



Najstarsze gwiazdy i gwiazdne skamieliny

Marek Steślicki

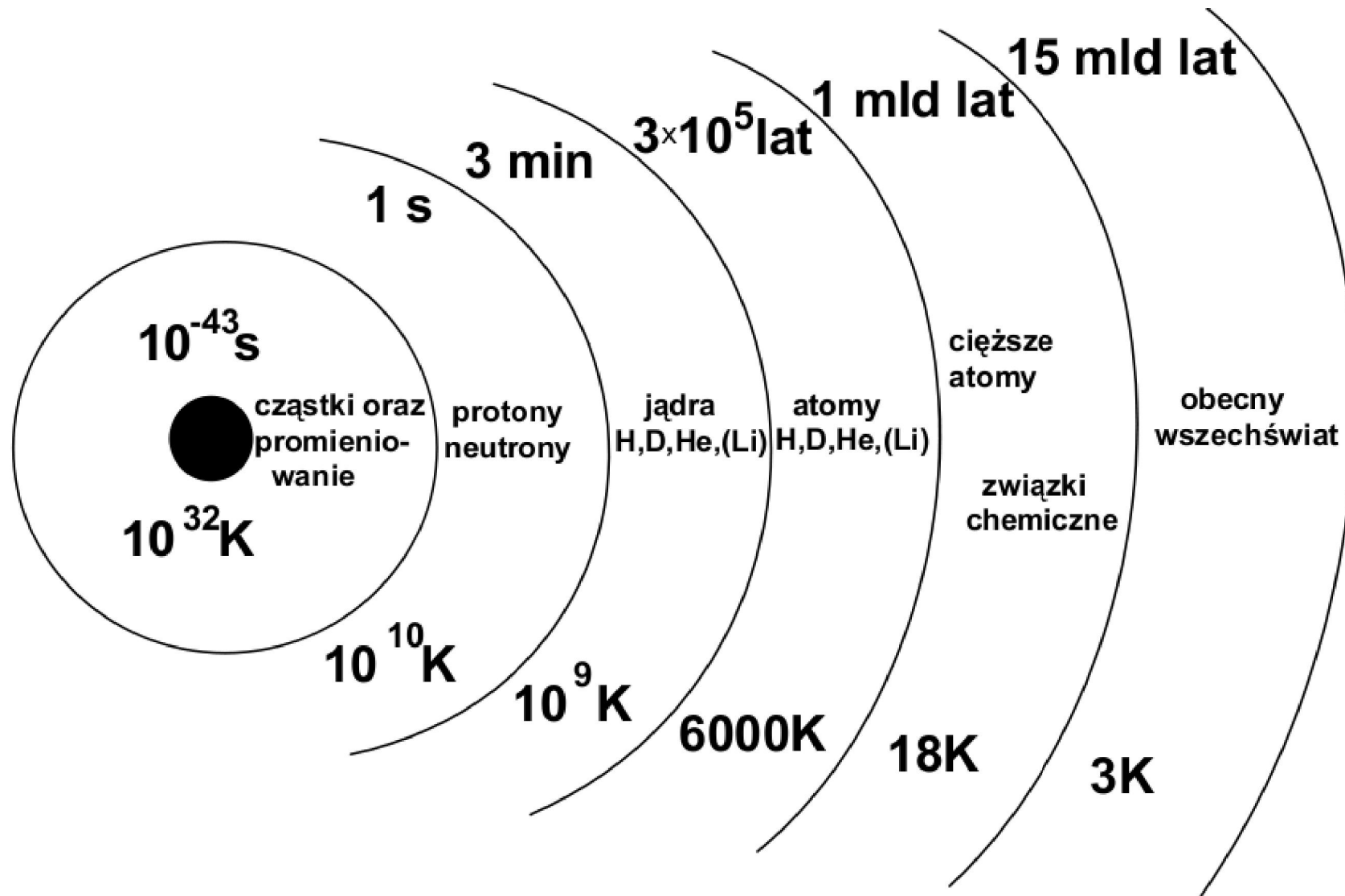
IA UW

Skąd się biorą pierwiastki?

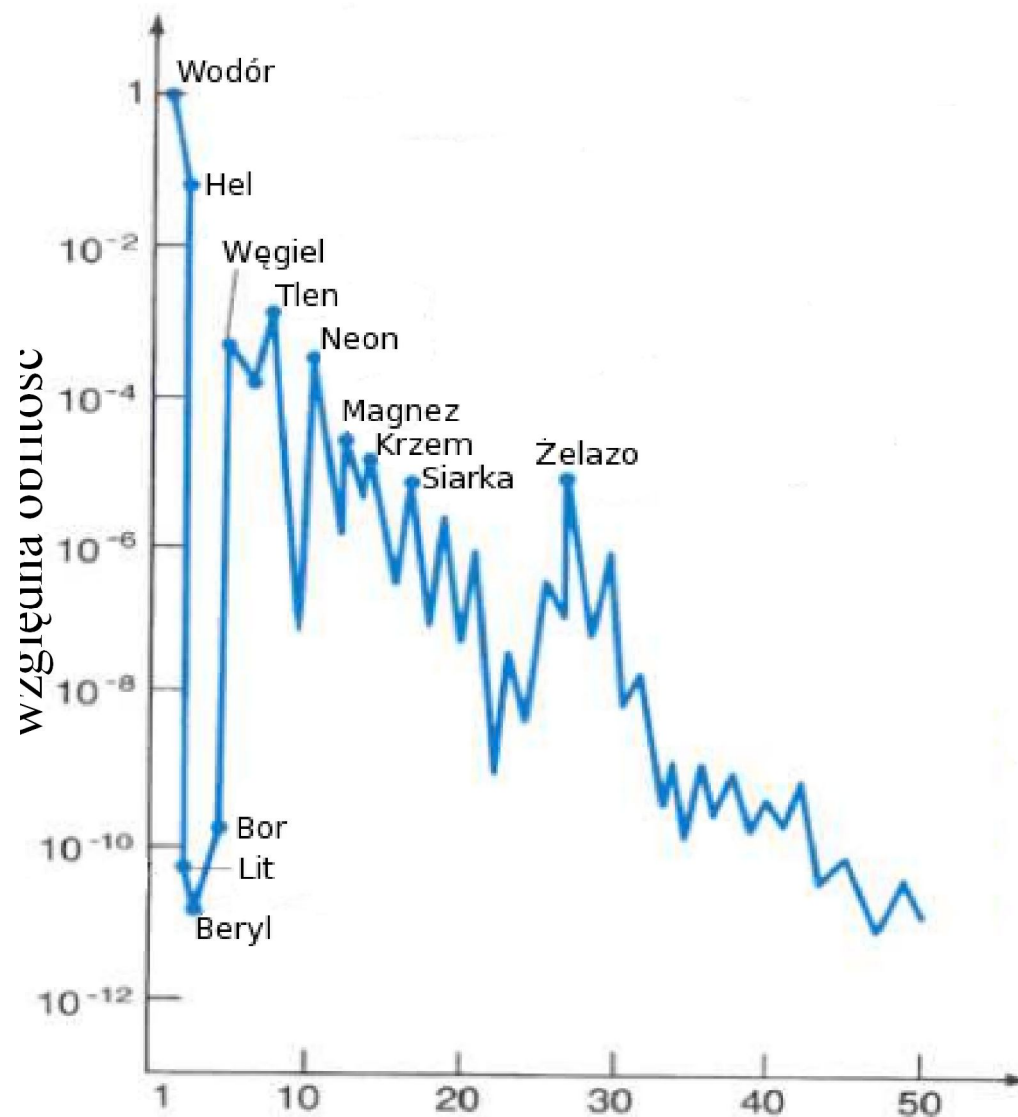
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	64 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Ha													

