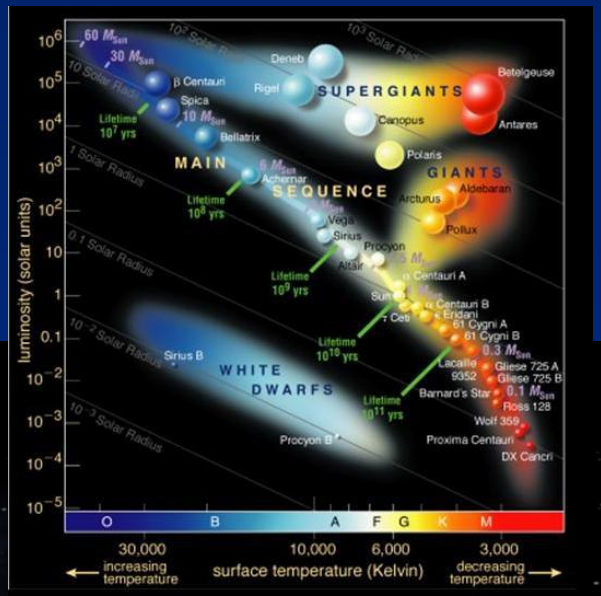
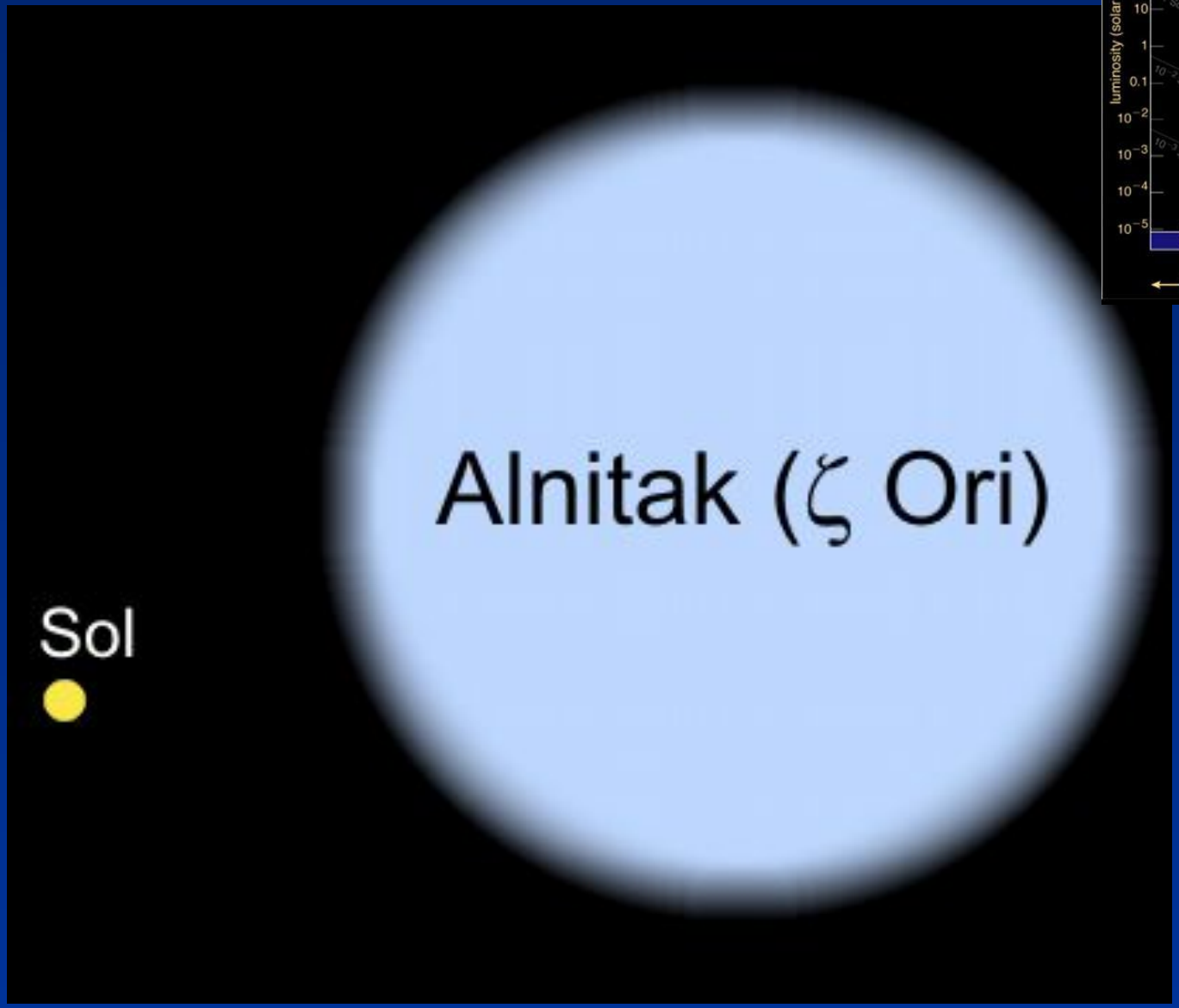
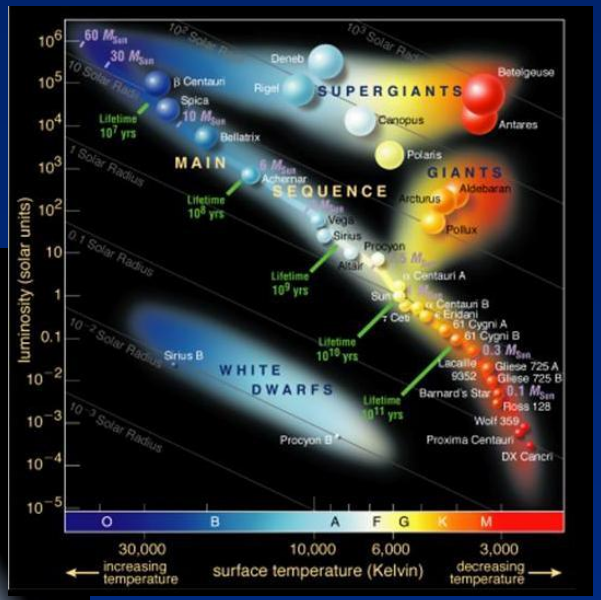
Модели звезд

