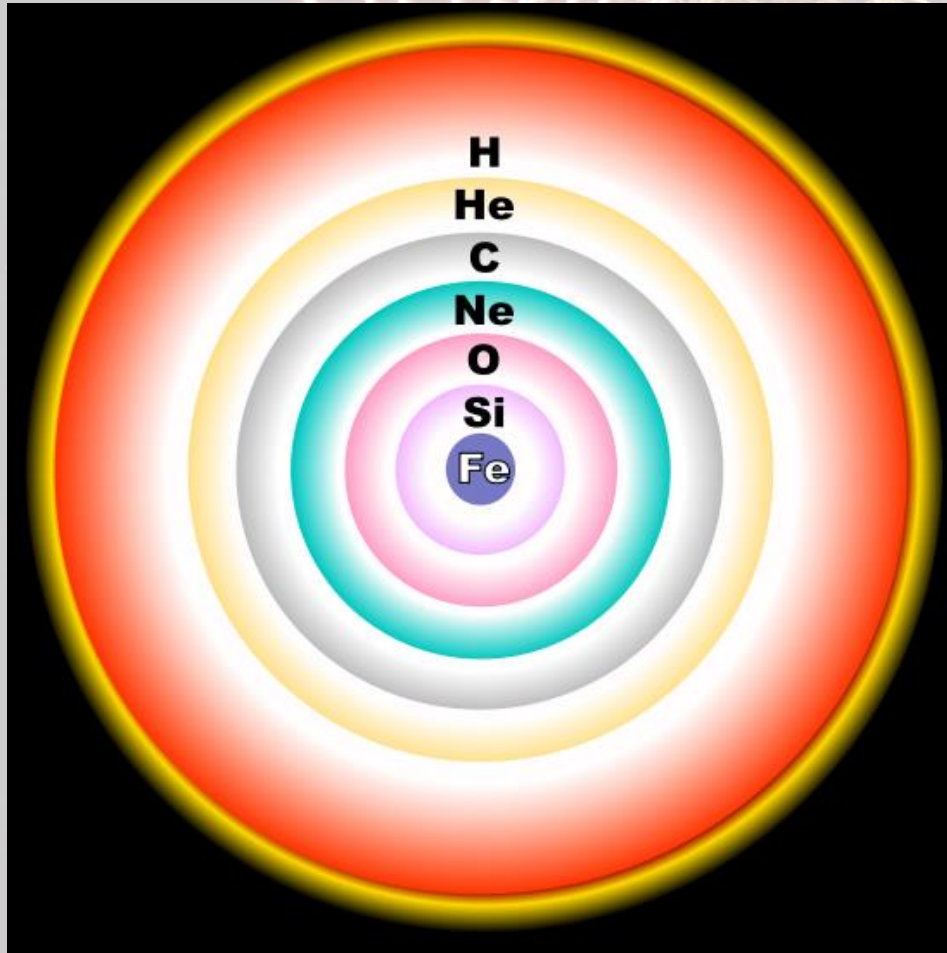
Po wypaleniu wodoru i helu gwiazda ma na tyle dużą masę, że po zapadnięciu się jądra temperatura może wzrosnąć do wartości umożliwiającej zapalenie **węgla** i przemianę w **neon**, następnie (po kolejnym zapadaniu) neon przemienia się w **tlen**, tlen w **krzem**, a krzem w **żelazo**.

Żelazo nie może być już spalane w reakcjach termojądrowych.

Oczywiście spalane są też pozostałości lżejszych pierwiastków znajdujące się w zewnętrznych warstwach. Gwiazda osiąga charakterystyczny etap „cebuli”



## Gwiazda neutronowa



Dalsza ewolucja zależy od tego jak masywne jest jądro.

Jeżeli jego masa nie przekracza  $1.4 M_{\odot}$  to gwiazda kończy jako biały karzeł.

Gdy masa jądra jest większa to jego kurczenie nie jest zatrzymywane przez degenerację materii i kurczenie trwa aż do momentu gdy elektrony zostaną „wciśnięte” w jądra atomów żelaza.