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lw

Wielki Wybuch



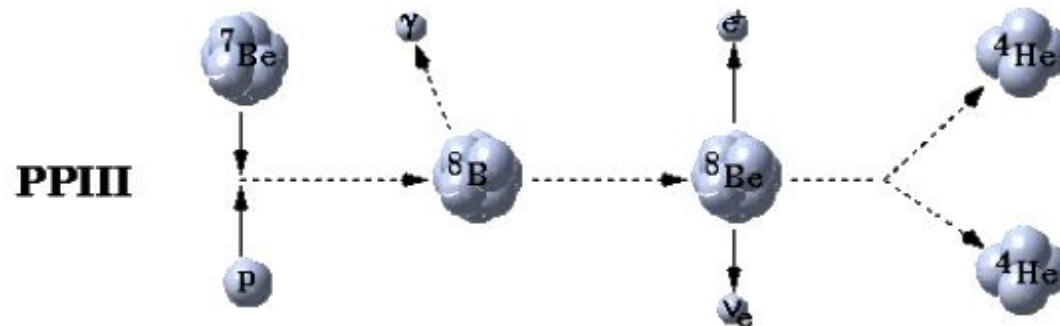
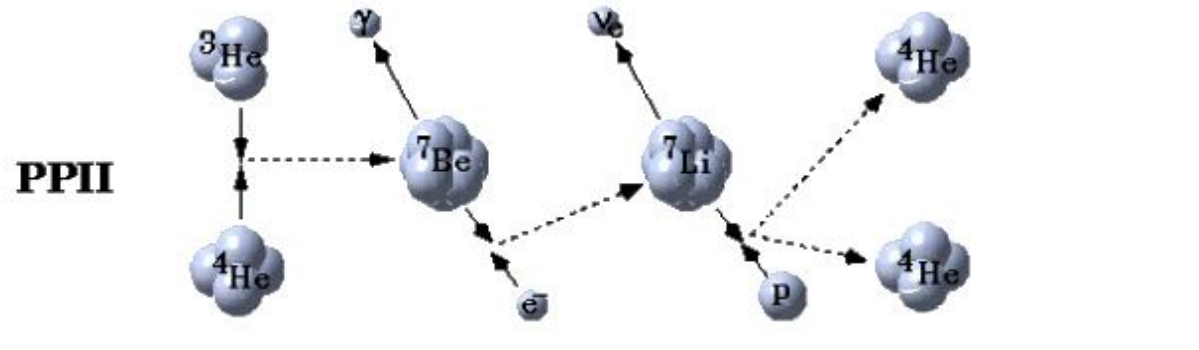
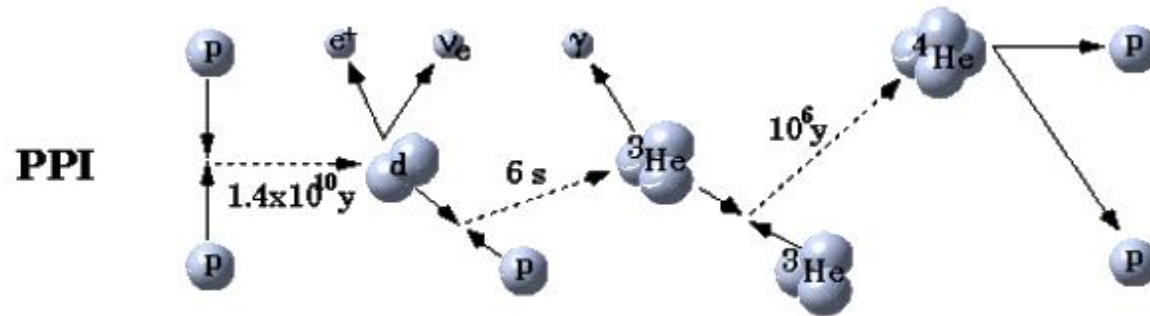
Skąd się biorą cięższe pierwiastki?



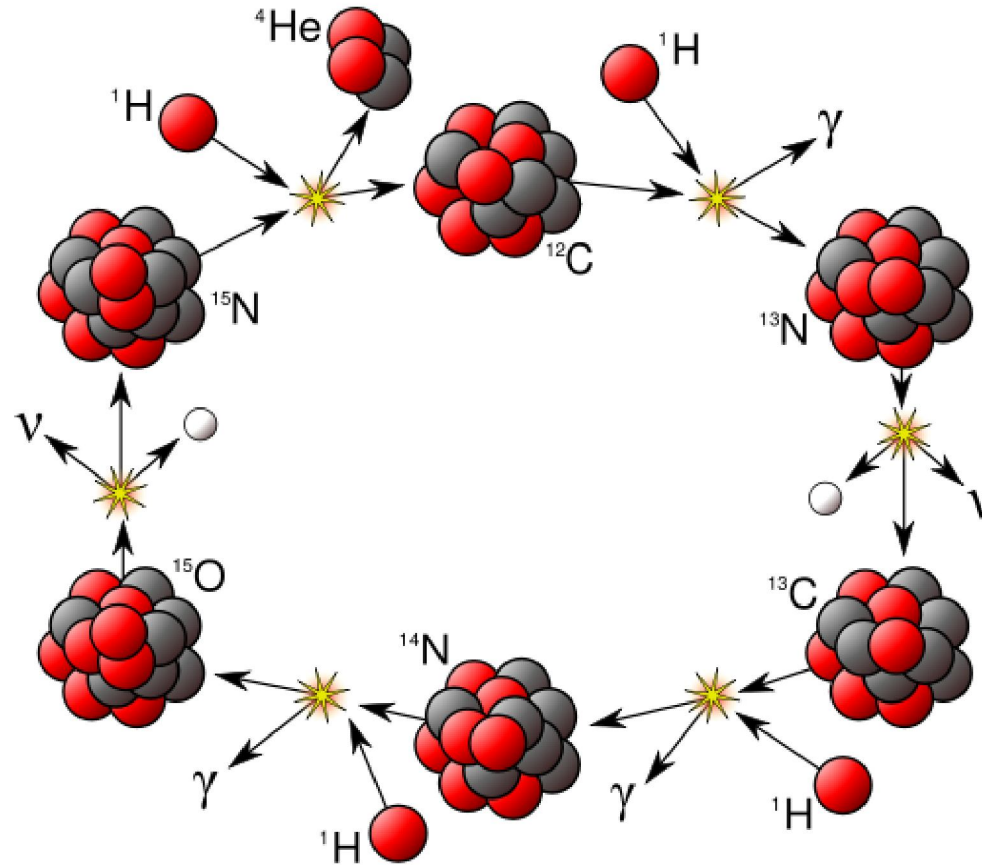
liczba atomowa




Berdyugina i Fluri (2006)