Голубой гигант

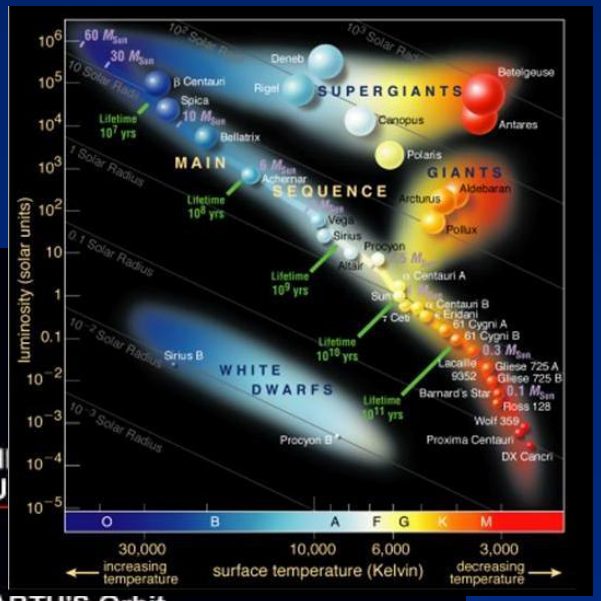


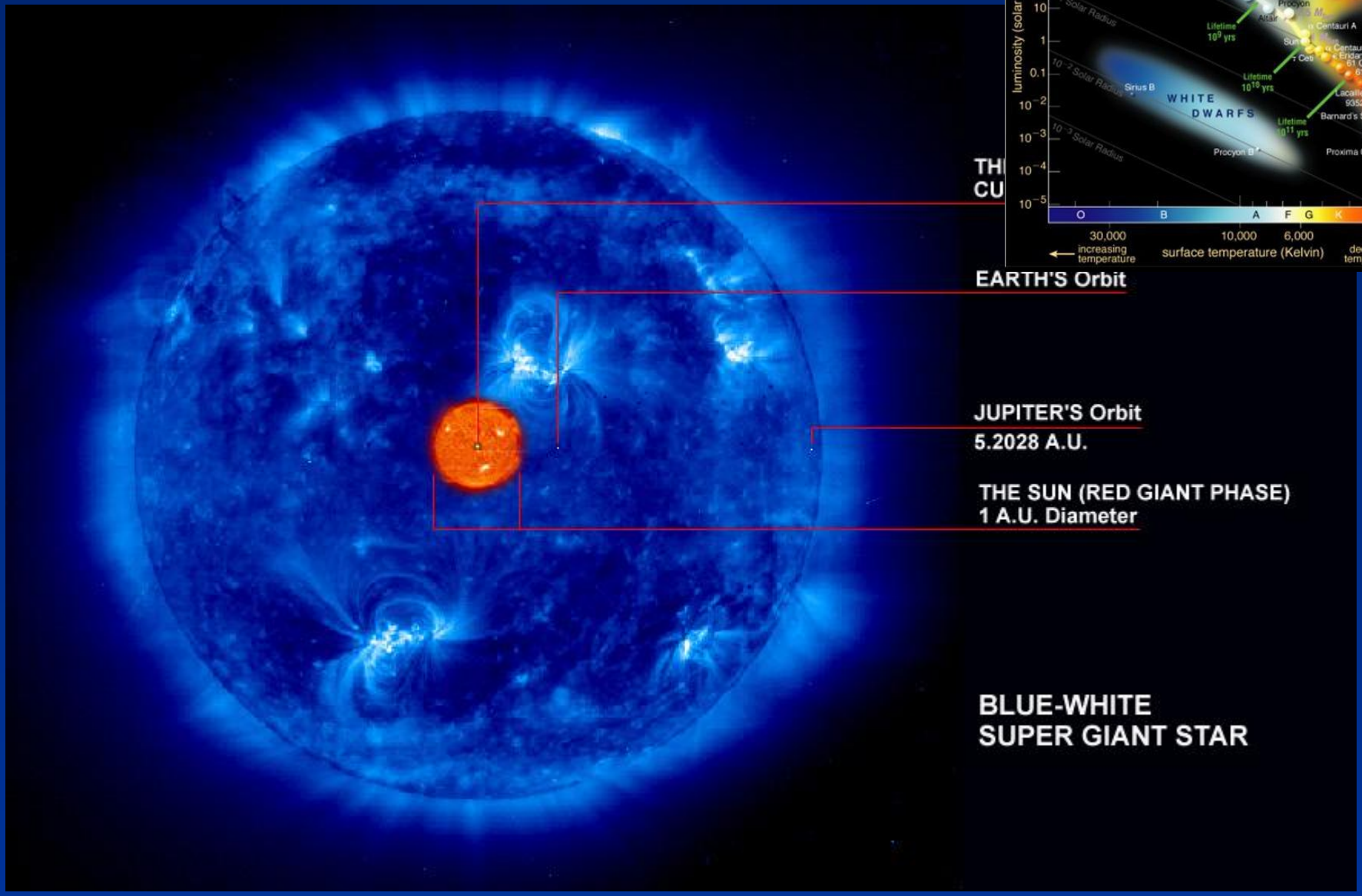
Голубой гигант



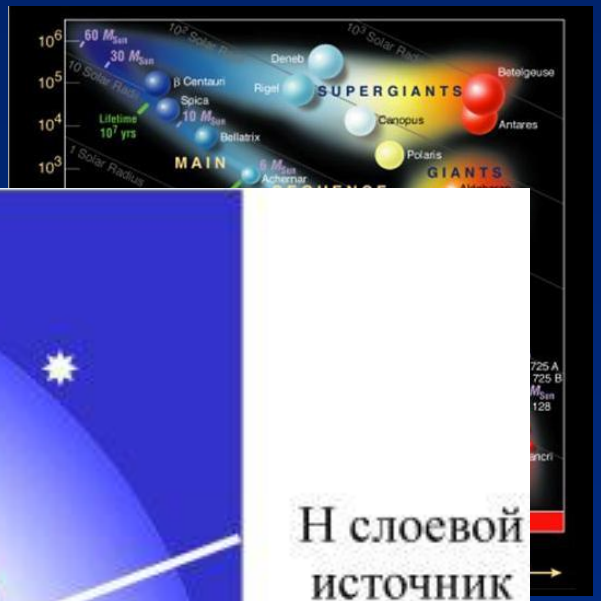


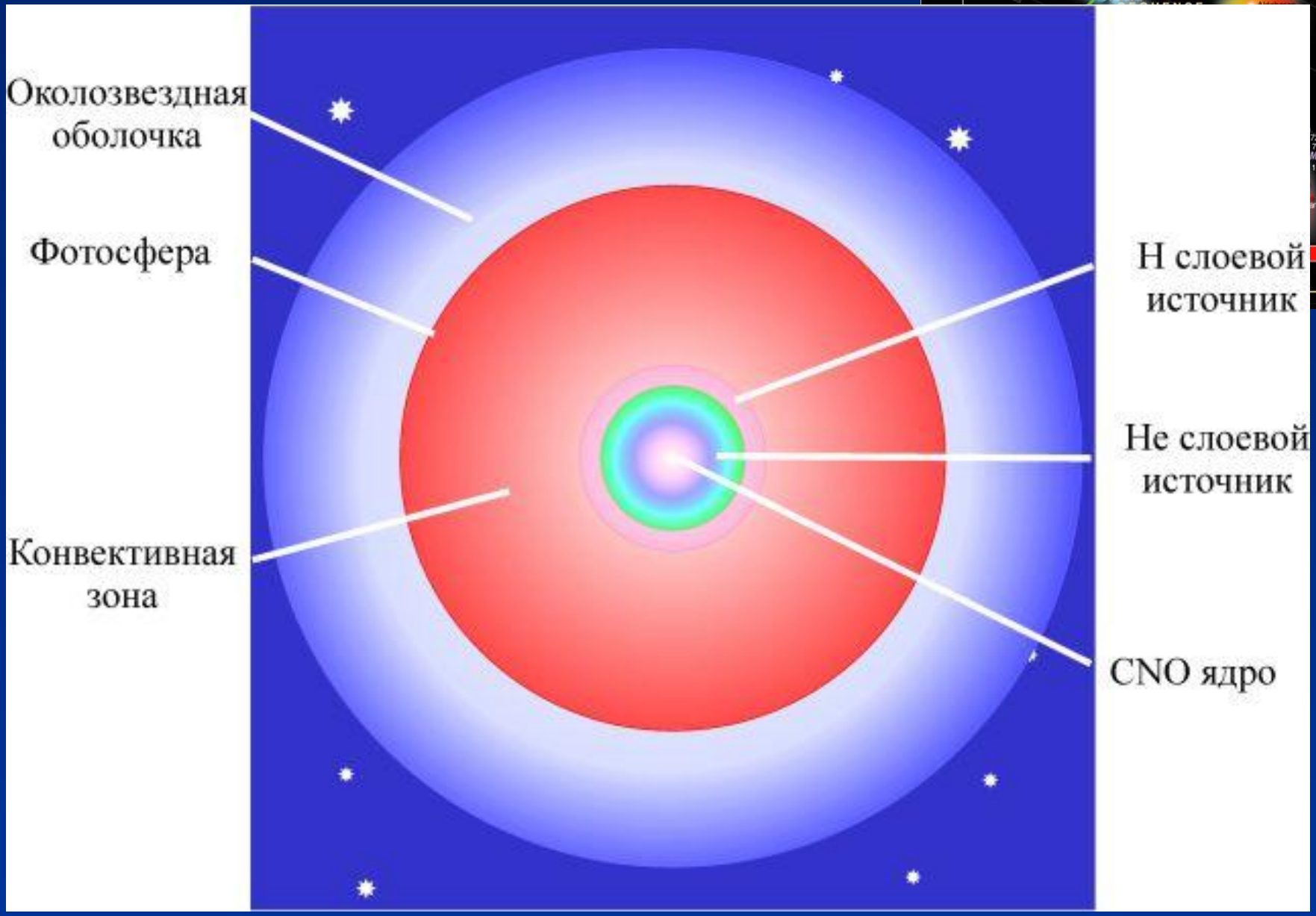
Голубой гигант





Голубой гигант





ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ: а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	а VIII б		
1	H						H 1 1,00794±7 ВОДОРОД $1s^1$ 1	He 2 4,002602±2 ГЕЛИЙ $1s^2$ 2		
2	Li 3 6,941±2 ЛИТИЙ $2s^1$ 1 2	Be 4 9,012182±3 БЕРИЛЛИЙ $2s^2$ 2 2	B 5 10,811±7 БОР $2s^2 2p^1$ 3 2	C 6 12,0107±8 УГЛЕРОД $2s^2 2p^2$ 4 2	N 7 14,00674±7 АЗОТ $2s^2 2p^3$ 5 2	O 8 15,9994±3 КИСЛОРОД $2s^2 2p^4$ 6 2	F 9 18,9984032±5 ФТОР $2s^2 2p^5$ 7 2	Ne 10 20,1797±6 НЕОН $2s^2 2p^6$ 8 2		
3	Na 11 22,989770±2 НАТРИЙ $3s^1$ 1 8 2	Mg 12 24,3050±6 МАГНИЙ $3s^2$ 2 8 2	Al 13 26,981538±2 АЛЮМИНИЙ $3s^2 3p^1$ 3 8 2	Si 14 28,0855±3 КРЕМНИЙ $3s^2 3p^2$ 4 8 2	P 15 30,973761±2 ФОСФОР $3s^2 3p^3$ 5 8 2	S 16 32,066±6 СЕРА $3s^2 3p^4$ 6 8 2	Cl 17 35,4527±9 ХЛОР $3s^2 3p^5$ 7 8 2	Ar 18 39,948±1 АРГОН $3s^2 3p^6$ 8 8 2		
4	K 19 39,0983±1 КАЛИЙ $4s^1$ 1 8 8 2	Ca 20 40,078±4 КАЛЬЦИЙ $4s^2$ 2 8 8 2	21 Sc 44,955910±8 СКАНДИЙ $3d^1 4s^2$ 2 9 8 2	22 Ti 47,867±1 ТИТАН $3d^2 4s^2$ 2 10 8 2	23 V 50,9415±1 ВАНАДИЙ $3d^3 4s^2$ 2 11 8 2	24 Cr 51,9961±6 ХРОМ $3d^5 4s^1$ 1 13 8 2	25 Mn 54,938049±9 МАРГАНЕЦ $3d^5 4s^2$ 2 13 8 2	26 Fe 55,845±2 ЖЕЛЕЗО $3d^6 4s^2$ 2 14 8 2	27 Co 58,933200±9 КОБАЛЬТ $3d^7 4s^2$ 2 15 8 2	28 Ni 58,6934± НИКЕЛЬ $3d^8 4s^2$ 2 16 8 2
	29 Cu 63,546±3 МЕДЬ $3d^{10} 4s^1$ 1 18 8 2	30 Zn 65,39±2 ЦИНК $3d^{10} 4s^2$ 2 18 8 2	Ga 31 69,723±1 ГАЛЛИЙ $4s^2 4p^1$ 3 18 8 2	Ge 32 72,61±2 ГЕРМАНИЙ $4s^2 4p^2$ 4 18 8 2	As 33 74,92160±2 МЫШЬЯК $4s^2 4p^3$ 5 18 8 2	Se 34 78,96±3 СЕЛЕН $4s^2 4p^4$ 6 18 8 2	Br 35 79,904±1 БРОМ $4s^2 4p^5$ 7 18 8 2	Kr 36 83,80±1 КРИПТОН $4s^2 4p^6$ 8 18 8 2		
5	Rb 37 85,4678±3 РУБИДИЙ $5s^1$ 1 8 18 8 2	Sr 38 87,62±1 СТРОНЦИЙ $5s^2$ 2 8 18 8 2	39 Y 88,90585±2 ИТТРИЙ $4d^1 5s^2$ 2 9 18 8 2	40 Zr 91,224±2 ЦИРКОНИЙ $4d^2 5s^2$ 2 10 18 8 2	41 Nb 92,90638±2 НИОБИЙ $4d^4 5s^1$ 1 12 18 8 2	42 Mo 95,94±1 МОЛИБДЕН $4d^5 5s^1$ 1 13 18 8 2	43 Tc [98] ТЕХНЕЦИЙ $4d^5 5s^2$ 2 13 18 8 2	44 Ru 101,07±2 РУТЕНИЙ $4d^7 5s^1$ 1 15 18 8 2	45 Rh 102,90550±2 РОДИЙ $4d^8 5s^1$ 1 16 18 8 2	46 Pd 106,42±1 ПАЛЛАДИЙ $4d^{10} 5s^0$ 0 18 18 8 2
	47 Ag 107,8682±2 СЕРЕБРО $4d^{10} 5s^1$ 1 18 18 8 2	48 Cd 112,411±8 КАДМИЙ $4d^{10} 5s^2$ 2 18 18 8 2	In 49 114,818±3 ИНДИЙ $5s^2 5p^1$ 3 18 18 8 2	Sn 50 118,710±7 ОЛОВО $5s^2 5p^2$ 4 18 18 8 2	Sb 51 121,760±1 СУРЬМА $5s^2 5p^3$ 5 18 18 8 2	Te 52 127,60±3 ТЕЛЛУР $5s^2 5p^4$ 6 18 18 8 2	I 53 126,90447±3 ИОД $5s^2 5p^5$ 7 18 18 8 2	Xe 54 131,29±2 КСЕНОН $5s^2 5p^6$ 8 18 18 8 2		
6	Cs 55 132,90545±2 ЦЕЗИЙ $6s^1$ 1 8 18 18 8 2	Ba 56 137,327±7 БАРИЙ $6s^2$ 2 8 18 18 8 2	57 La* 138,9055±2 ЛАНТАН $5d^1 6s^2$ 2 9 18 18 8 2	72 Hf 178,49±2 ГАФНИЙ $5d^2 6s^2$ 2 10 32 18 8 2	73 Ta 180,9479±1 ТАНТАЛ $5d^3 6s^2$ 2 11 32 18 8 2	74 W 183,84±1 ВОЛЬФРАМ $5d^4 6s^2$ 2 12 32 18 8 2	75 Re 186,207±1 РЕНИЙ $5d^5 6s^2$ 2 13 32 18 8 2	76 Os 190,23±3 ОСМИЙ $5d^6 6s^2$ 2 14 32 18 8 2	77 Ir 192,217±3 ИРИДИЙ $5d^7 6s^2$ 2 15 32 18 8 2	78 Pt 195,078±2 ПЛАТИНА $5d^9 6s^1$ 1 17 32 18 8 2
	79 Au 196,96655±2 ЗОЛОТО $5d^{10} 6s^1$ 1 18 32 18 8 2	80 Hg 200,59±2 РТУТЬ $5d^{10} 6s^2$ 2 18 32 18 8 2	Tl 81 204,3833±2 ТАЛЛИЙ $6s^2 6p^1$ 3 18 32 18 8 2	Pb 82 207,2±1 СВИНЕЦ $6s^2 6p^2$ 4 18 32 18 8 2	Bi 83 208,98038±2 ВИСМУТ $6s^2 6p^3$ 5 18 32 18 8 2	Po 84 [209] ПОЛОНИЙ $6s^2 6p^4$ 6 18 32 18 8 2	At 85 [210] АСТАТ $6s^2 6p^5$ 7 18 32 18 8 2	Rn 86 [222] РАДОН $6s^2 6p^6$ 8 18 32 18 8 2		
7	Fr 87 [223] ФРАНЦИЙ $7s^1$ 1 8 18 32 18 8 2	Ra 88 [226] РАДИЙ $7s^2$ 2 8 18 32 18 8 2	89 Ac** [227] АКТИНИЙ $6d^1 7s^2$ 2 9 18 32 18 8 2	104 Rf [261] РЕЗЕРФОРДИЙ $6d^2 7s^2$ 2 10 32 32 18 8 2	105 Db [262] ДУБНИЙ $6d^3 7s^2$ 2 11 32 32 18 8 2	106 Sg [265] СИБОРГИЙ $6d^4 7s^2$ 2 12 32 32 18 8 2	107 Bh [261] БОРИЙ $6d^5 7s^2$ 2 13 32 32 18 8 2	108 Hs [265] ХАССИЙ $6d^6 7s^2$ 2 14 32 32 18 8 2	109 Mt [266] МЕЙТНЕРИЙ $6d^7 7s^2$ 2 15 32 32 18 8 2	

Атомная масса — Атомный номер

U 92 2 9 21 32 18 8 2
238,0289±1
$5f^3 6d^1 7s^2$
УРАН

Распределение электронов по застраивающимся и ближайшим подоболочкам

Распределение электронов по оболочкам

*** ЛАНТАНОИДЫ**

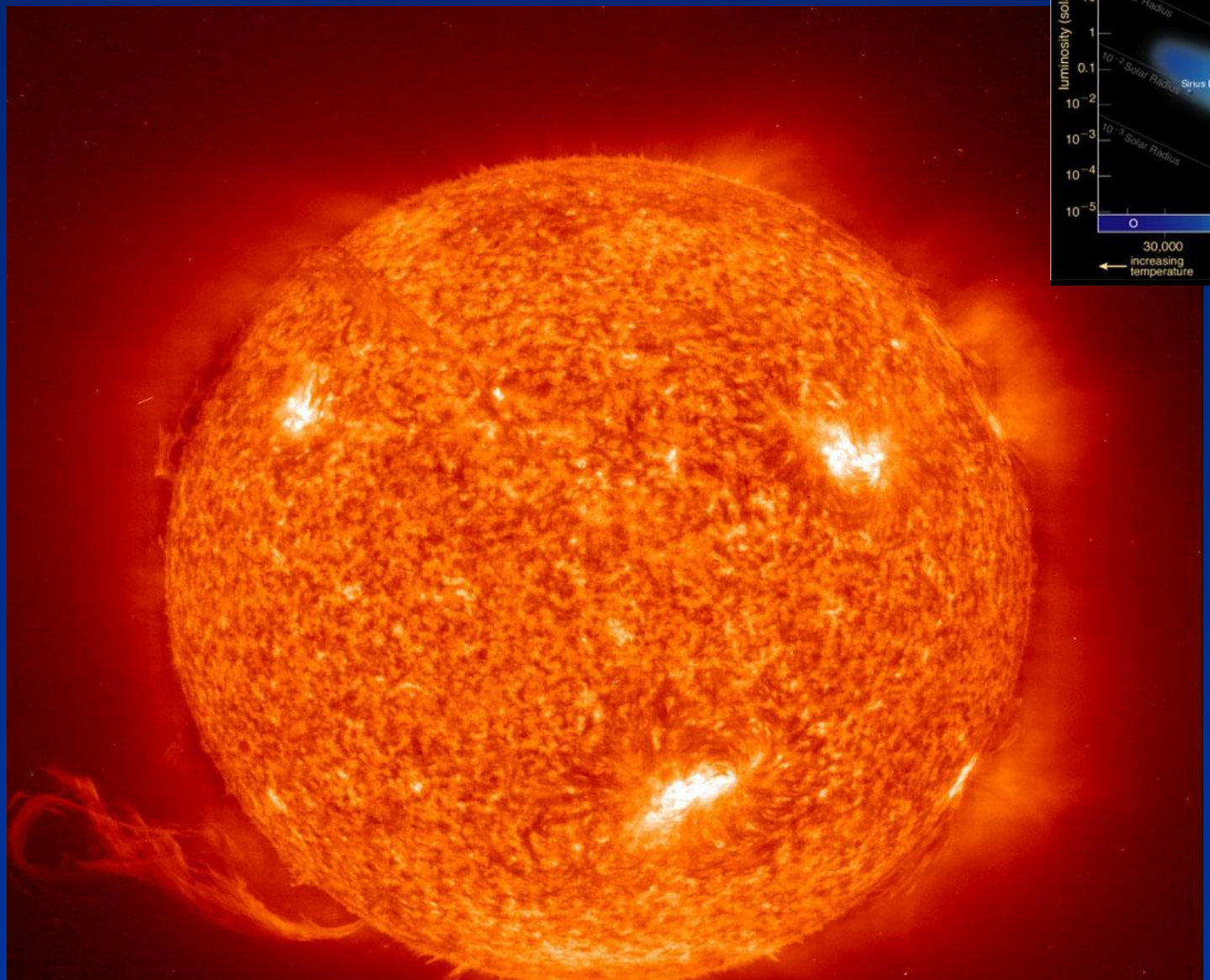
Ce 58 140,116±1 $4f^1 5d^1 6s^2$ 2 8 19 18 8 2 ЦЕРИЙ	Pr 59 140,90765±2 $4f^3 6s^2$ 2 8 21 18 8 2 ПРАЗЕОДИМ	Nd 60 144,24±3 $4f^4 6s^2$ 2 8 22 18 8 2 НЕОДИМ	Pm 61 [145] $4f^5 6s^2$ 2 8 23 18 8 2 ПРОМЕТИЙ	Sm 62 150,36±3 $4f^6 6s^2$ 2 8 24 18 8 2 САМАРИЙ	Eu 63 151,964±1 $4f^7 6s^2$ 2 8 25 18 8 2 ЕВРОПИЙ	Gd 64 157,25±3 $4f^7 5d^1 6s^2$ 2 9 25 18 8 2 ГАДОЛИНИЙ	Tb 65 158,92534±2 $4f^9 6s^2$ 2 8 27 18 8 2 ТЕРБИЙ	Dy 66 162,50±3 $4f^{10} 6s^2$ 2 8 28 18 8 2 ДИСПРОЗИЙ	Ho 67 164,93032±2 $4f^{11} 6s^2$ 2 8 29 18 8 2 ГОЛЬМИЙ	Er 68 167,26±3 $4f^{12} 6s^2$ 2 8 30 18 8 2 ЭРБИЙ	Tm 69 168,93421±2 $4f^{13} 6s^2$ 2 8 31 18 8 2 ТУЛИЙ	Yb 70 173,04±3 $4f^{14} 6s^2$ 2 8 32 18 8 2 ИТТЕРБИЙ	Lu 71 174,967±1 $4f^{14} 5d^1 6s^2$ 2 8 32 18 8 2 ЛЮТЕЦИЙ