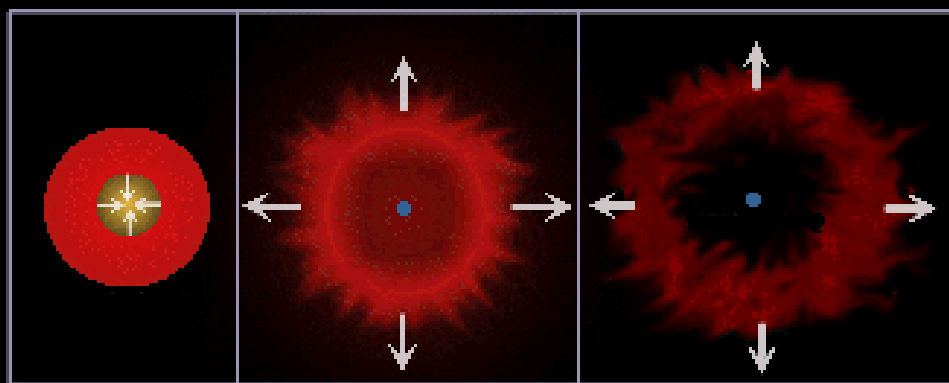
W wyniku tego powstaje gwiazda zbudowana z samych neutronów – gwiazda neutronowa.

## Wybuch supernowej

Podczas kurczenia centrum gwiazdy zapadają się także warstwy zewnętrzne.

Gwiazda neutronowa pojawia się bardzo szybko i towarzyszy jej ogromny strumień neutrin – są one przyczyną gwałtownych reakcji termojądrowych w zewnętrznych warstwach – następuje wtedy synteza pierwiastków cięższych od żelaza