Synteza w gwiazdach



Synteza w gwiazdach

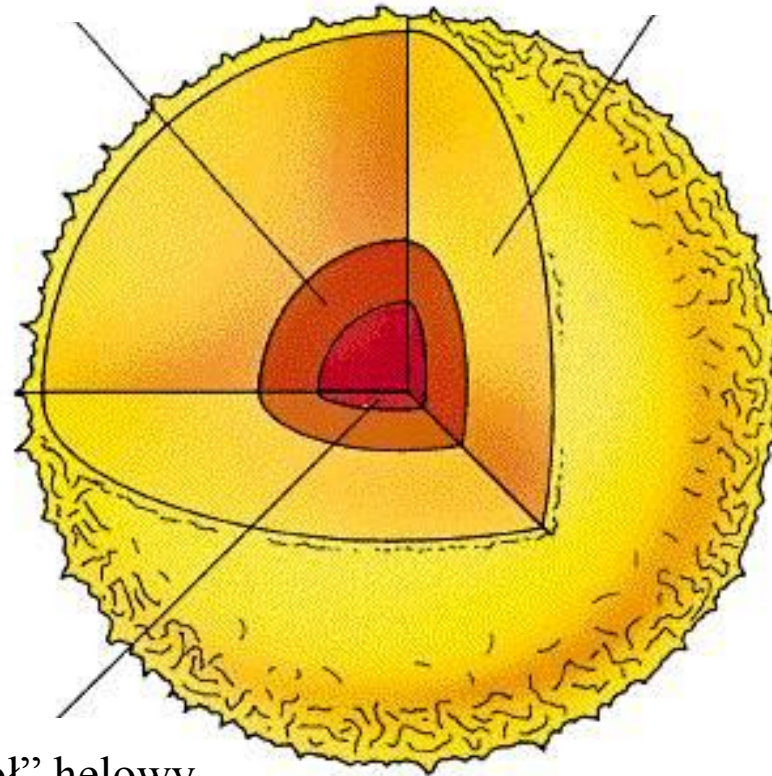


	Proton	γ	Gamma Ray
	Neutron	ν	Neutrino
	Positron		

Ewolucja mało masywnych gwiazd

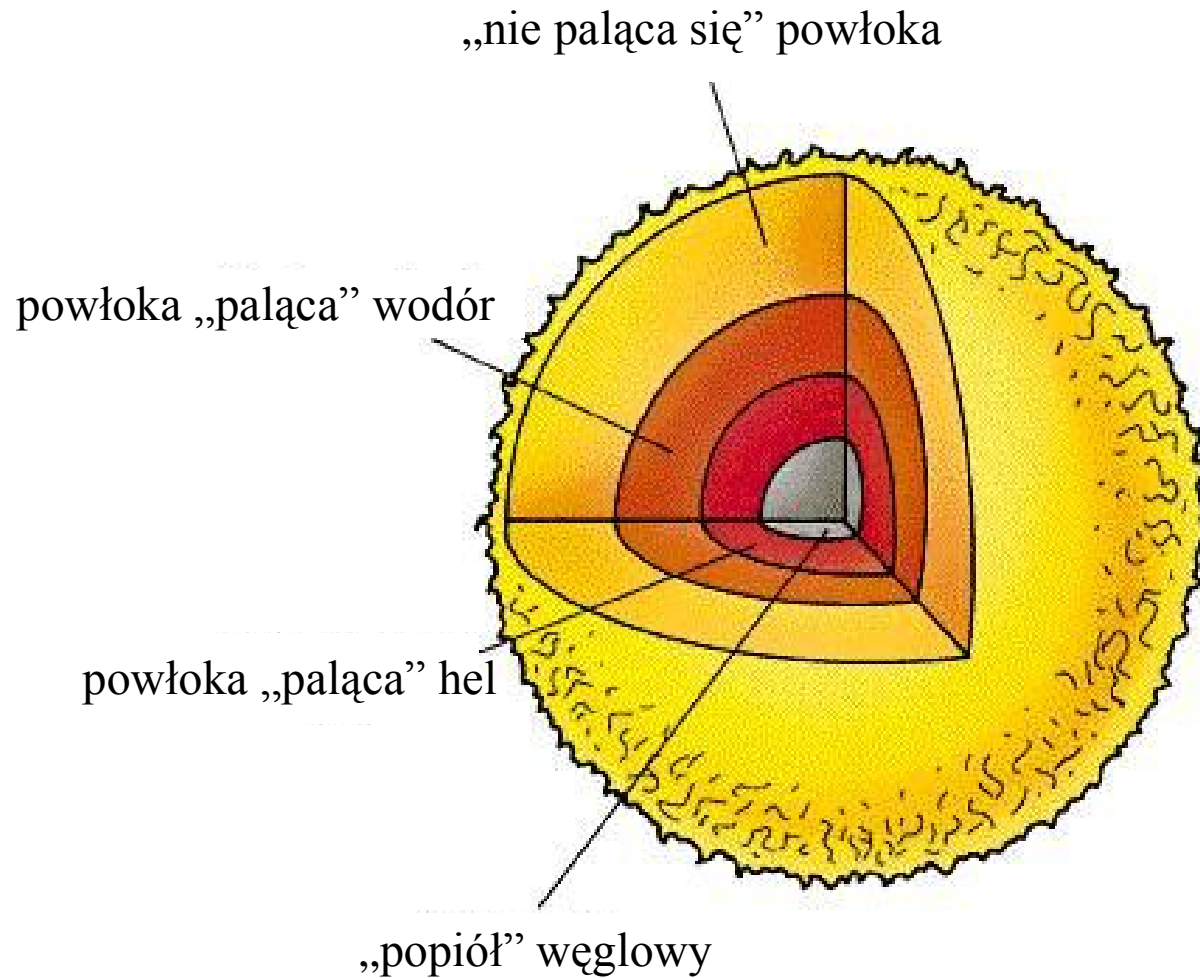
„palący się” wodór

„niepaląca się” powłoka

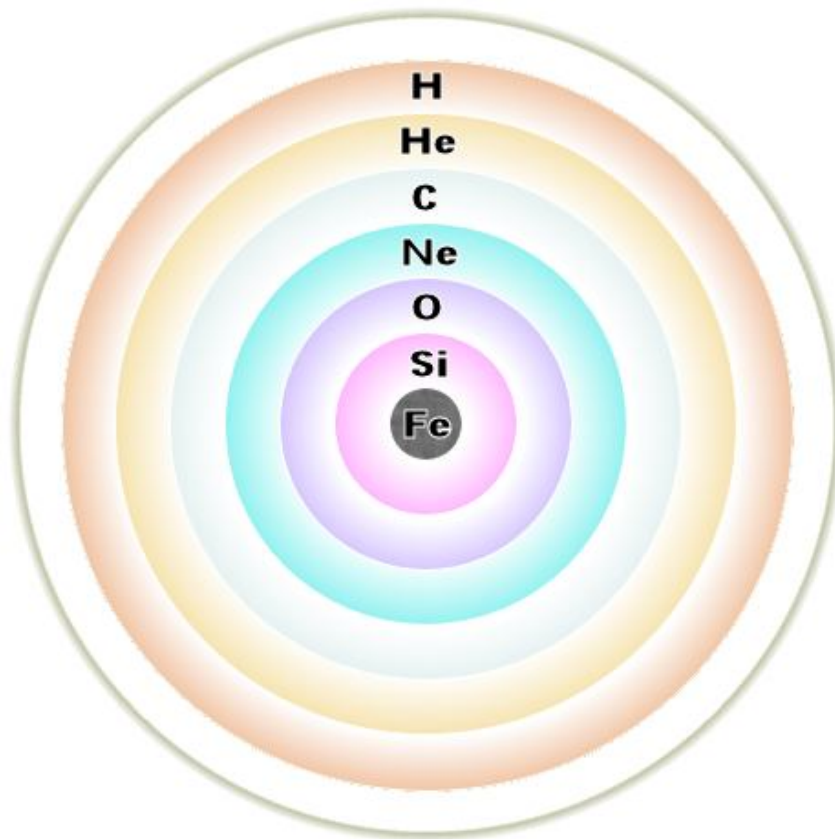


„popiół” helowy

Ewolucja średnio masywnych gwiazd

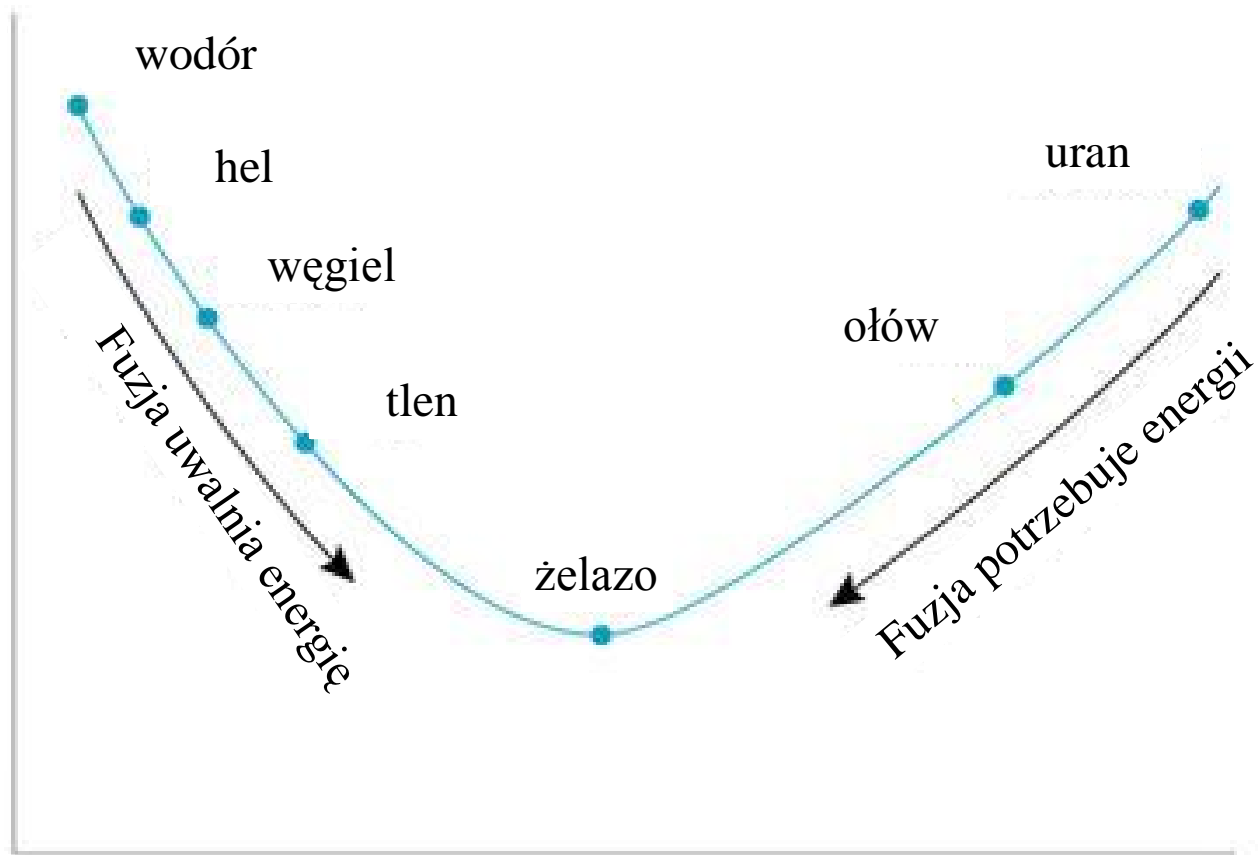