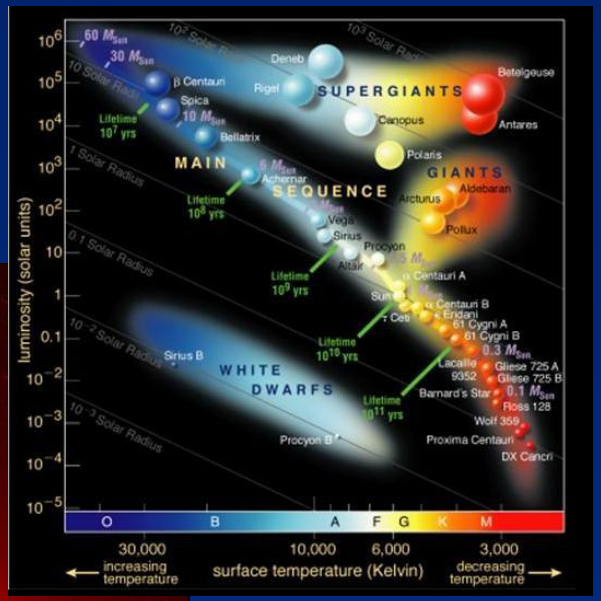
**** АКТИНОИДЫ**

Th 90 232,0381±1 $6d^2 7s^2$ 2 8 10 18 32 18 8 2 ТОРИЙ	Pa 91 231,03588±2 $5f^2 6d^1 7s^2$ 2 8 20 32 18 8 2 ПРОТАКТИНИЙ	U 92 238,0289±1 $5f^3 6d^1 7s^2$ 2 8 21 32 18 8 2 УРАН	Np 93 [237] $5f^4 6d^1 7s^2$ 2 8 22 32 18 8 2 НЕПТУНИЙ	Pu 94 [244] $5f^6 7s^2$ 2 8 24 32 18 8 2 ПЛУТОНИЙ	Am 95 [243] $5f^7 7s^2$ 2 8 25 32 18 8 2 АМЕРИЦИЙ	Cm 96 [247] $5f^7 6d^1 7s^2$ 2 8 25 32 18 8 2 КЮРИЙ	Bk 97 [247] $5f^8 6d^1 7s^2$ 2 8 26 32 18 8 2 БЕРКЛИЙ	Cf 98 [251] $5f^{10} 7s^2$ 2 8 28 32 18 8 2 КАЛИФОРНИЙ	Es 99 [252] $5f^{11} 7s^2$ 2 8 29 32 18 8 2 ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm 100 [257] $5f^{12} 7s^2$ 2 8 30 32 18 8 2 ФЕРМИЙ	Md 101 [258] $5f^{13} 7s^2$ 2 8 31 32 18 8 2 МЕНДЕЛЕВИЙ	No 102 [259] $5f^{14} 7s^2$ 2 8 32 32 18 8 2 НОБЕЛИЙ	Lr 103 [262] $5f^{14} 6d^1 7s^2$ 2 8 32 32 18 8 2 ЛОУРЕНСИЙ

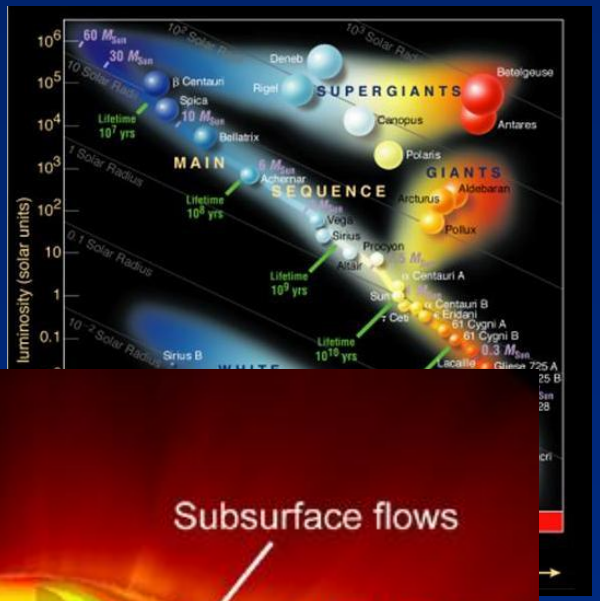
Относительные атомные массы приведены по Международной таблице 1995 года (точность указана для последней значащей цифры). Для элементов, не имеющих стабильных