### The supernova phenomenon



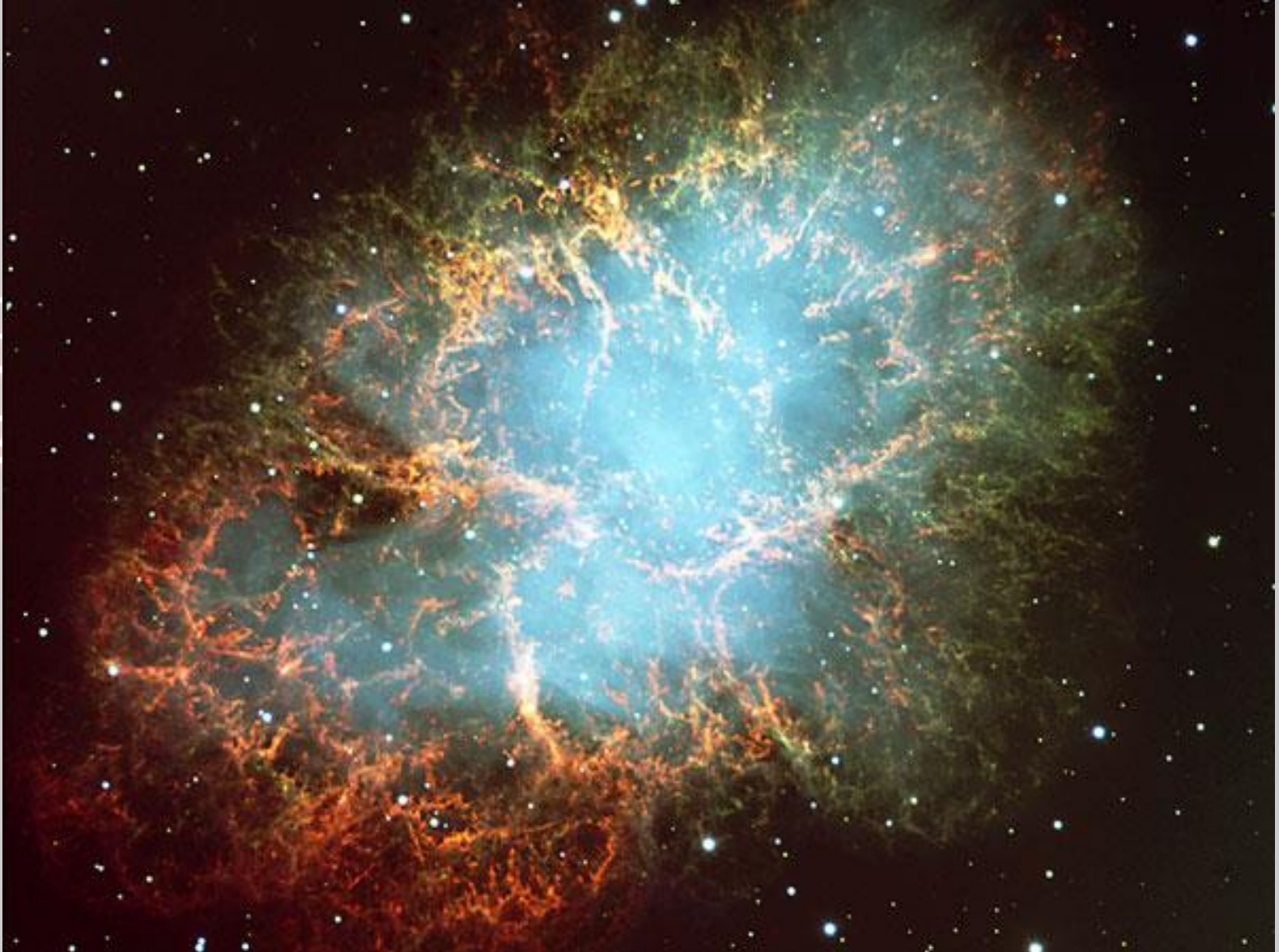
Implosion → Supernova → Remnant



© Anglo-Australian Observatory

Wybuch supernowej 1987 w LMC