Ewolucja masywnych gwiazd

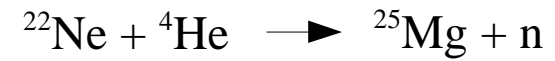
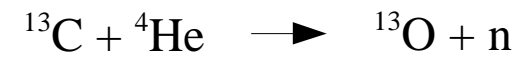
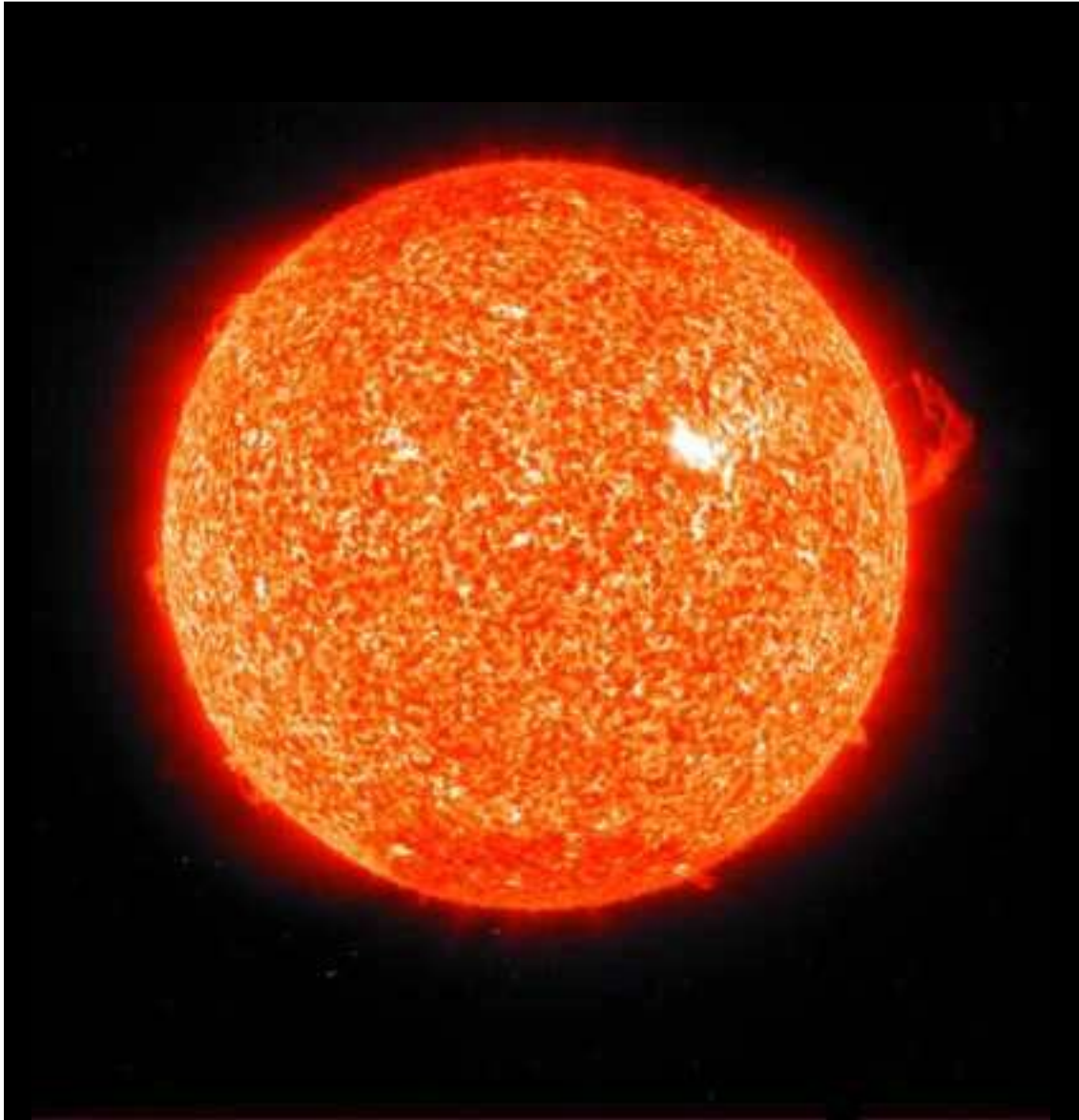


<i>Faza</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Czas trwania</i>
wodorowa	$6,10^7$	10^7 lat
helowa	$2,10^8$	10^5 lat
węglowe	10^9	600 lat
neonowa	$1,7 \cdot 10^9$	1 rok
tlenowa	$2,5 \cdot 10^9$	6 miesięcy
krzemowa	$4 \cdot 10^9$	1 dzień

