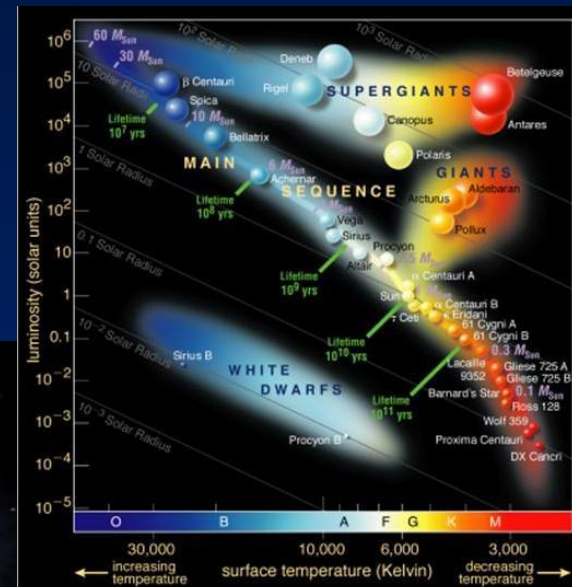
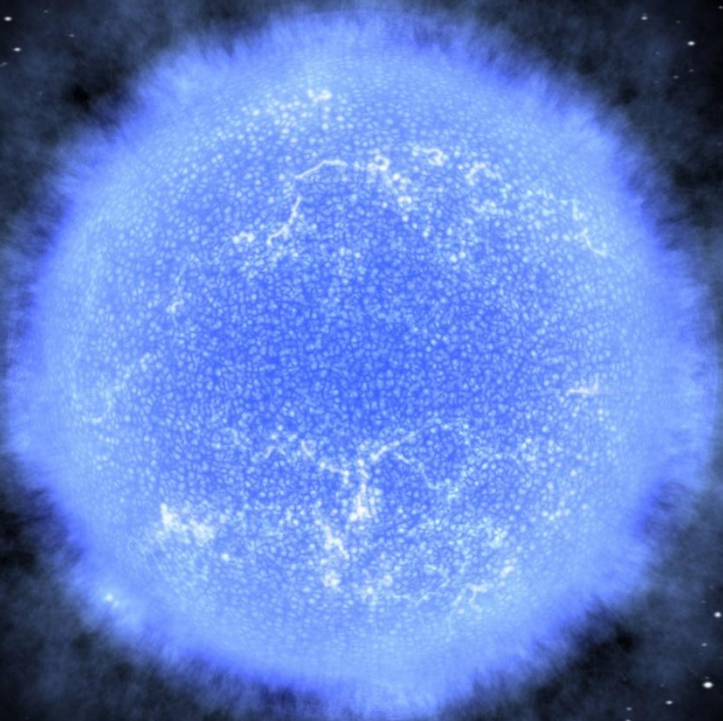


# Модели звезд

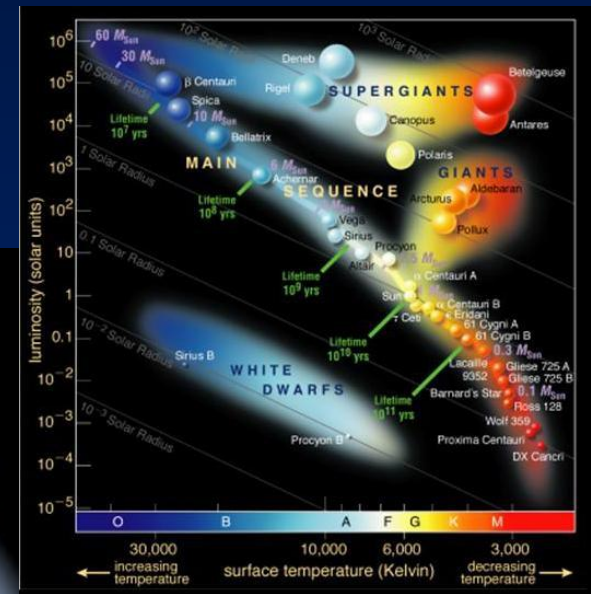
# Голубой гигант



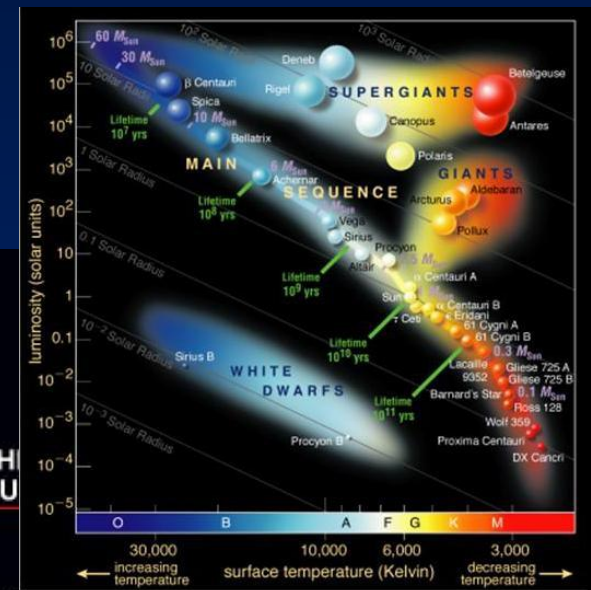
# Голубой гигант

Alnitak ( $\zeta$  Ori)