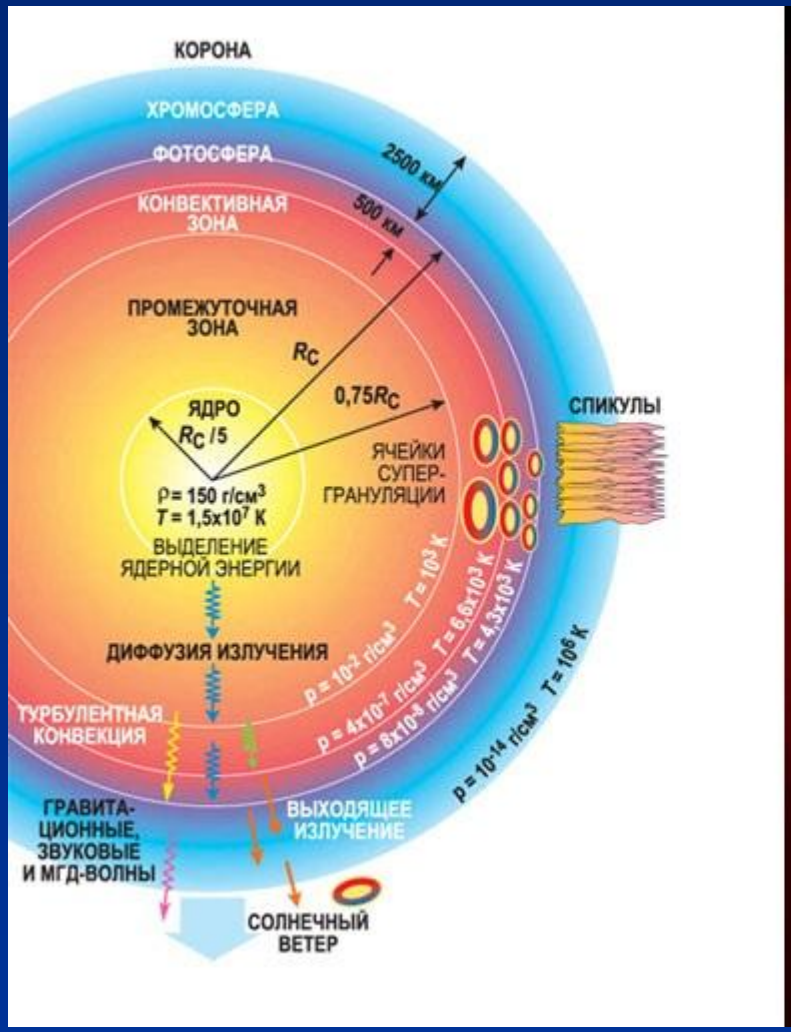
Звезда Главной последовательности

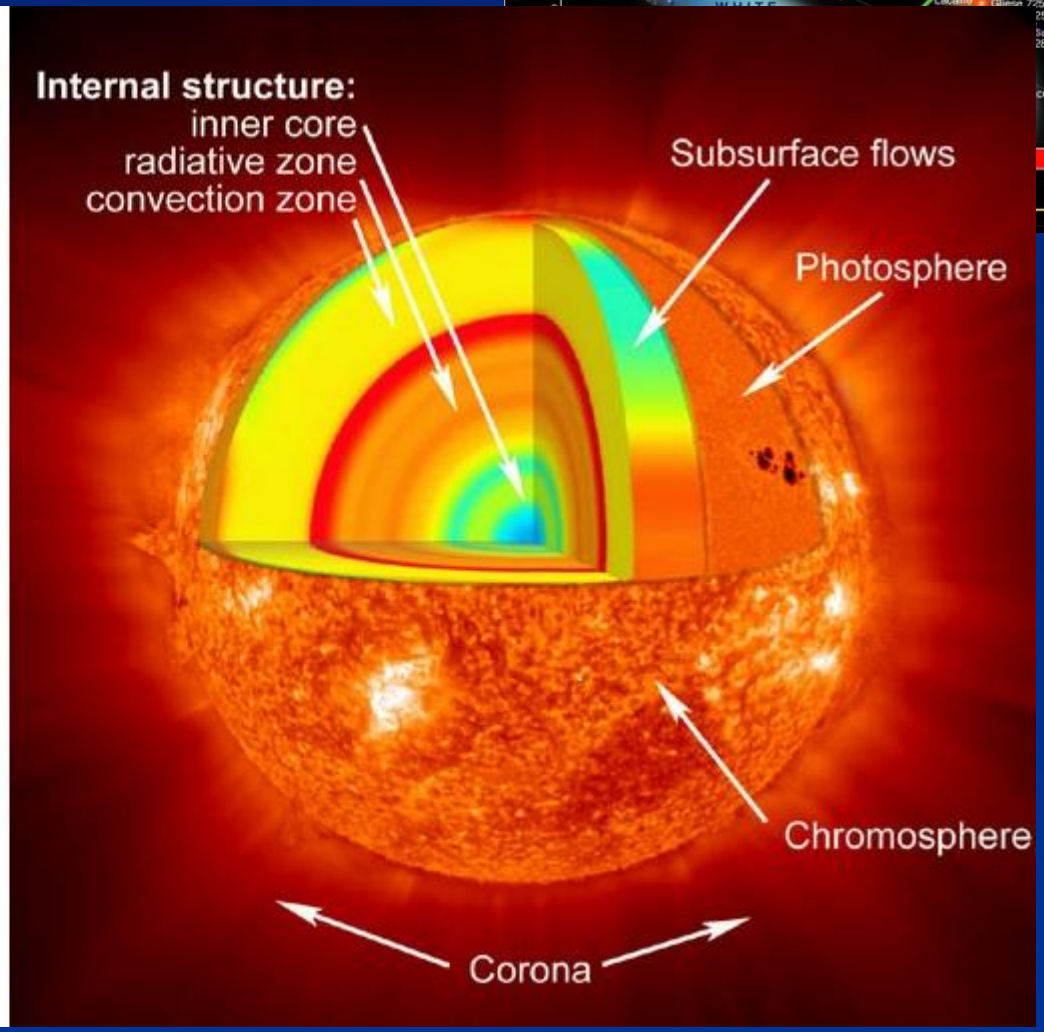


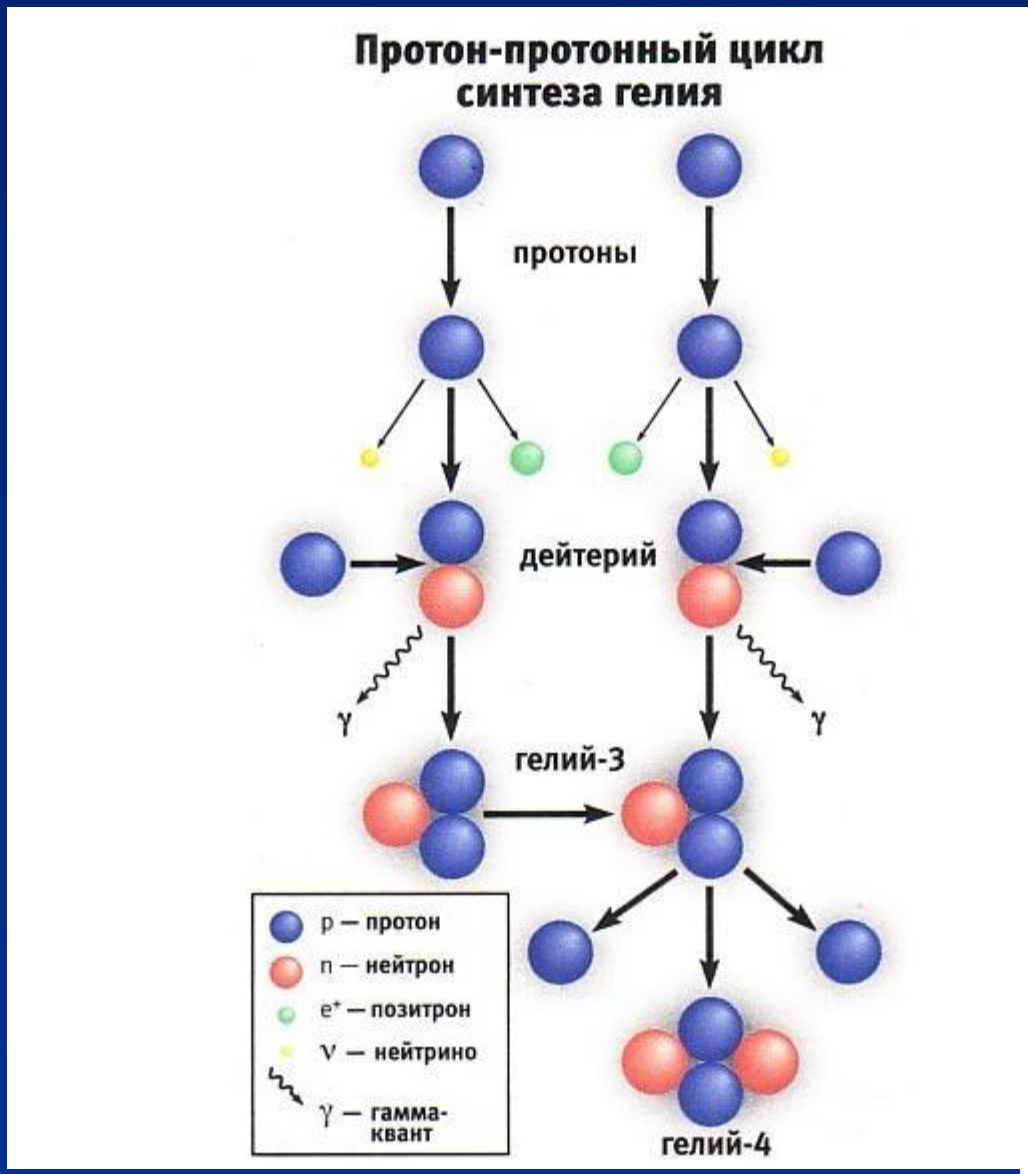


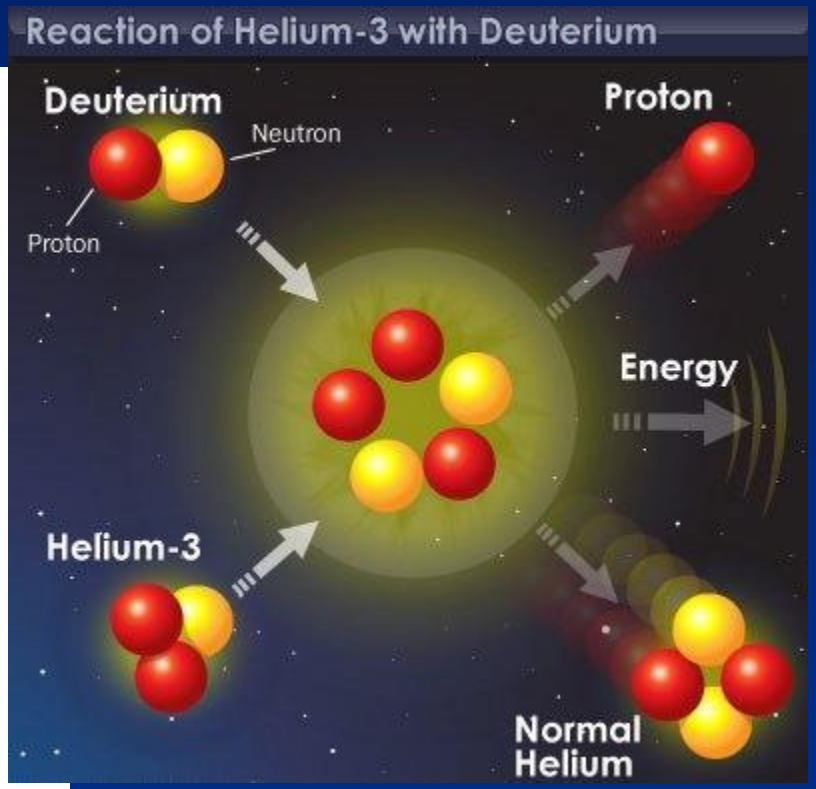
Звезда Главной последовательности

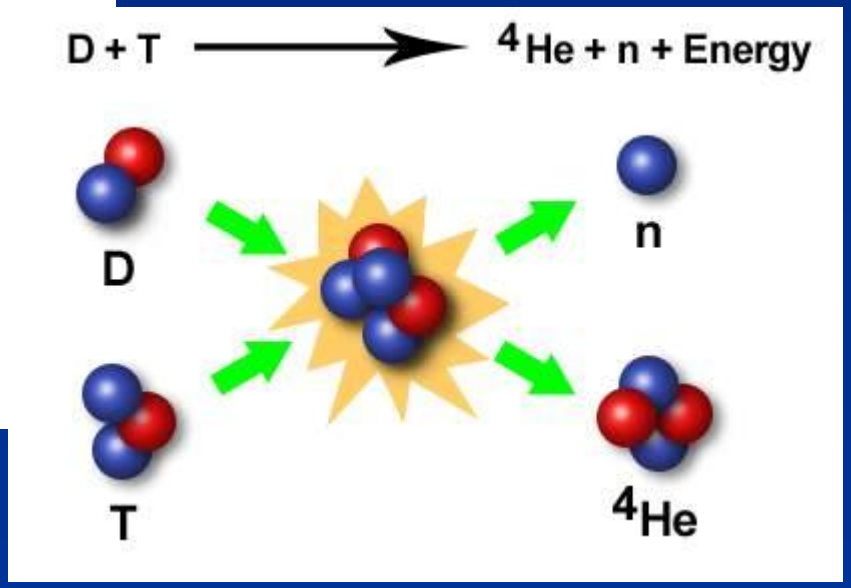




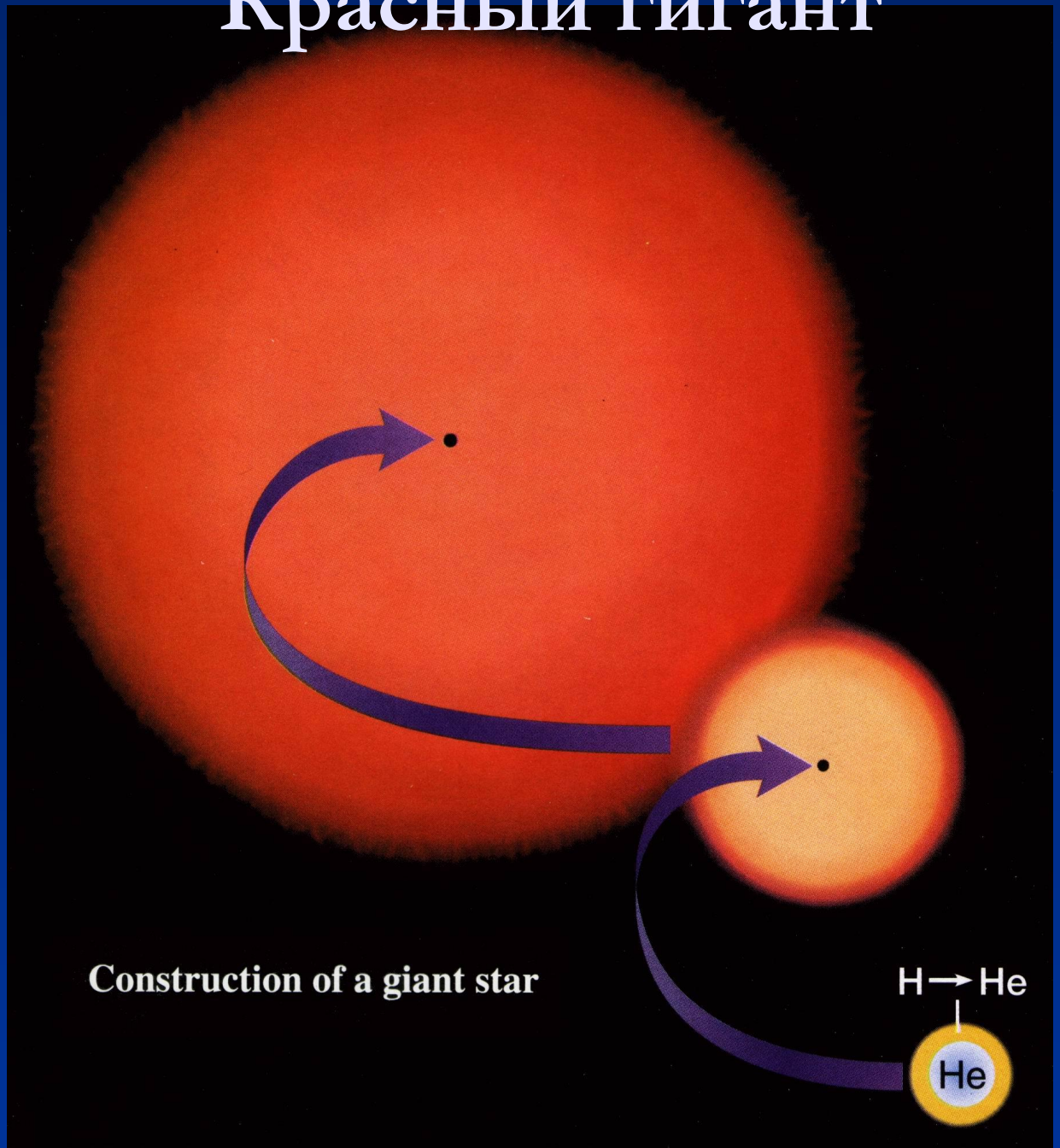


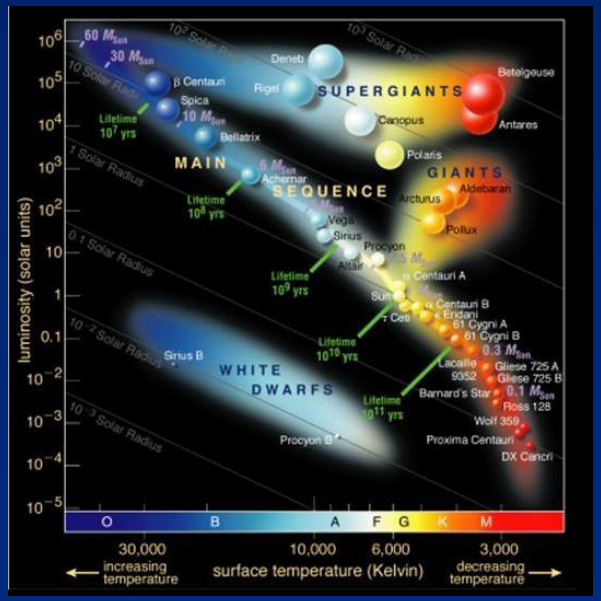

Протон-протонный цикл синтеза гелия
протоны
дейтерий
γ
γ
гелий-3
гелий-4
p — протон
n — нейтрон
e⁺ — позитрон
ν — нейтрино
γ — гамма-квант


Reaction of Helium-3 with Deuterium
Deuterium
Neutron
Proton
Proton
Energy
Helium-3
Normal Helium