## *Nowy skład chemiczny materii kosmicznej*



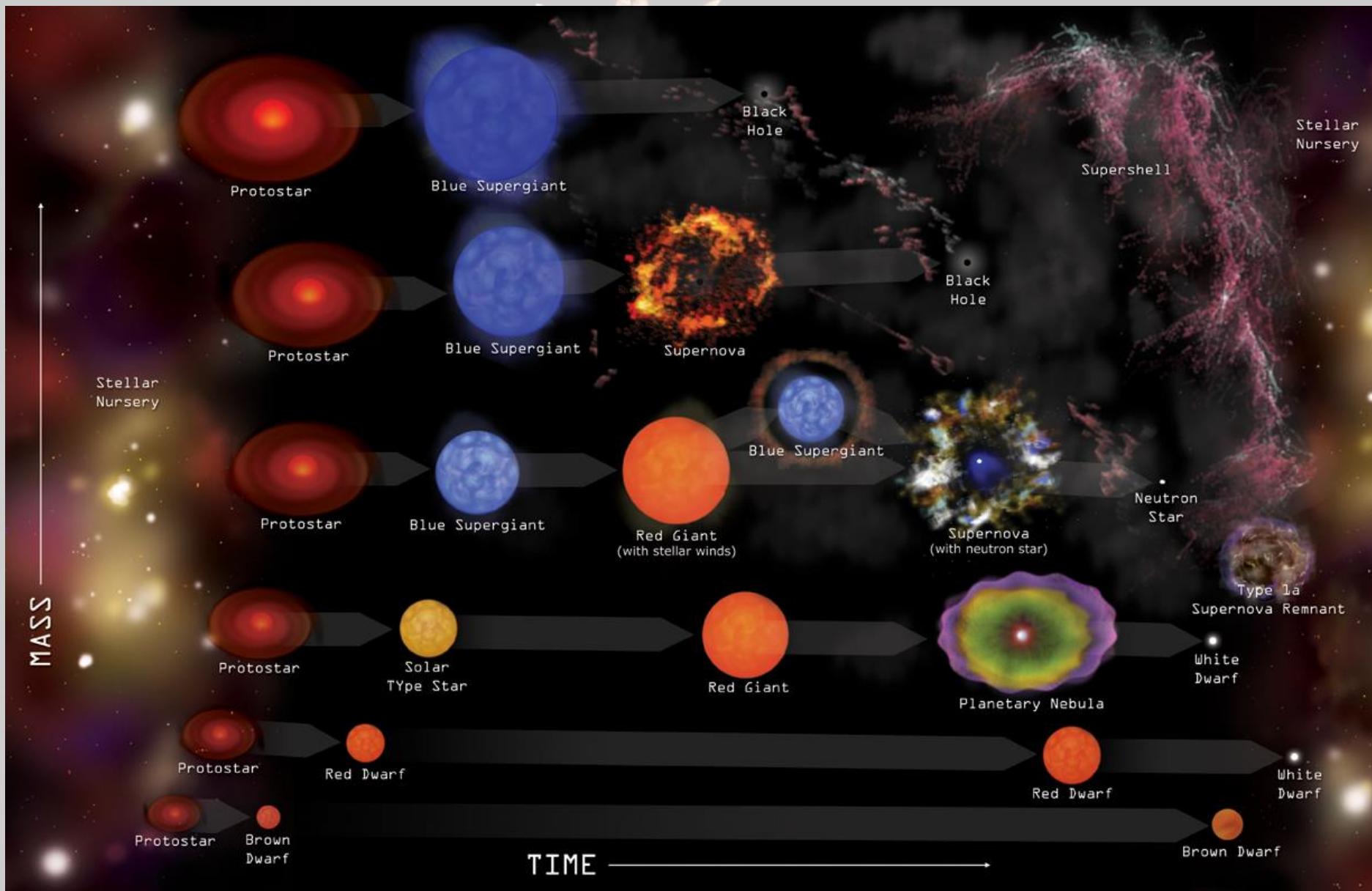
Mgławica Krab – pozostałość po wybuchu supernowej w 1054 r.