Żelazo – graniczny pierwiastek



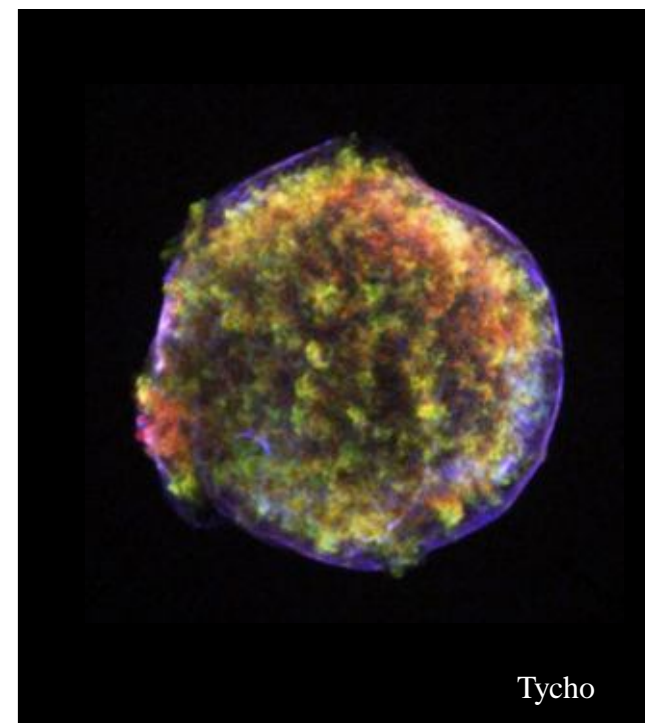
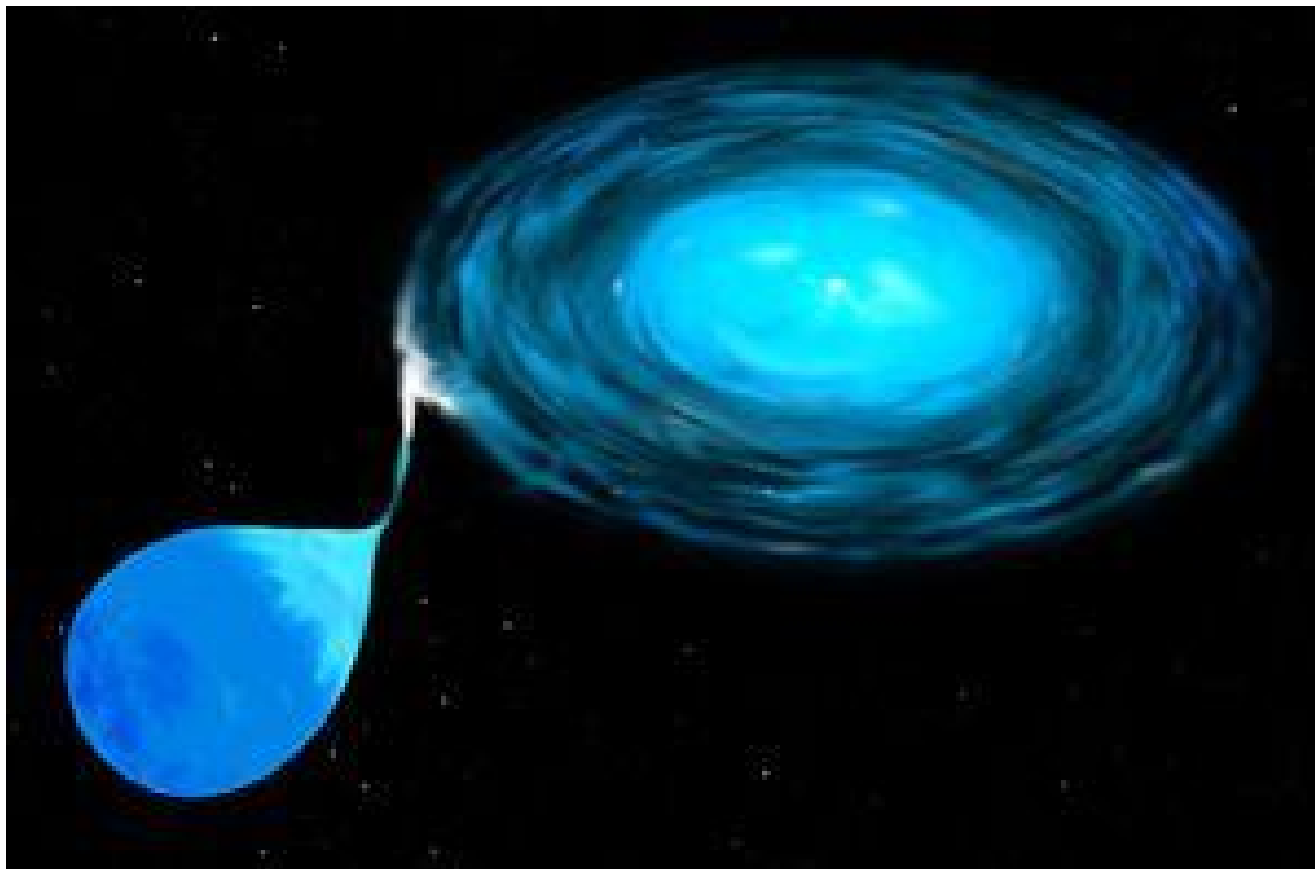
Synteza cięższych pierwiastków w gwiazdach