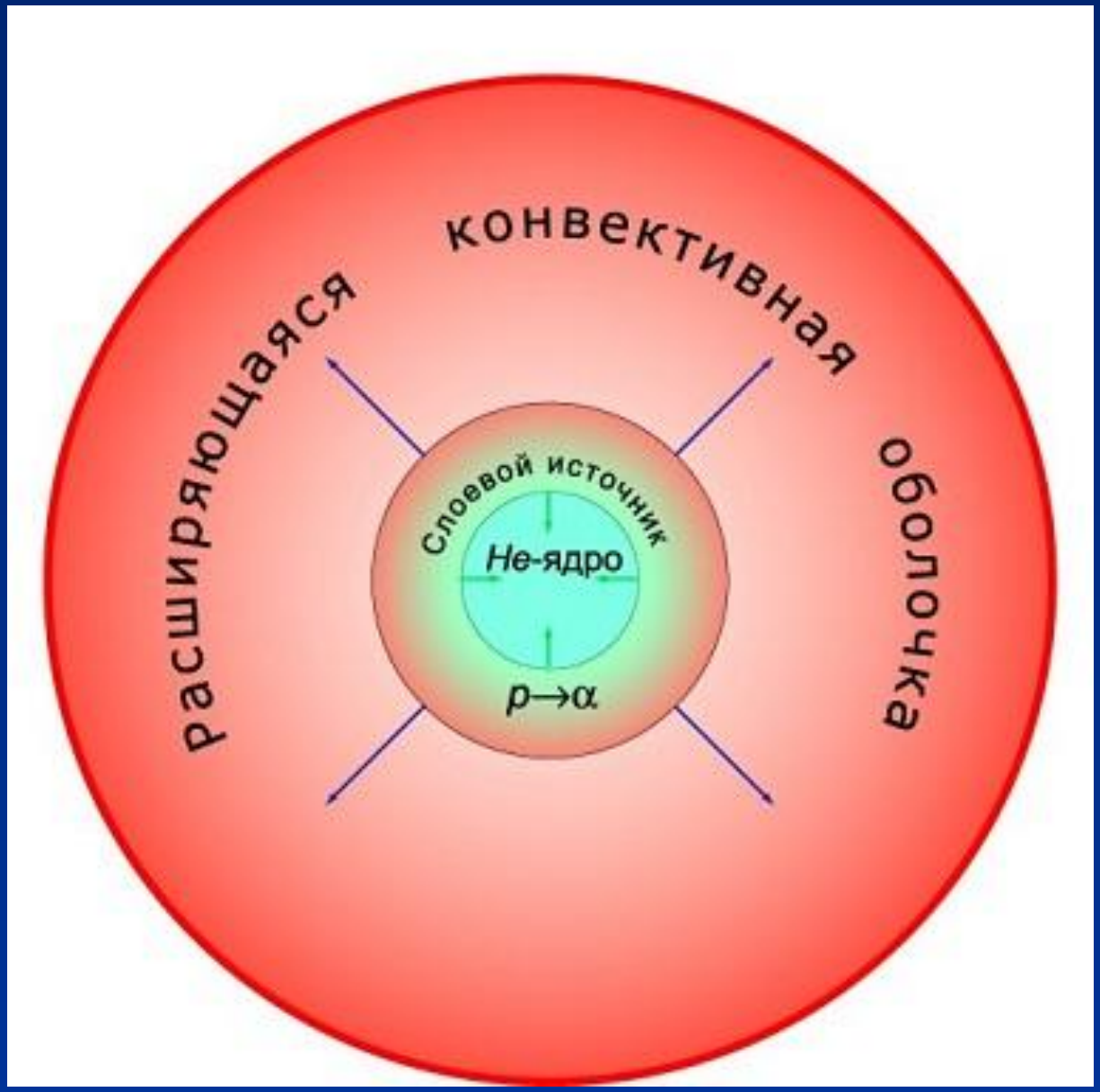

D + T → ⁴He + n + Energy
D
T
n
⁴He

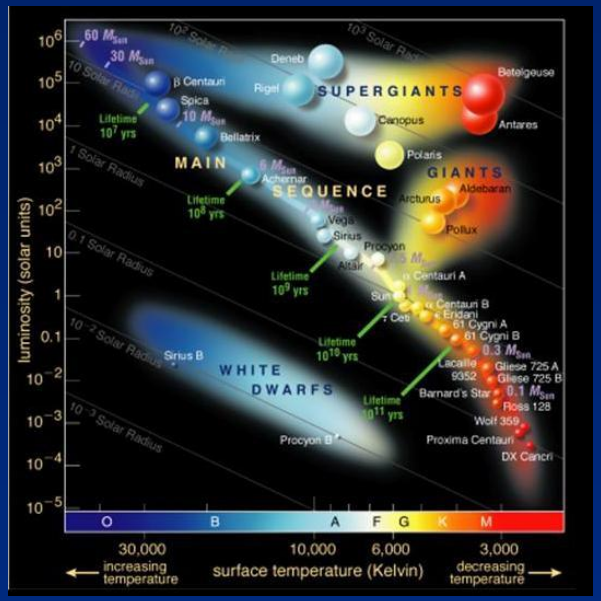
Красный гигант



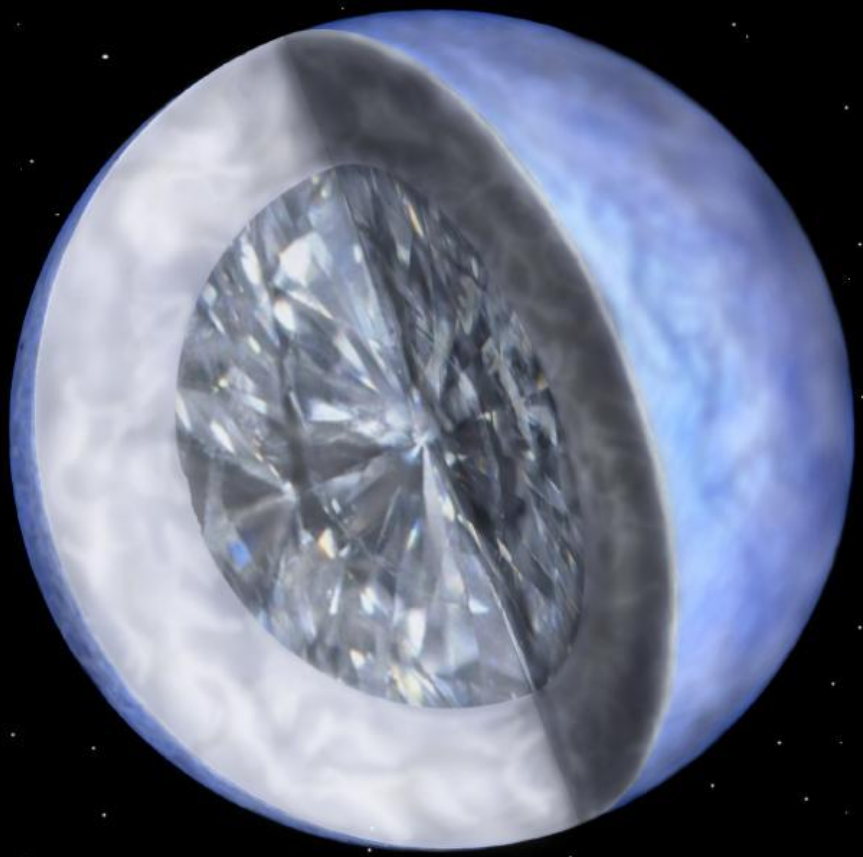


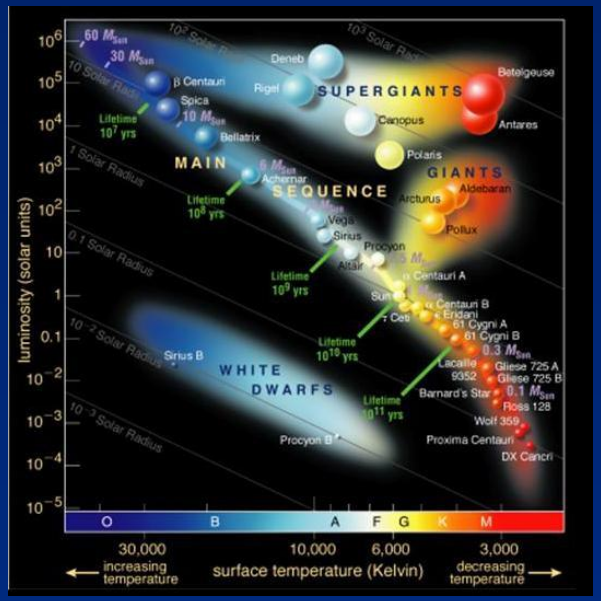
Красный гигант

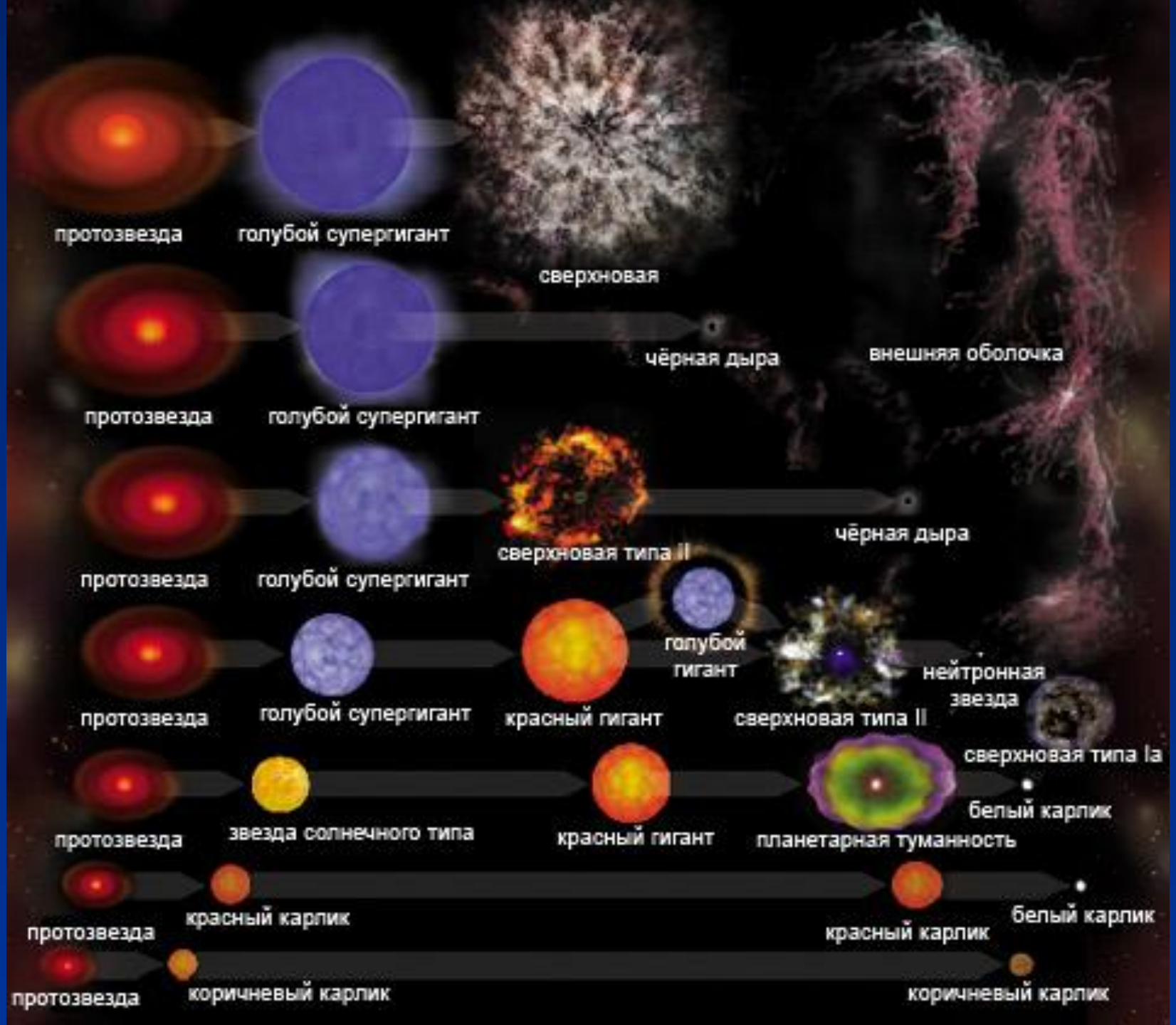




Белый карлик

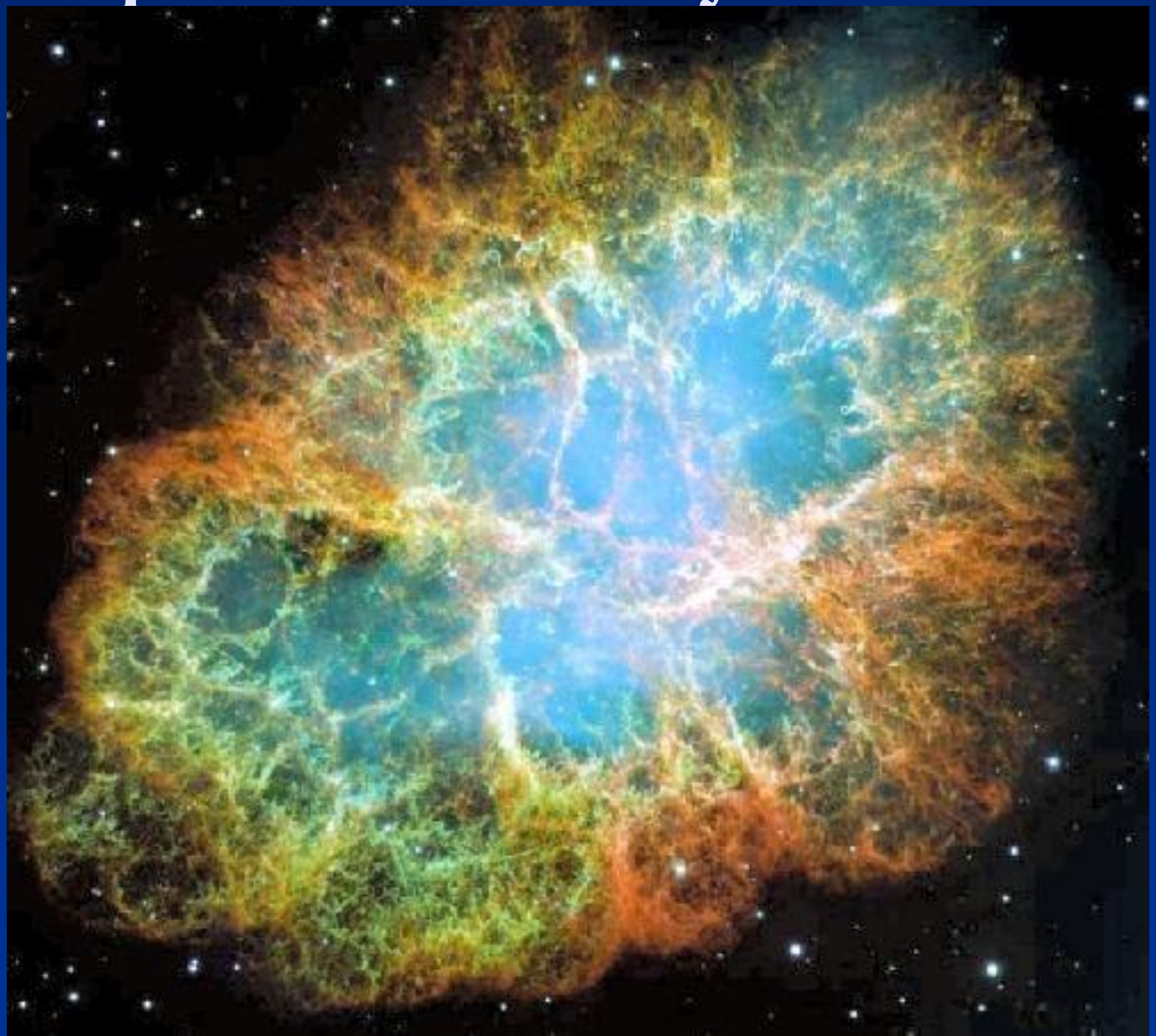





протозвезда
голубой супергигант
сверхновая
чёрная дыра
внешняя оболочка
протозвезда
голубой супергигант
протозвезда
голубой супергигант
сверхновая типа II
чёрная дыра
голубой гигант
нейтронная звезда
протозвезда
голубой супергигант
красный гигант
сверхновая типа II
сверхновая типа Ia
белый карлик
протозвезда
звезда солнечного типа
красный гигант
планетарная туманность
протозвезда
красный карлик
красный карлик
белый карлик
протозвезда
коричневый карлик
коричневый карлик

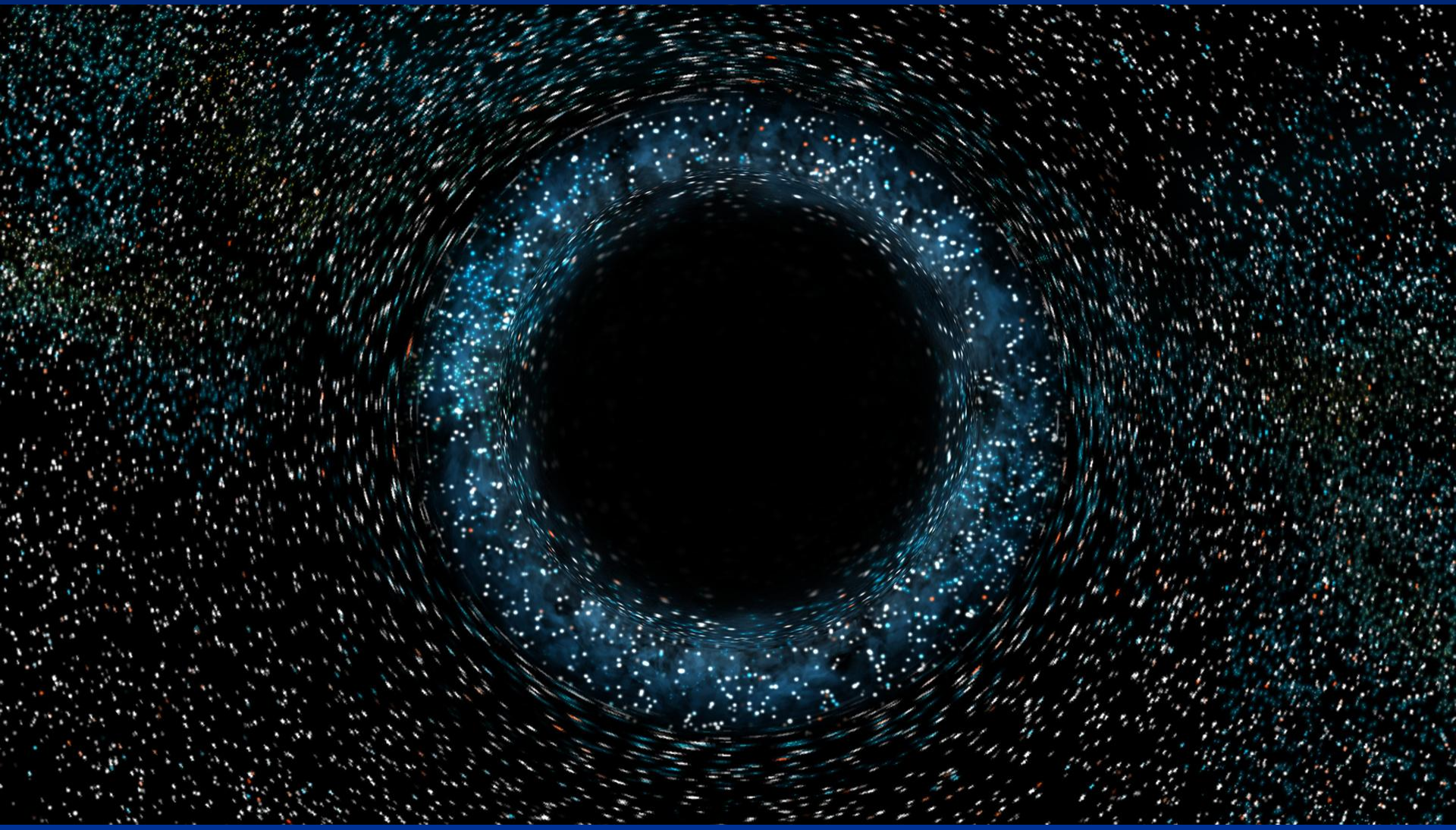
Эволюция звезды главной последовательности