# Nowy skład chemiczny materii kosmicznej

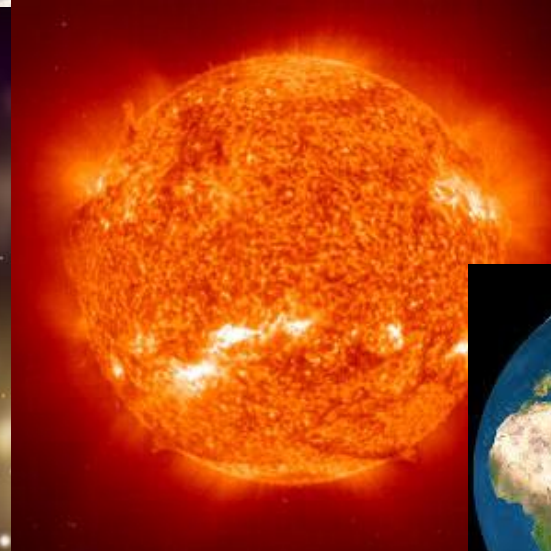
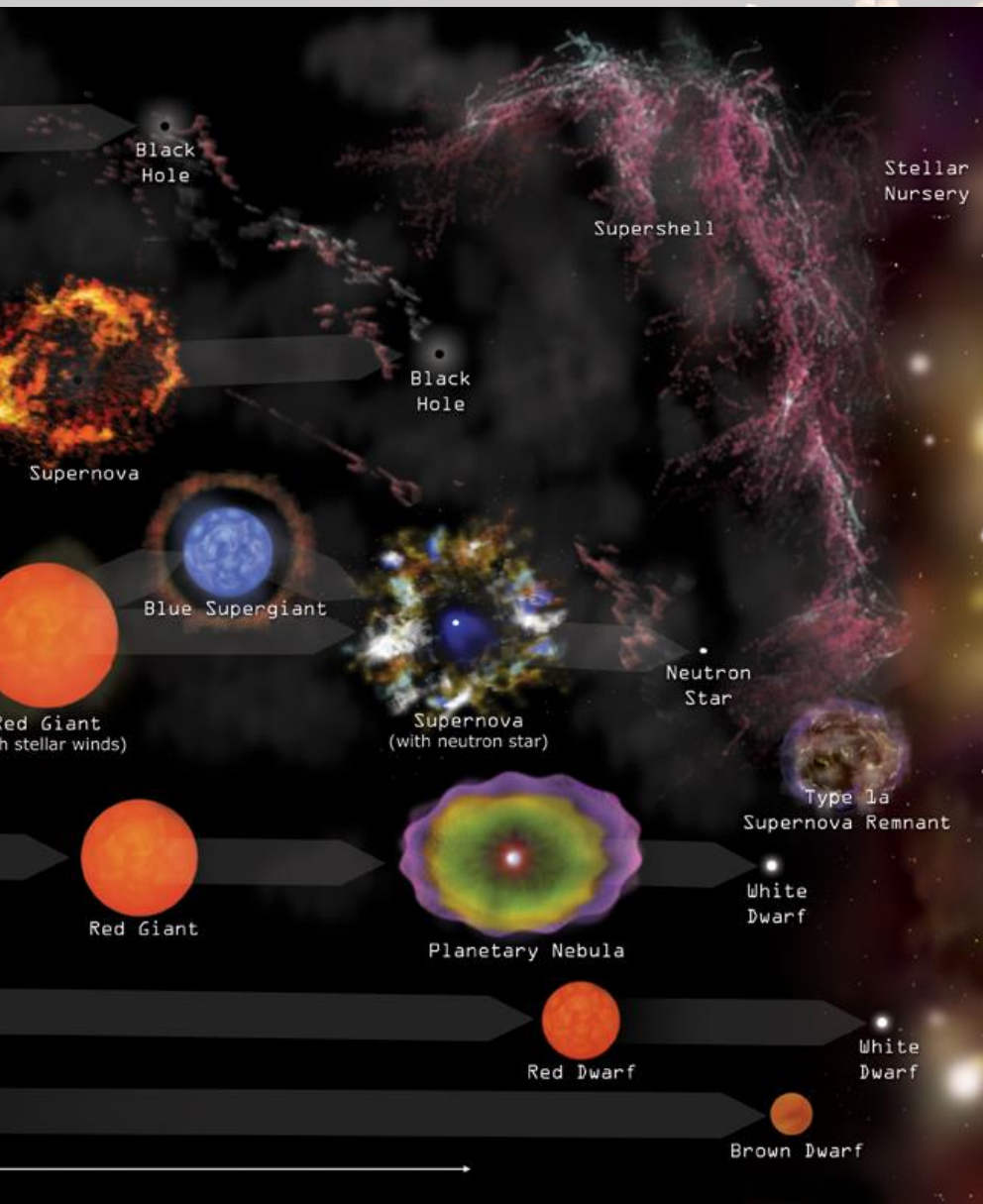
## Układ okresowy pierwiastków