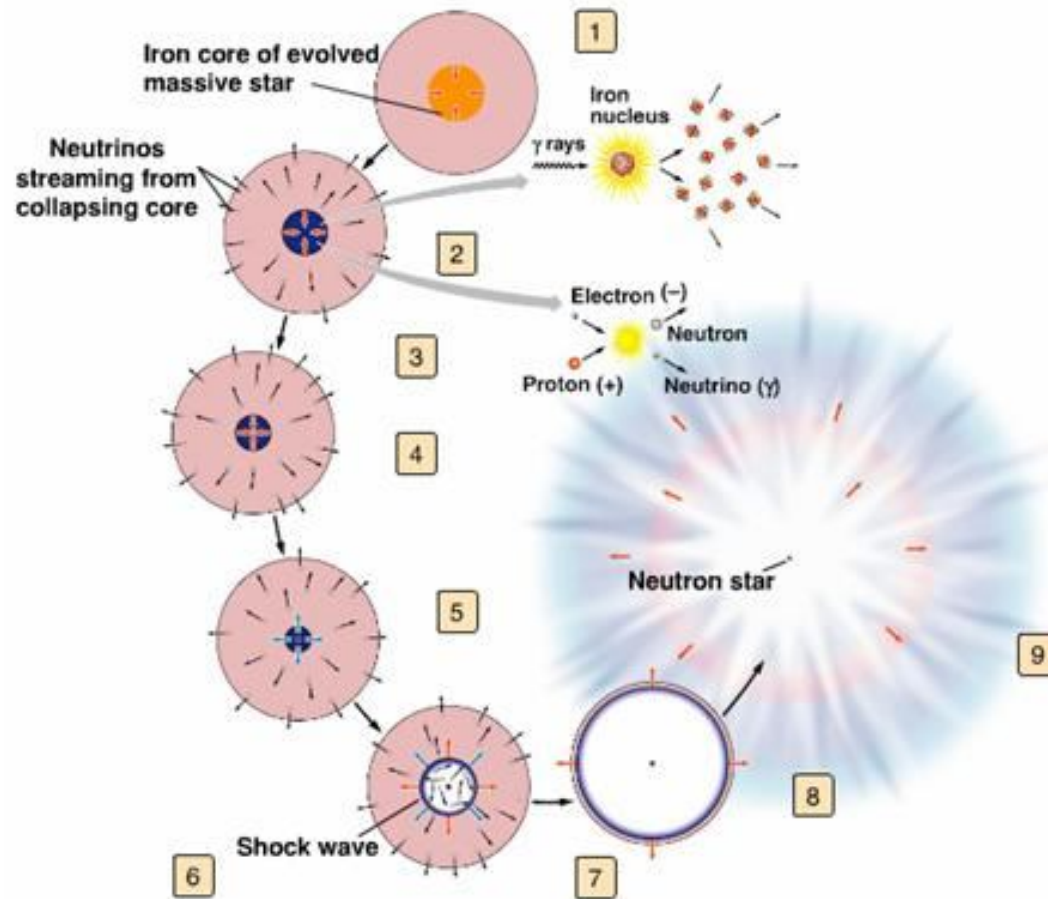
Supernowe



Supernowa typu I



Supernowa typu II



Cięższe pierwiastki zasilają obłoki molekularne

Otoczki czerwonych olbrzymów

Pierwiastki powstałe podczas
wybuchów supernowych

Obłoki molekularne



gwiazdy i planety



Populacje gwiazdowe

Populacja III



Populacja II



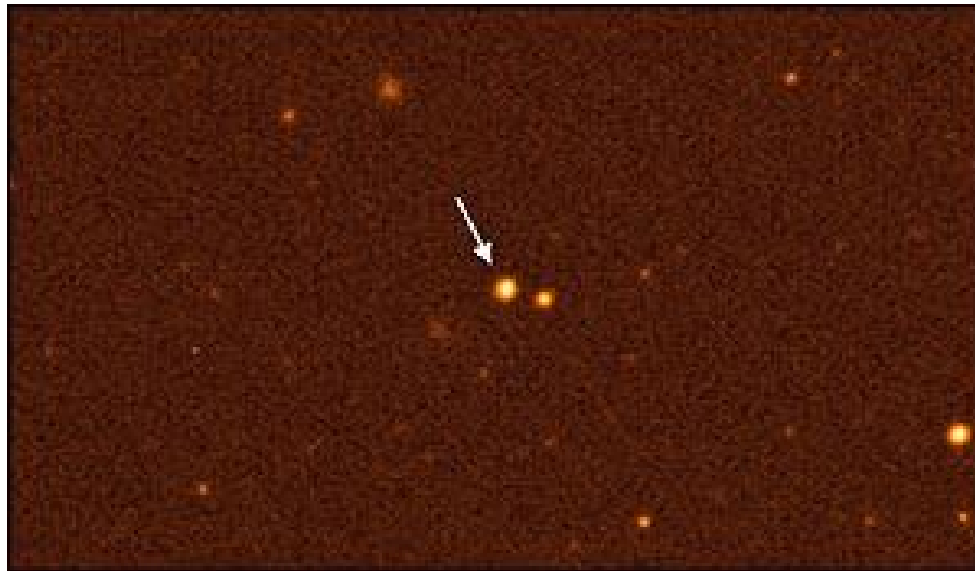
Populacja I

Populacja, do której należy Słońce

Gwiezdna skamielina

"Nature" z 31 października 2002 r.

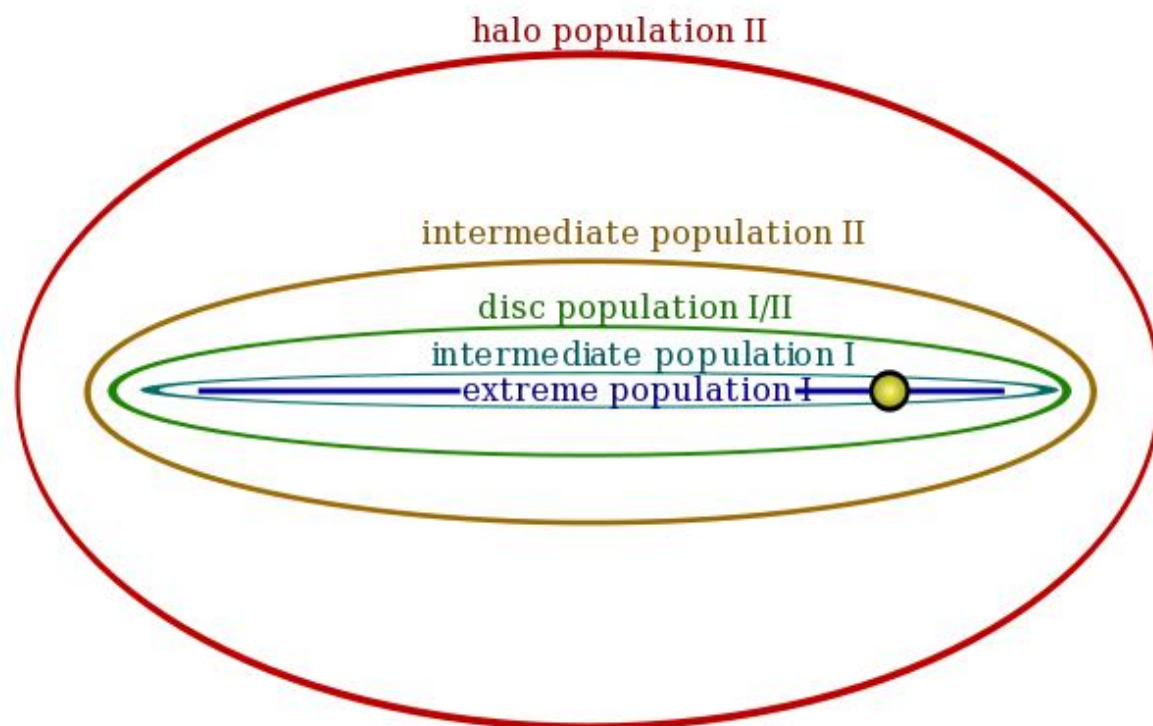
HE0107-5240



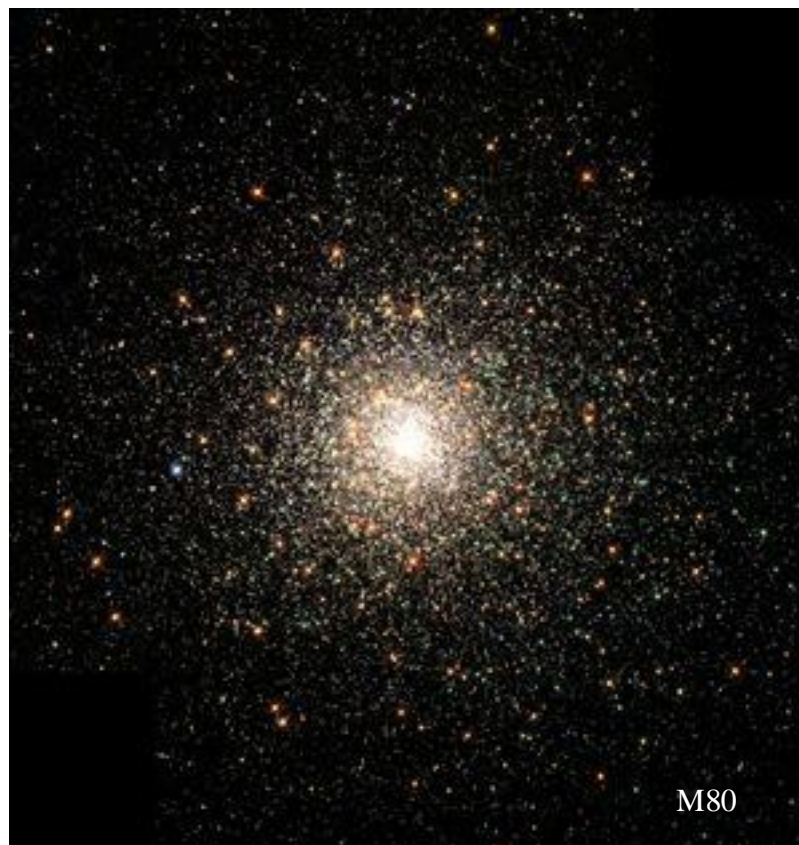
Zawartość metali w atmosferze tej gwiazdy jest 200 000 razy mniejsza niż w atmosferze Słońca