Крабовидная туманность

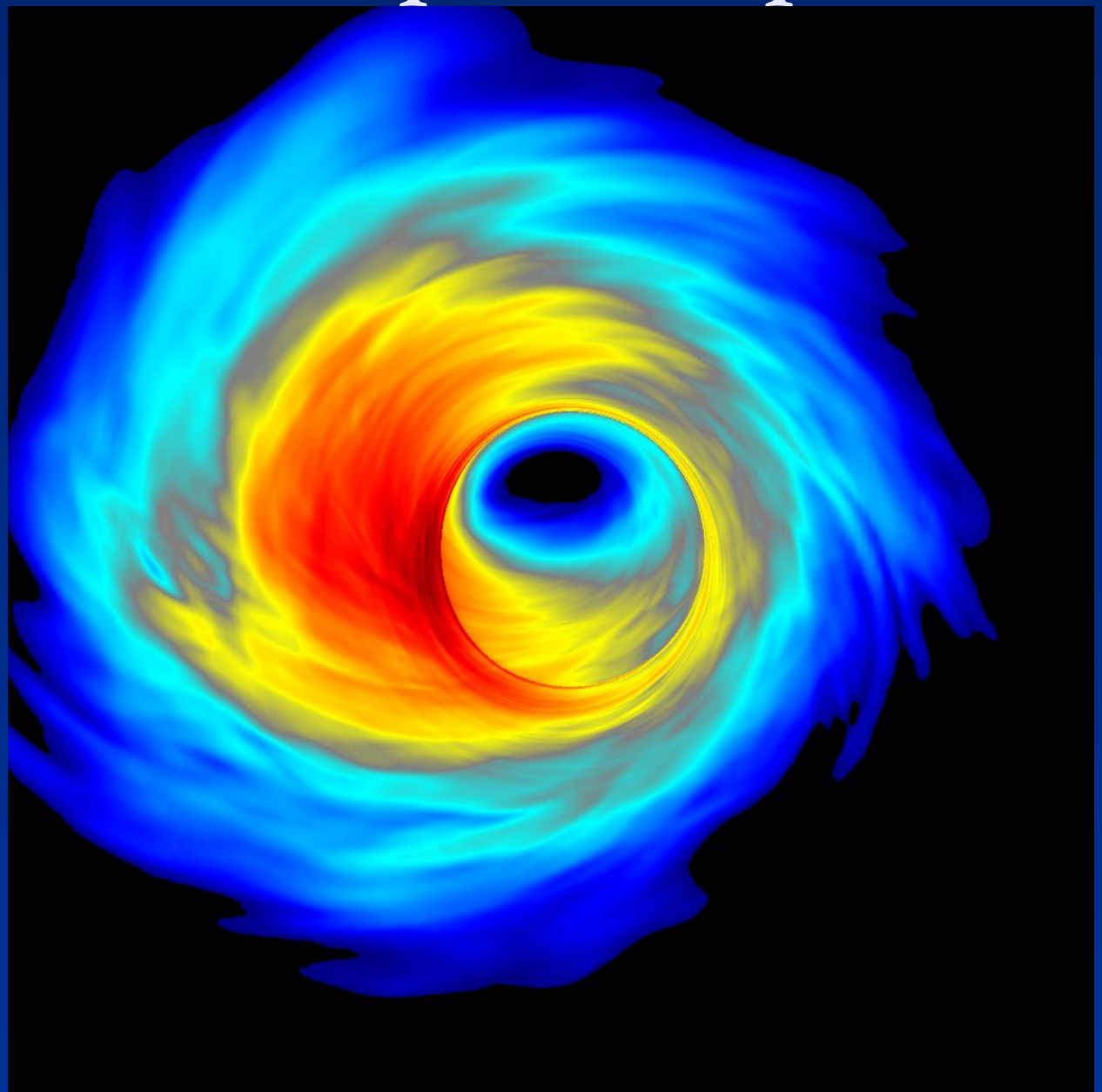


Нейтронная звезда

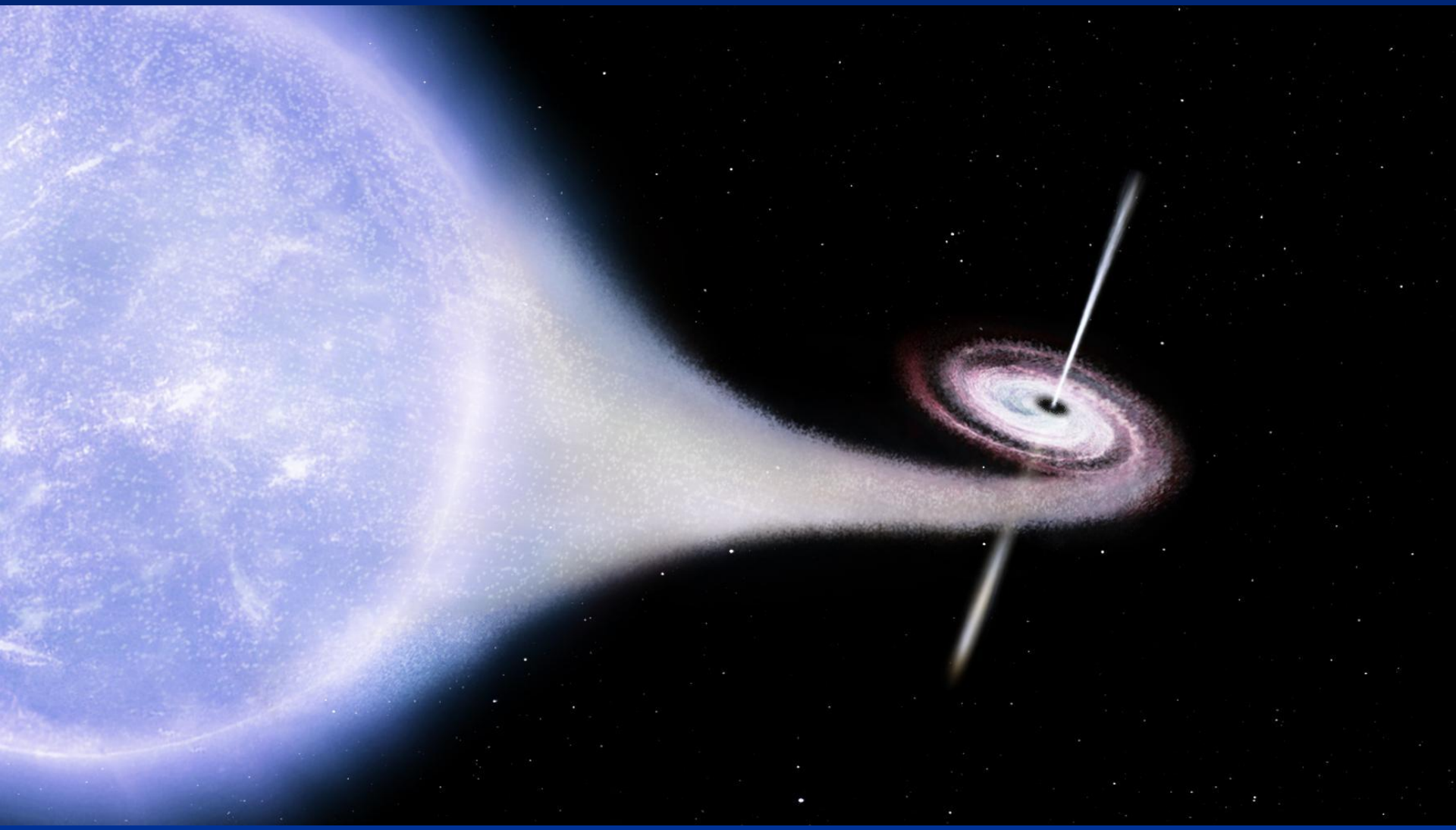
Черная дыра



Черная дыра

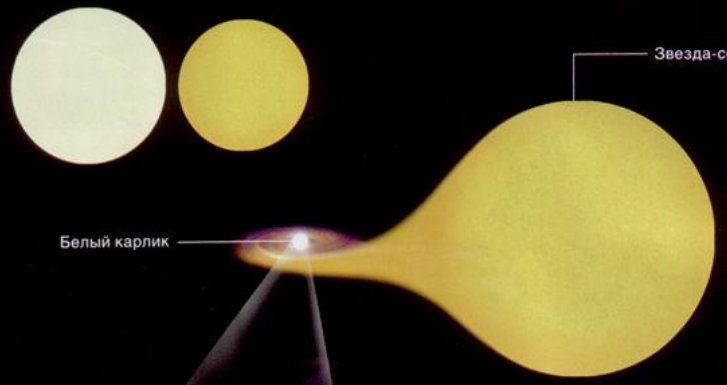


Черная дыра



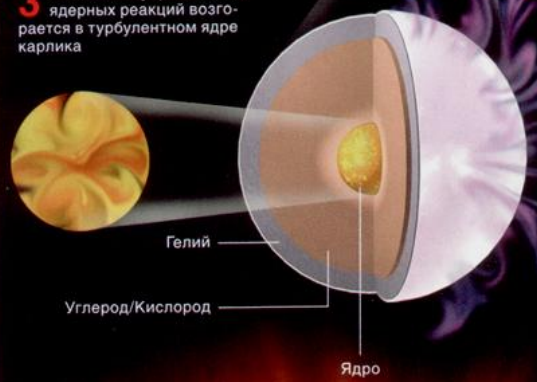
ТЕРМОЯДЕРНАЯ СВЕРХНОВАЯ

Один из видов сверхновых типа *Ia* — результат внезапной ядерной детонации звезды



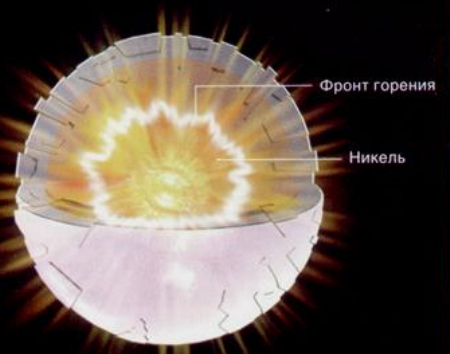
1 Более массивная из двух звезд солнечного типа, исчерпав свое топливо, превращается в белый карлик

2 Белый карлик захватывает газ, теряемый соседкой, и приближается к критической массе

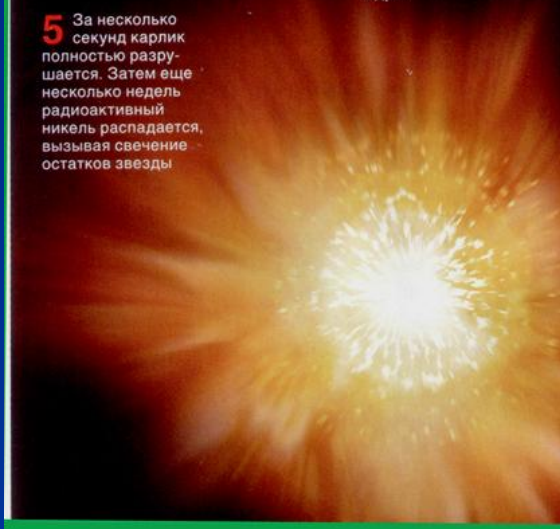


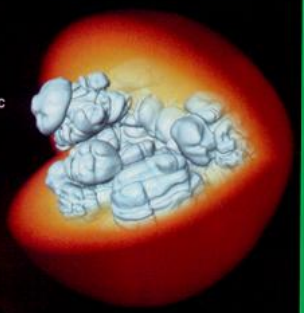
3 «Пламя» неуправляемых ядерных реакций возгорается в турбулентном ядре карлика

4 Пламя устремляется наружу, превращая углерод и кислород в никель



5 За несколько секунд карлик полностью разрушается. Затем еще несколько недель радиоактивный никель распадается, вызывая свечение остатков звезды

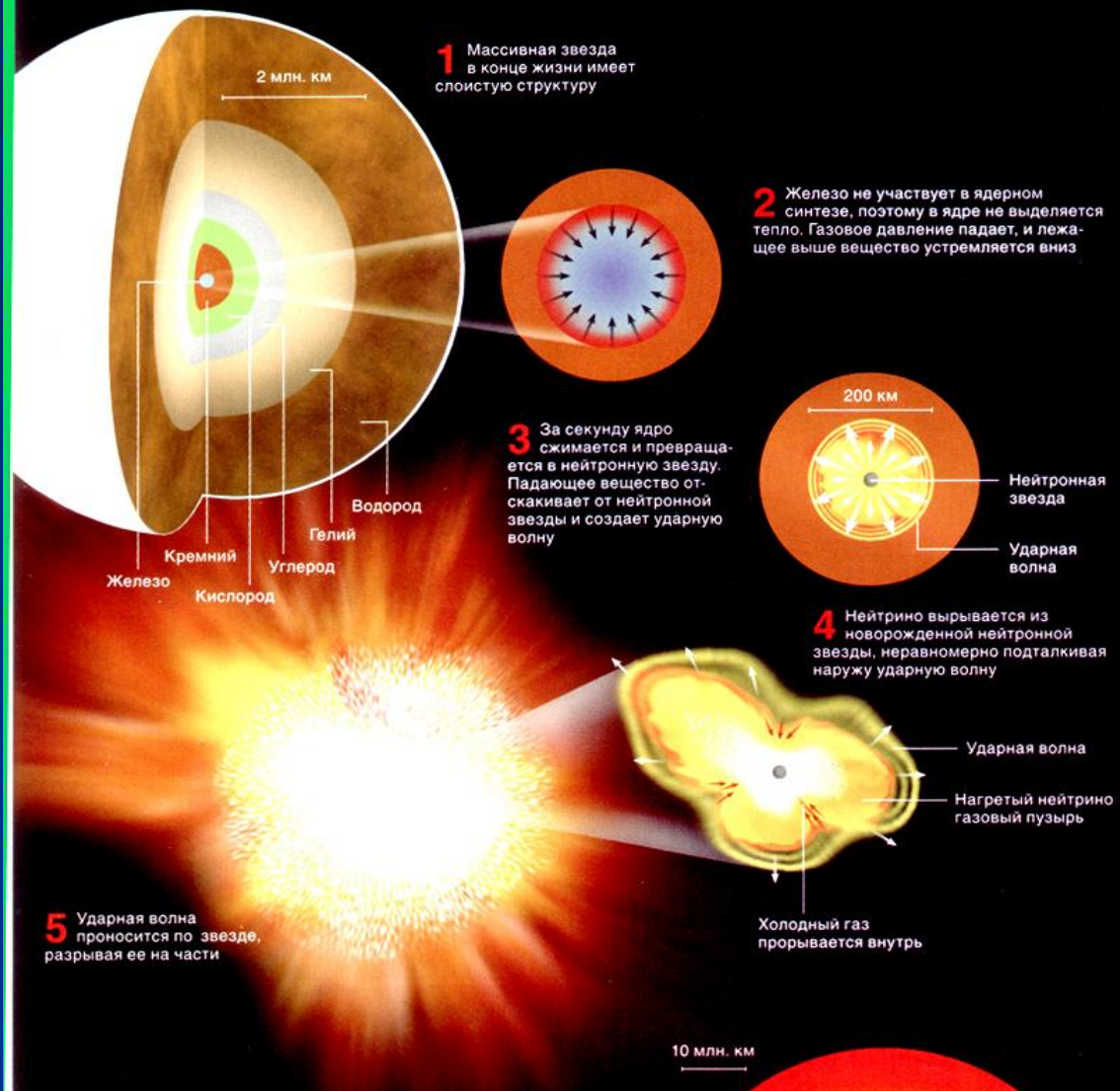


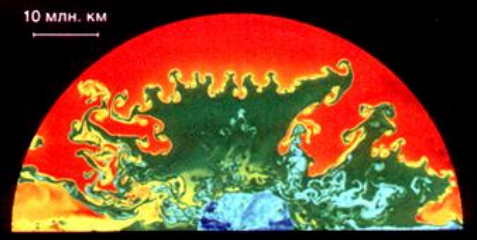


Прорыв в моделировании сверхновых позволил исследовать турбулентность. Здесь показано, что произойдет через 0,6 с после воспламенения. Фронт ядерного горения имеет турбулентную, пузырчатую структуру (*голубой*). Турбулентность служит причиной быстрого продвижения фронта и подавления стабилизирующих механизмов звезды