1,007 <b>H</b> Wodór																	4,002 <b>He</b> Hel															
6,941 <b>Li</b> Lit	9,012 <b>Be</b> Beryl																	10,811 <b>B</b> Bor	12,011 <b>C</b> Węgiel	14,006 <b>N</b> Azot	15,999 <b>O</b> Tlen	18,998 <b>F</b> Fluor	20,179 <b>Ne</b> Neon									
22,98 <b>Na</b> Sód	24,305 <b>Mg</b> Magnez																	26,981 <b>Al</b> Glin	28,085 <b>Si</b> Krzem	30,973 <b>P</b> Fosfor	32,066 <b>S</b> Siarka	35,452 <b>Cl</b> Chlor	39,948 <b>Ar</b> Argon									
39,09 <b>K</b> Potas	40,078 <b>Ca</b> Wapń	44,95 <b>Sc</b> Skand	47,867 <b>Ti</b> Tytan	50,941 <b>V</b> Wanad	51,996 <b>Cr</b> Chrom	54,938 <b>Mn</b> Mangan	55,845 <b>Fe</b> Żelazo	58,933 <b>Co</b> Kobalt	58,693 <b>Ni</b> Nikiel	63,546 <b>Cu</b> Miedź	65,39 <b>Zn</b> Cynk	69,723 <b>Ga</b> Gal	72,61 <b>Ge</b> German	74,921 <b>As</b> Arsen	78,96 <b>Se</b> Selen	79,904 <b>Br</b> Brom	83,80 <b>Kr</b> Krypton															
85,46 <b>Rb</b> Rubid	87,62 <b>Sr</b> Stront	88,90 <b>Y</b> Itr	91,224 <b>Zr</b> Cyrkon	92,906 <b>Nb</b> Niob	95,94 <b>Mo</b> Molibden	97,905 <b>Tc</b> Technet	101,07 <b>Ru</b> Ruten	102,90 <b>Rh</b> Rod	106,42 <b>Pd</b> Pallad	107,86 <b>Ag</b> Srebro	112,41 <b>Cd</b> Kadm	114,81 <b>In</b> Ind	118,71 <b>Sn</b> Cyna	121,76 <b>Sb</b> Antymon	127,60 <b>Te</b> Tellur	126,90 <b>I</b> Jod	131,29 <b>Xe</b> Ksenon															
132,9 <b>Cs</b> Cez	137,327 <b>Ba</b> Bar																	114,81 <b>Tl</b> Tal	118,71 <b>Pb</b> Ołów	208,98 <b>Bi</b> Bismut	208,98 <b>Po</b> Polon	209,98 <b>At</b> Astat	222,01 <b>Rn</b> Radon									
223,0 <b>Fr</b> Frans	226,025 <b>Ra</b> Rad																	261,10 <b>Rf</b> Rutherford	263,15 <b>Db</b> Dubn	265,12 <b>Sg</b> Seaborg	264,1 <b>Bh</b> Bohr	269,1 <b>Hs</b> Has	268,1 <b>Mt</b> Meitner	271,1 <b>Uun</b> Ununilium	272,1 <b>Uuu</b> Ununium	277,1 <b>Uub</b> Ununbium		114 <b>Uuq</b> Ununquadium		116 <b>Uuh</b> Ununhexium		118 <b>Uuo</b> Ununoctium
		138,905 <b>La</b> Lantan	140,11 <b>Ce</b> Cer	140,90 <b>Pr</b> Prazeodym	144,24 <b>Nd</b> Neodym	144,91 <b>Pm</b> Promet	150,36 <b>Sm</b> Samar	151,96 <b>Eu</b> Europ	157,25 <b>Gd</b> Gadolina	158,92 <b>Tb</b> Terb	162,50 <b>Dy</b> Dyspro	164,93 <b>Ho</b> Holm	167,26 <b>Er</b> Erb	168,93 <b>Tm</b> Tul	173,04 <b>Yb</b> Iterb	174,96 <b>Lu</b> Lutet																
		227,02 <b>Ac</b> Aktyn	90 <b>Th</b> Tor	231,036 <b>Pa</b> Protaktyn	238,03 <b>U</b> Uran	237,04 <b>Np</b> Neptun	244,064 <b>Pu</b> Pluton	243,061 <b>Am</b> Ameryk	247,07 <b>Cm</b> Kür	247,07 <b>Bk</b> Berkel	251,08 <b>Cf</b> Kaliforn	252,08 <b>Es</b> Eistein	257,09 <b>Fm</b> Ferm	258,9 <b>Md</b> Mendelew	259,10 <b>No</b> Nobel	262,11 <b>Lr</b> Lorens																

# Nowy skład chemiczny materii kosmicznej



# Gwiazdy I populacji



*Dziękuję za uwagę*