$D = 36\,000 \text{ ly}$

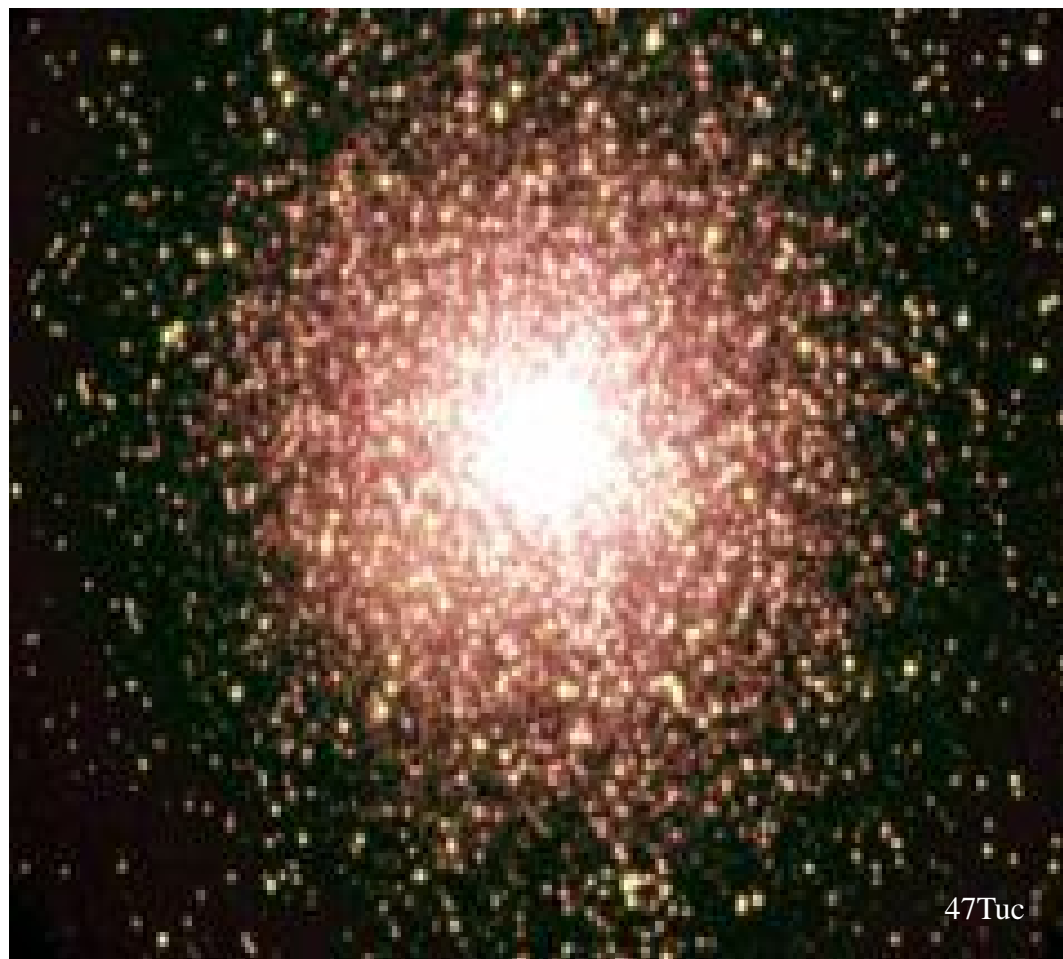
Rozkład gwiazd w Galaktyce



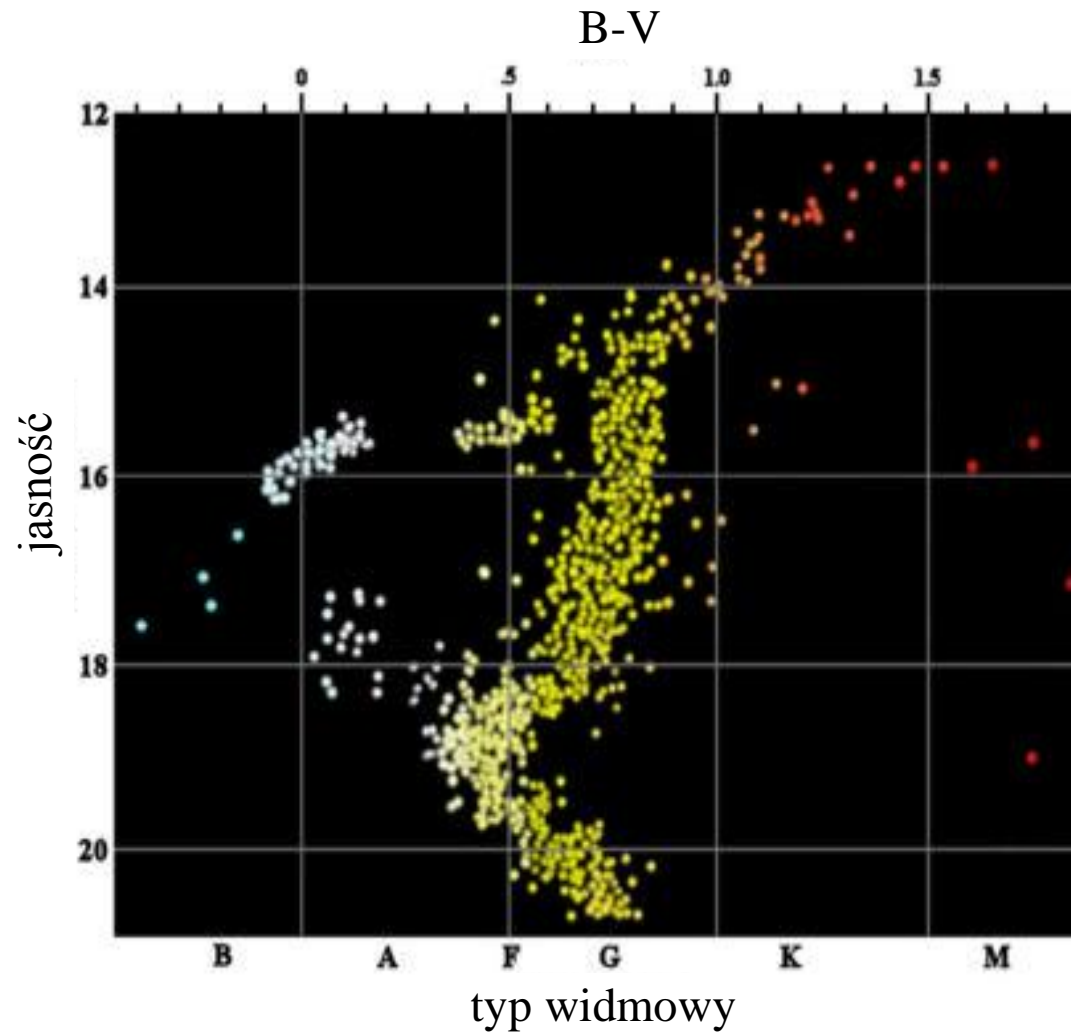
Gromady kuliste



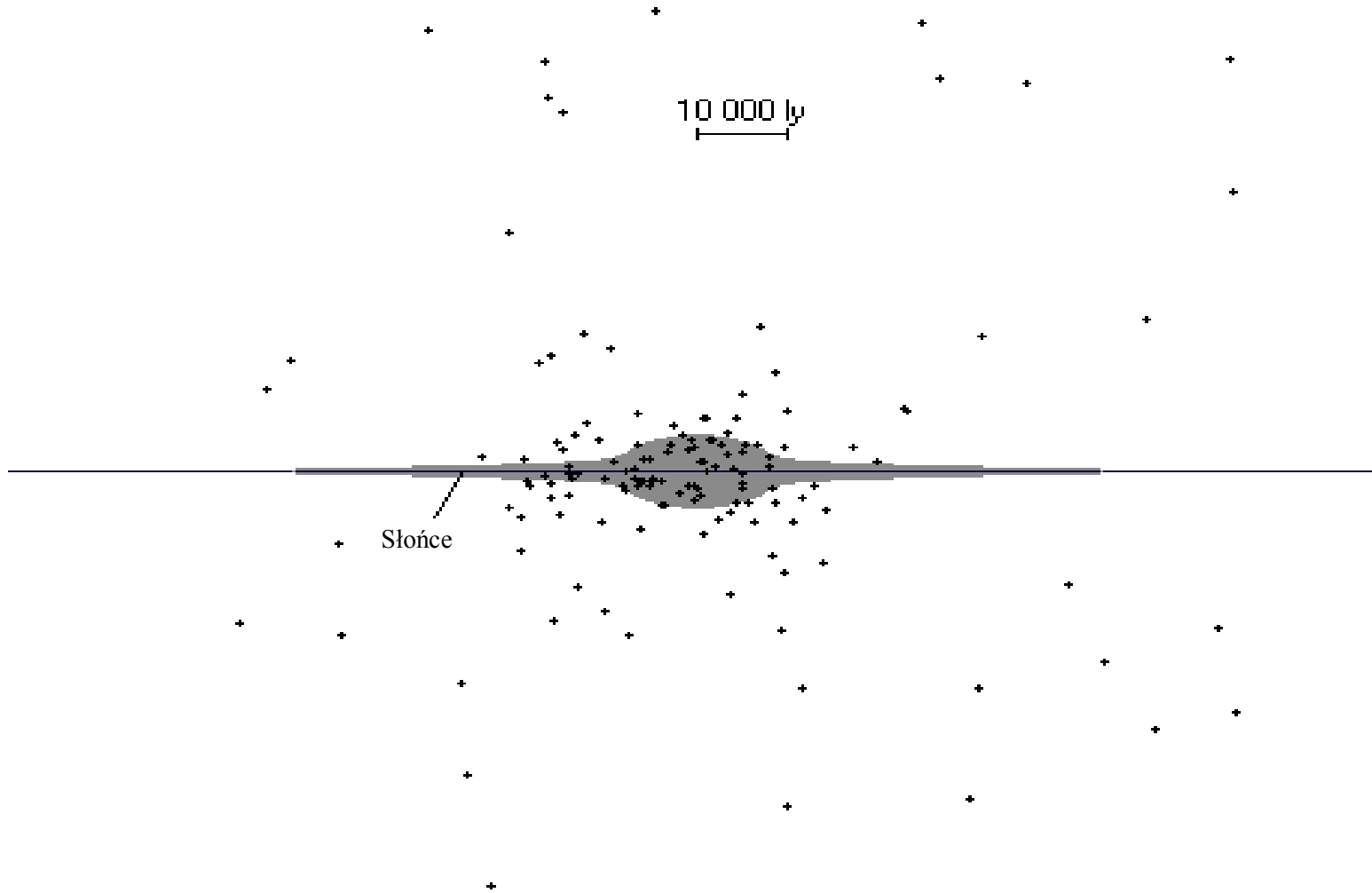
Gromady kuliste



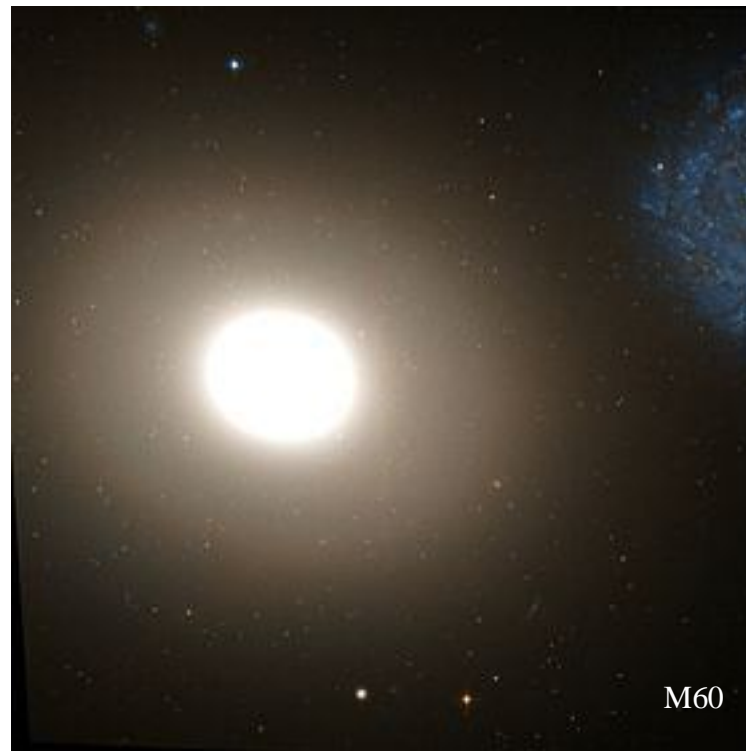
Wykres H-R gromady kulistej



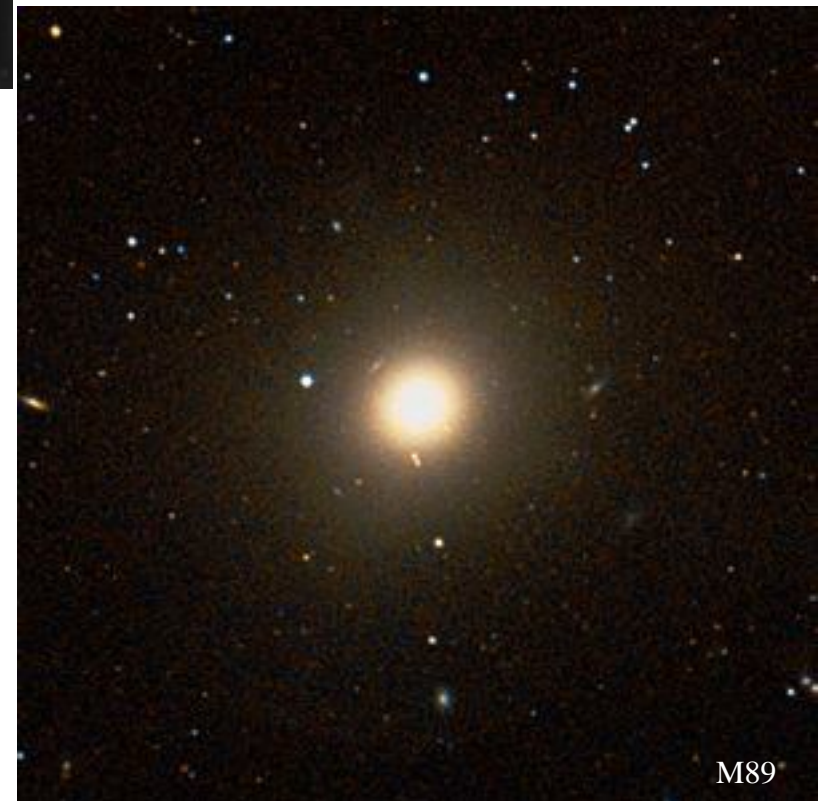
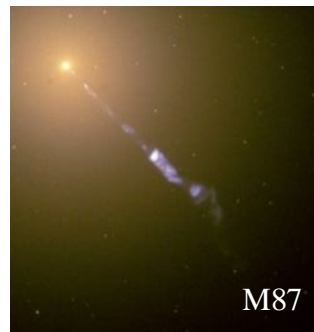