СВЕРХНОВАЯ С КОЛЛАПСОМ ЯДРА

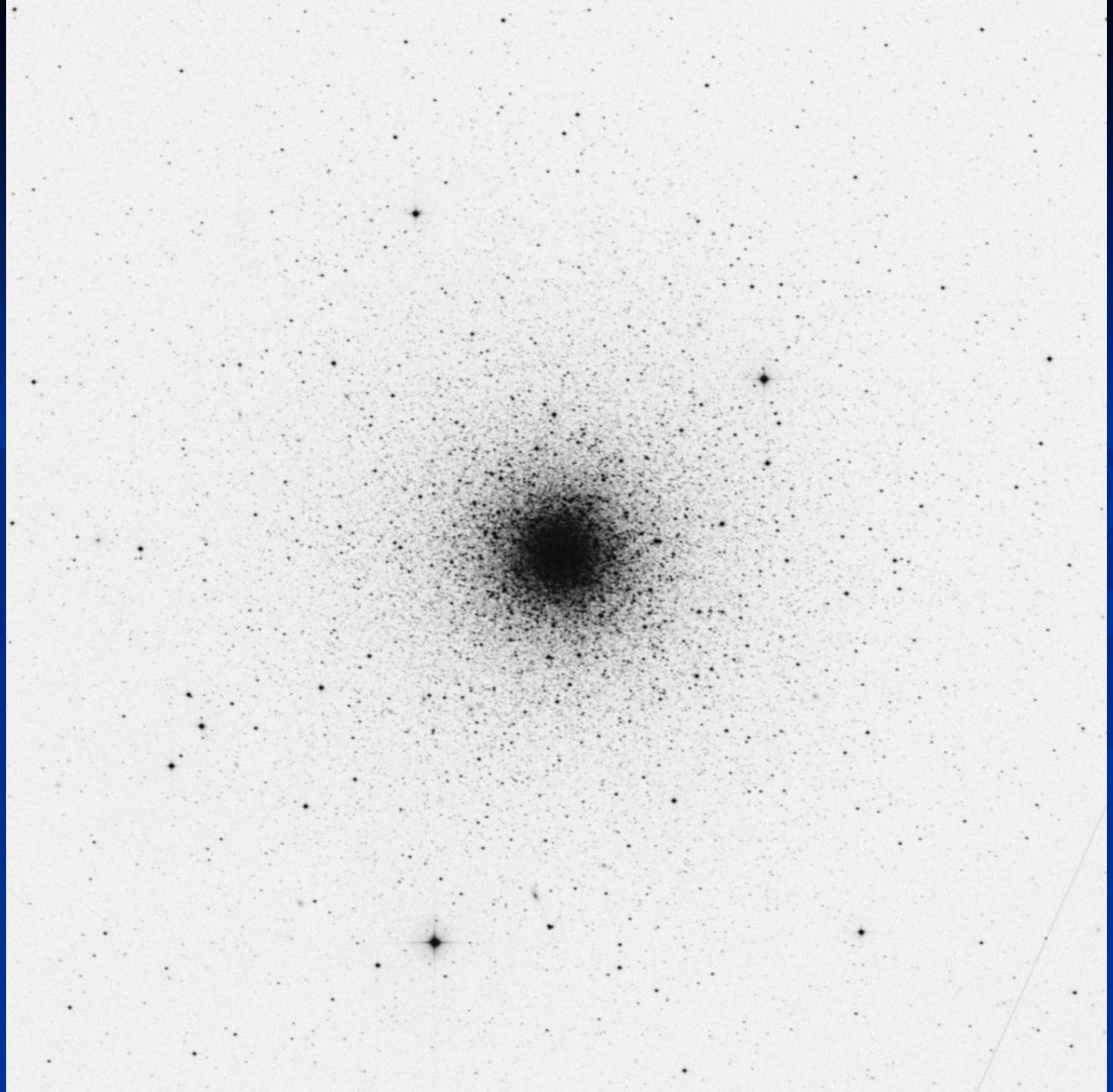
Сверхновые другого рода образуются при сжатии звезд с массами более 8 масс Солнца. Они относятся к типам *Ib*, *Ic* или *II*, в зависимости от наблюдаемых особенностей

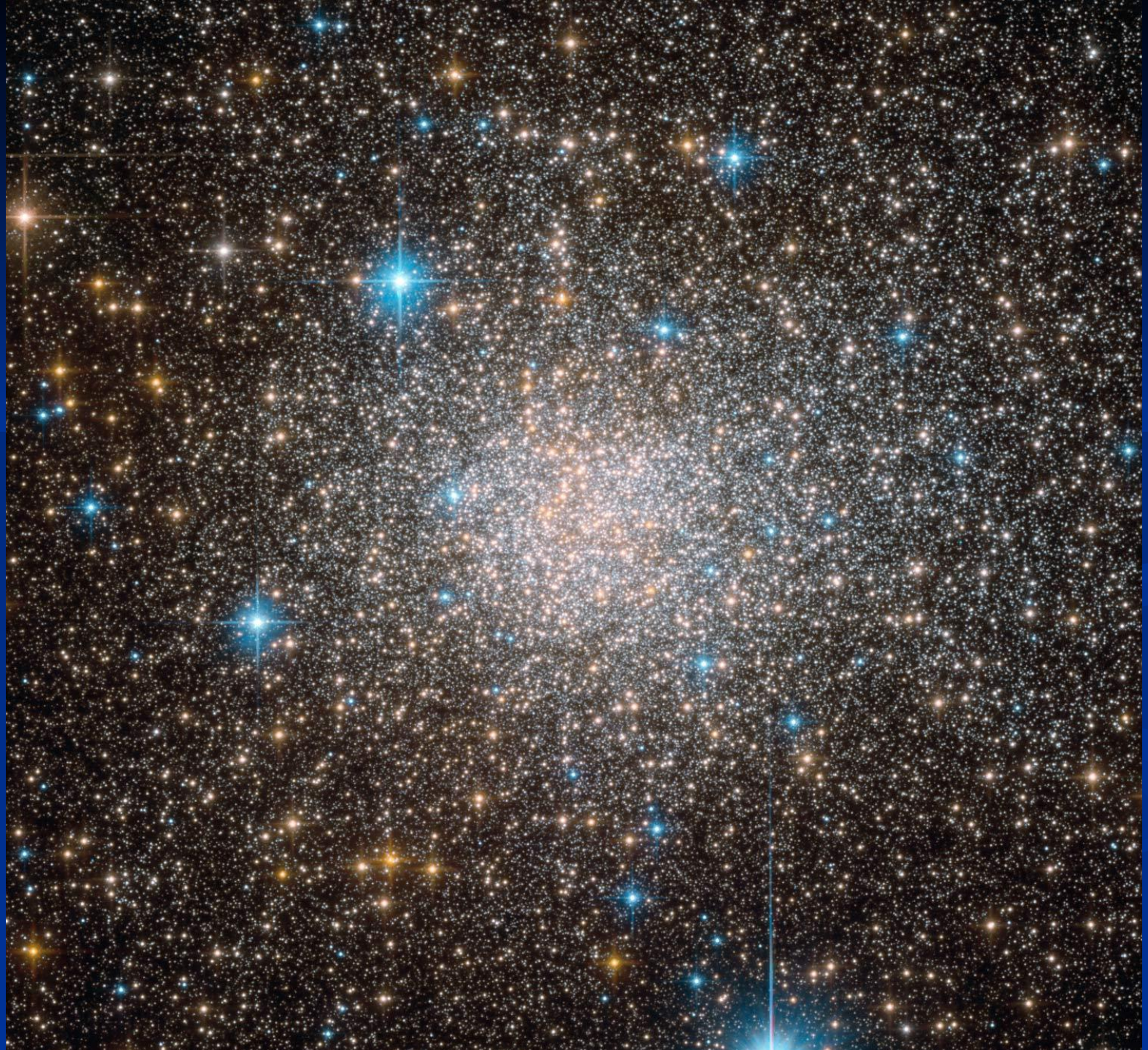




Современные модели способны детально проследить хаотические движения в процессе взрыва. Здесь показана внутренность звезды через 5,5 ч после начала взрыва. Движущиеся вверх крупные пузыри поддерживают ударную волну до расстояния 300 млн. км. Нейтрино, вообще-то очень слабо взаимодействующие частицы, устремляются наружу в таком количестве и с такой энергией, что начинают играть главную роль. Турбулентность перемешивает углерод, кислород, кремний и железо из глубоких слоев (*голубой, бирюзовый*) с лежащими выше гелием (*зеленый*) и водородом (*красный*)

Звездные системы

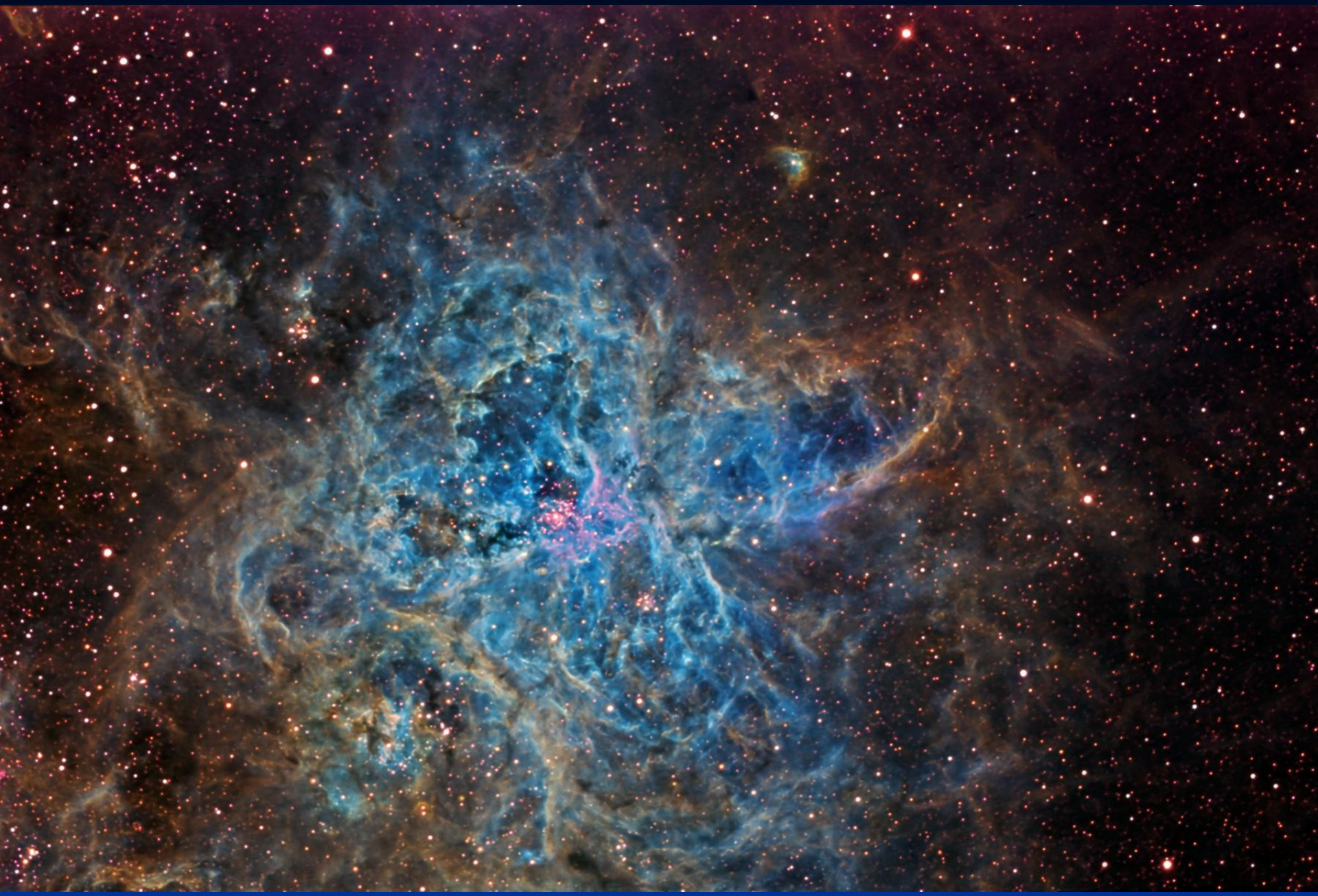




2
1
Астеропа
Тайгета
Майя
Целено
24 Тельца
Плейона
Электра
Альциона
Атлас
Меропа
26 Тельца
HD-23923