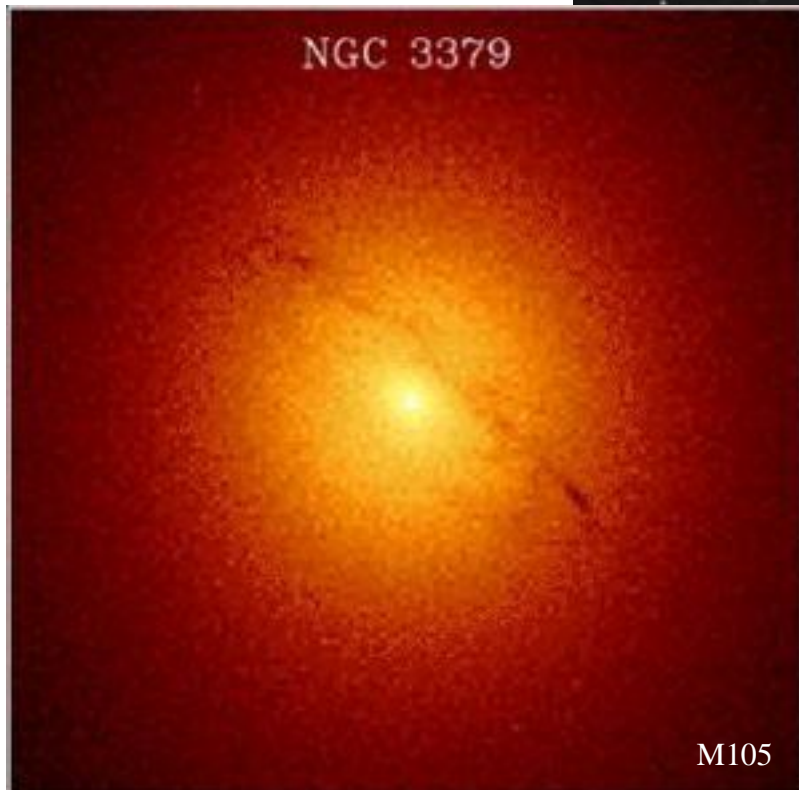
Rozkład gromad kulistych w Galaktyce



Galaktyki eliptyczne



Galaktyki eliptyczne



Skąd się biorą pierwiastki?

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	64 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Ha													

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lw