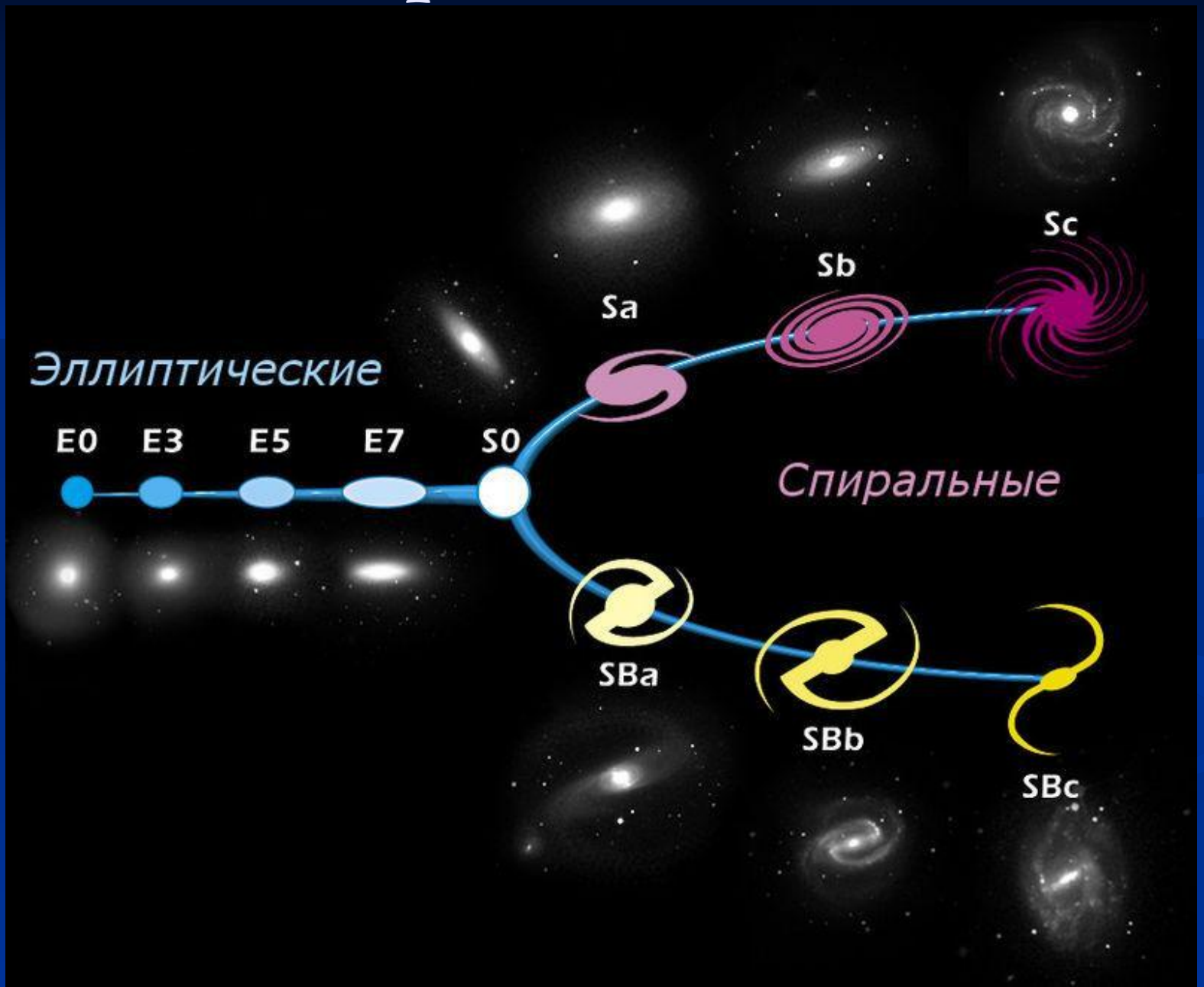
Ассоциации

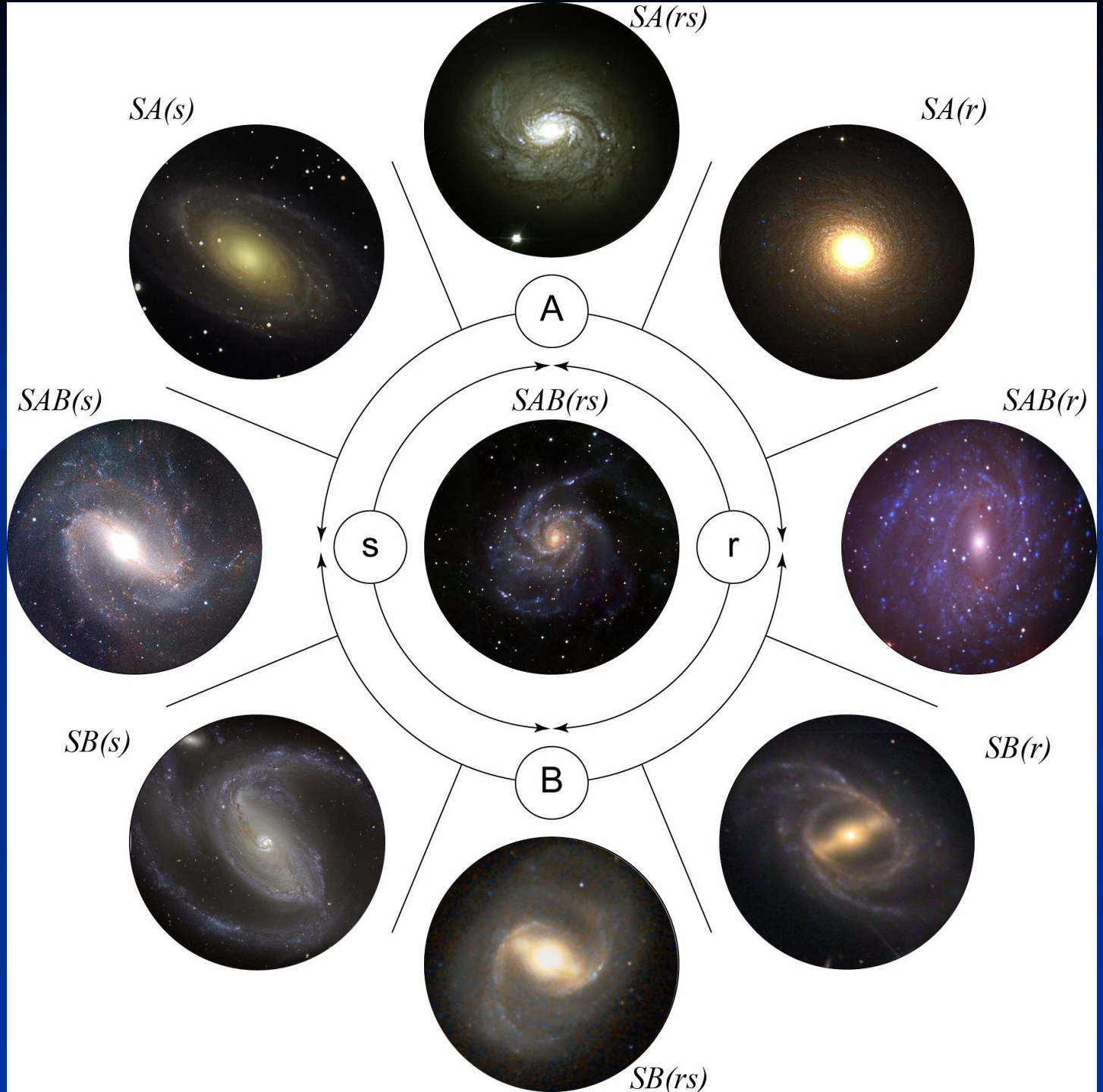
Туманности

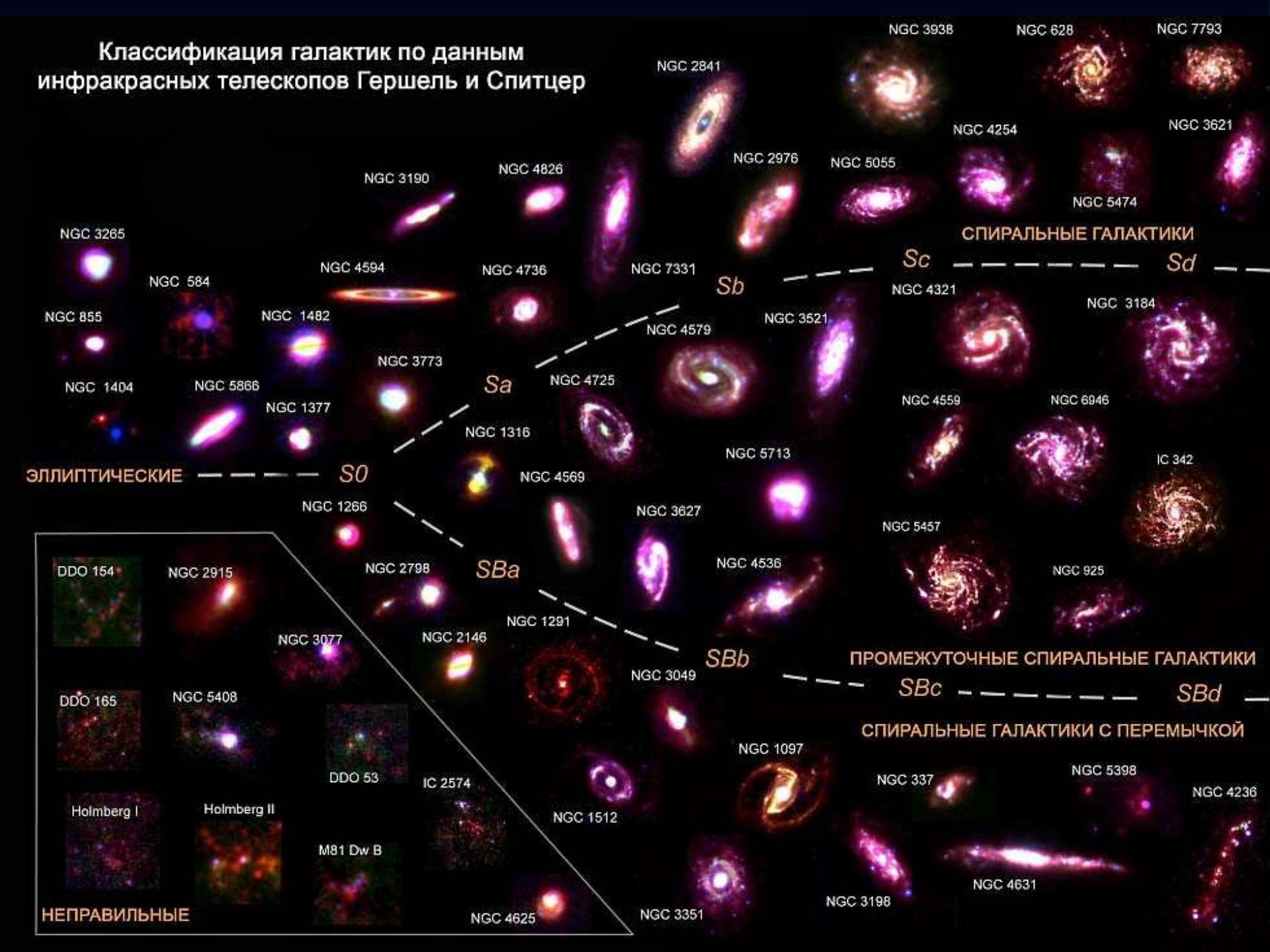


Галактики

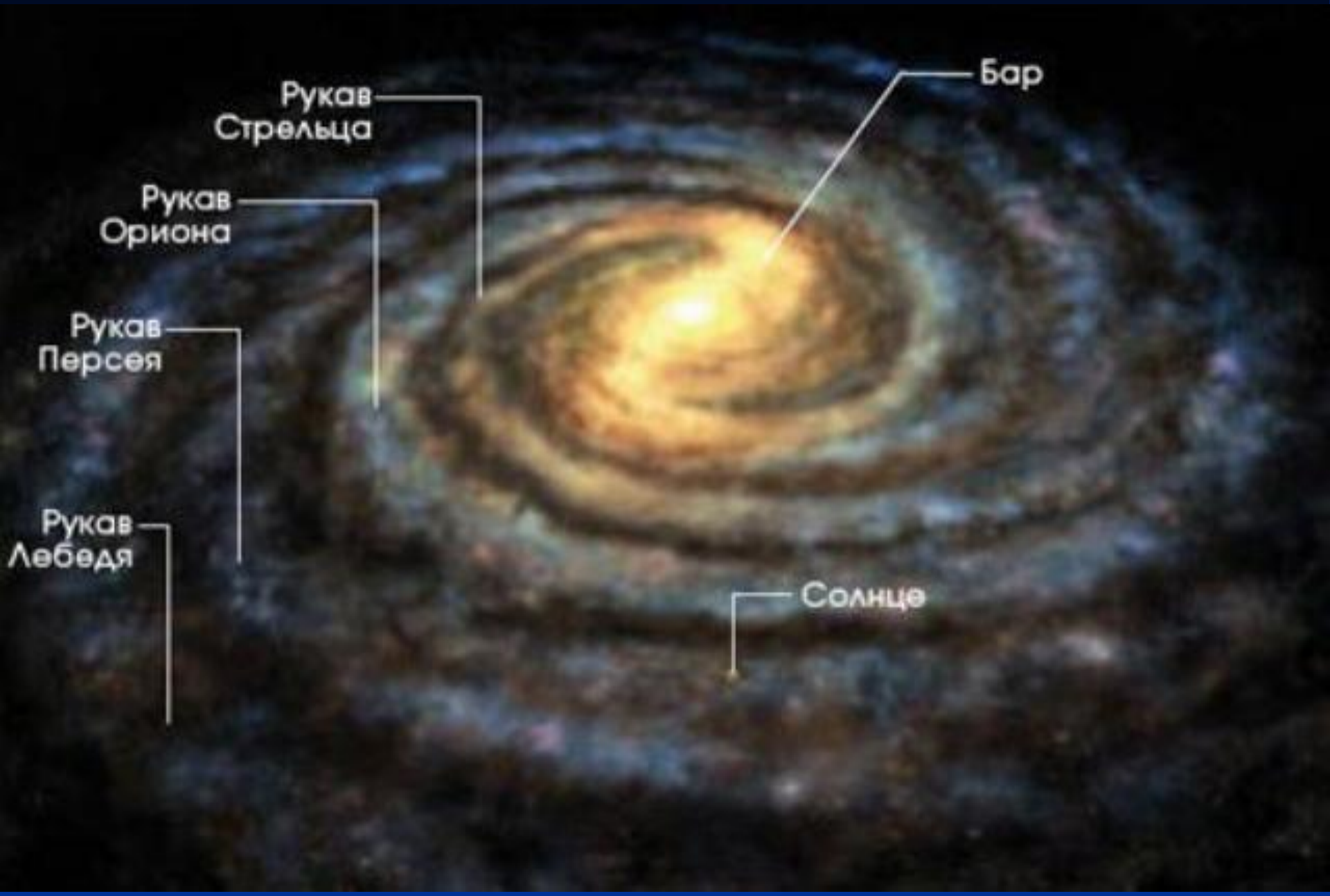
Классификация Хаббла

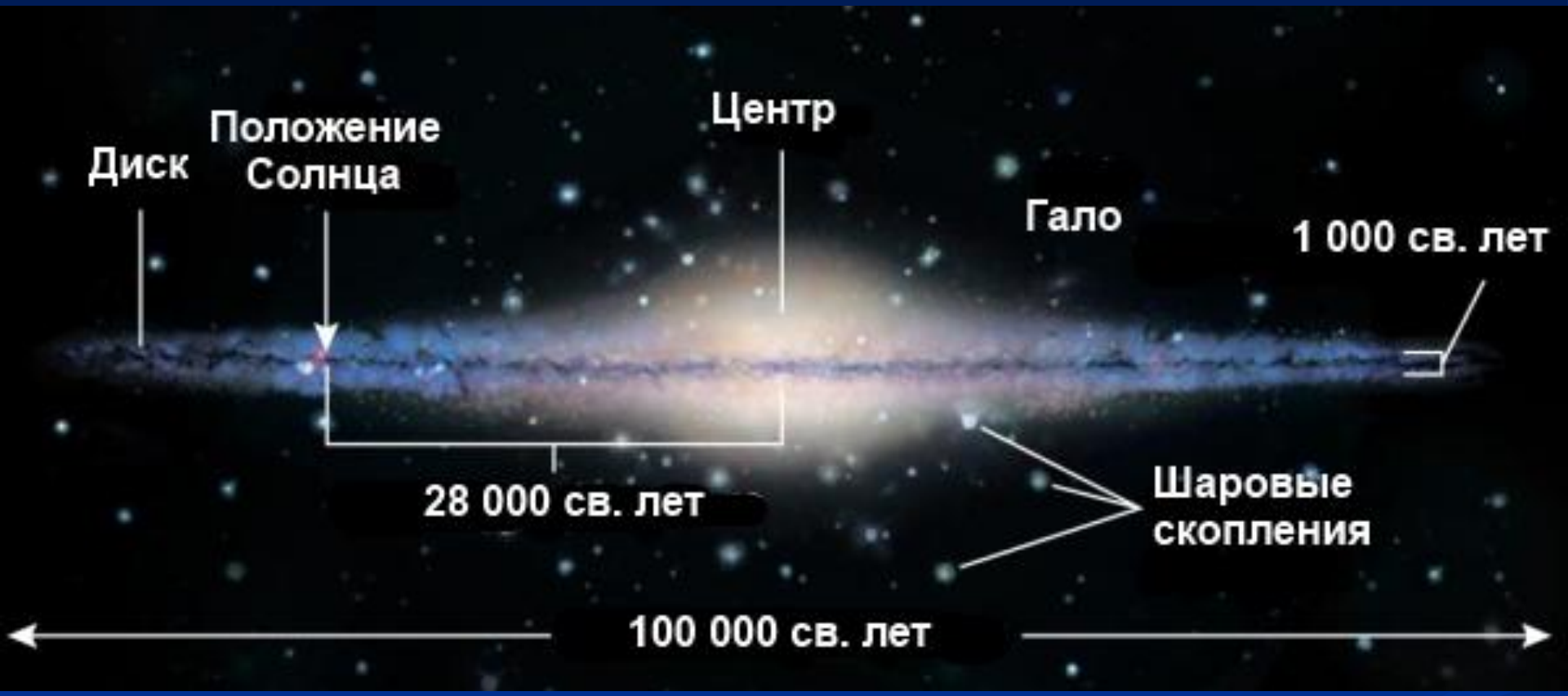



SA(rs)
SA(s)
SA(r)
A
SAB(s)
SAB(rs)
SAB(r)
s
r
SB(s)
B
SB(r)
SB(rs)


Классификация галактик по данным инфракрасных телескопов Гершель и Спитцер
NGC 3938
NGC 628
NGC 7793
NGC 2841
NGC 4254
NGC 3621
NGC 2976
NGC 5055
NGC 5474
NGC 3190
NGC 4826
NGC 3265
СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ
Sc
Sd
NGC 584
NGC 4594
NGC 4736
NGC 7331
Sb
NGC 4321
NGC 855
NGC 1482
NGC 3521
NGC 3184
NGC 4579
NGC 3773
NGC 1404
NGC 5866
Sa
NGC 4725
NGC 4559
NGC 6946
NGC 1377
NGC 1316
NGC 5713
IC 342
ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ
S0
NGC 4569
NGC 1266
NGC 3627
NGC 5457
DDO 154
NGC 2915
NGC 2798
SBa
NGC 4536
NGC 925
NGC 1291
NGC 3077
NGC 2146
SBb
ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ
NGC 3049
SBc
SBd
DDO 165
NGC 5408
СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ С ПЕРЕМЫЧКОЙ
NGC 1097
DDO 53
IC 2574
NGC 337
NGC 5398
NGC 4236
Holmberg I
Holmberg II
NGC 1512
M81 Dw B
NGC 4631
NGC 3198
НЕПРАВИЛЬНЫЕ
NGC 4625
NGC 3351

Млечный путь


Бар
Рукав Стрельца
Рукав Ориона
Рукав Персея
Рукав Лебедя
Солнце


Диск
Положение Солнца
Центр
Гало
1 000 св. лет
28 000 св. лет
Шаровые скопления
100 000 св. лет