Sol



# Голубой гигант



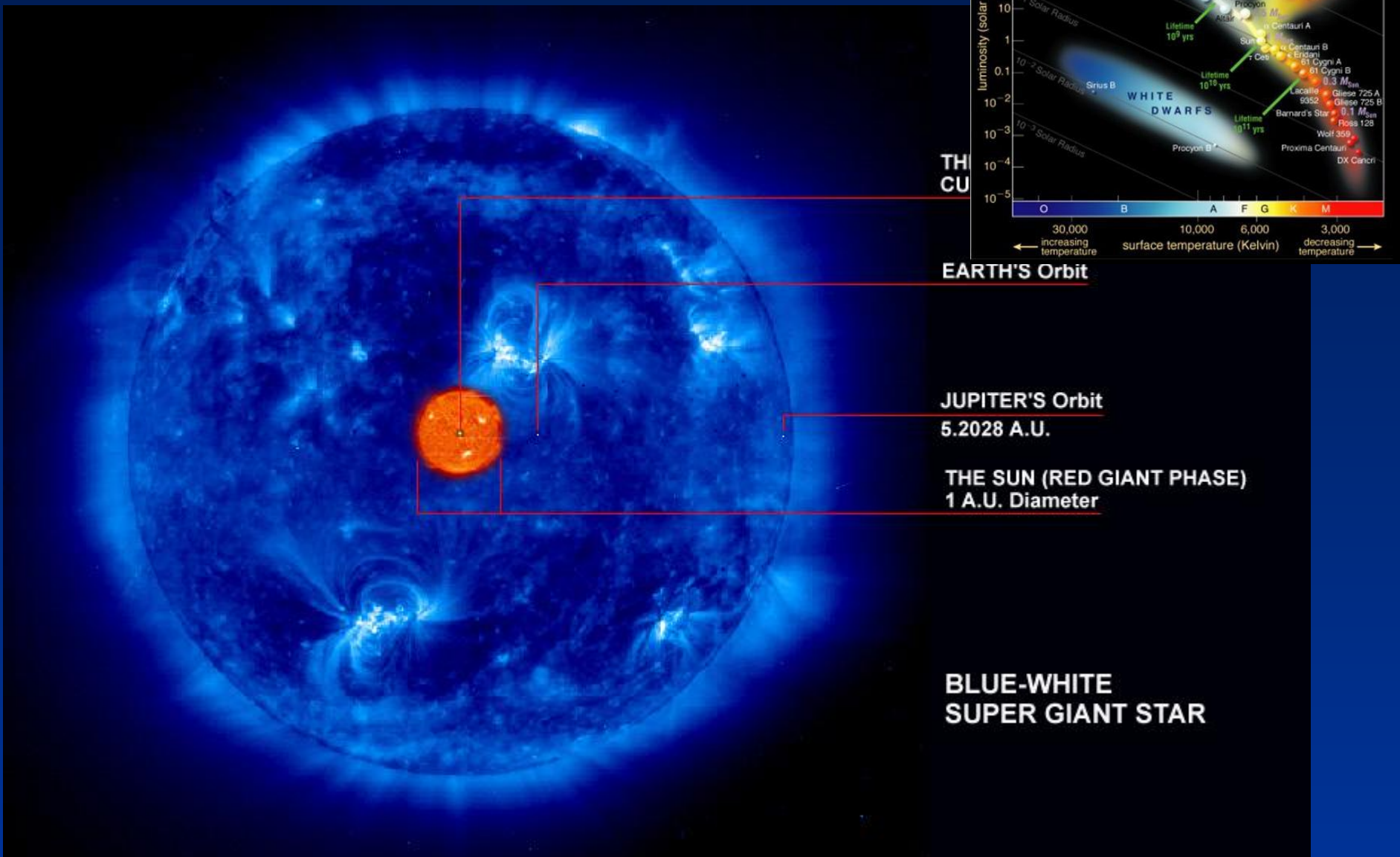
TH  
CU

EARTH'S Orbit

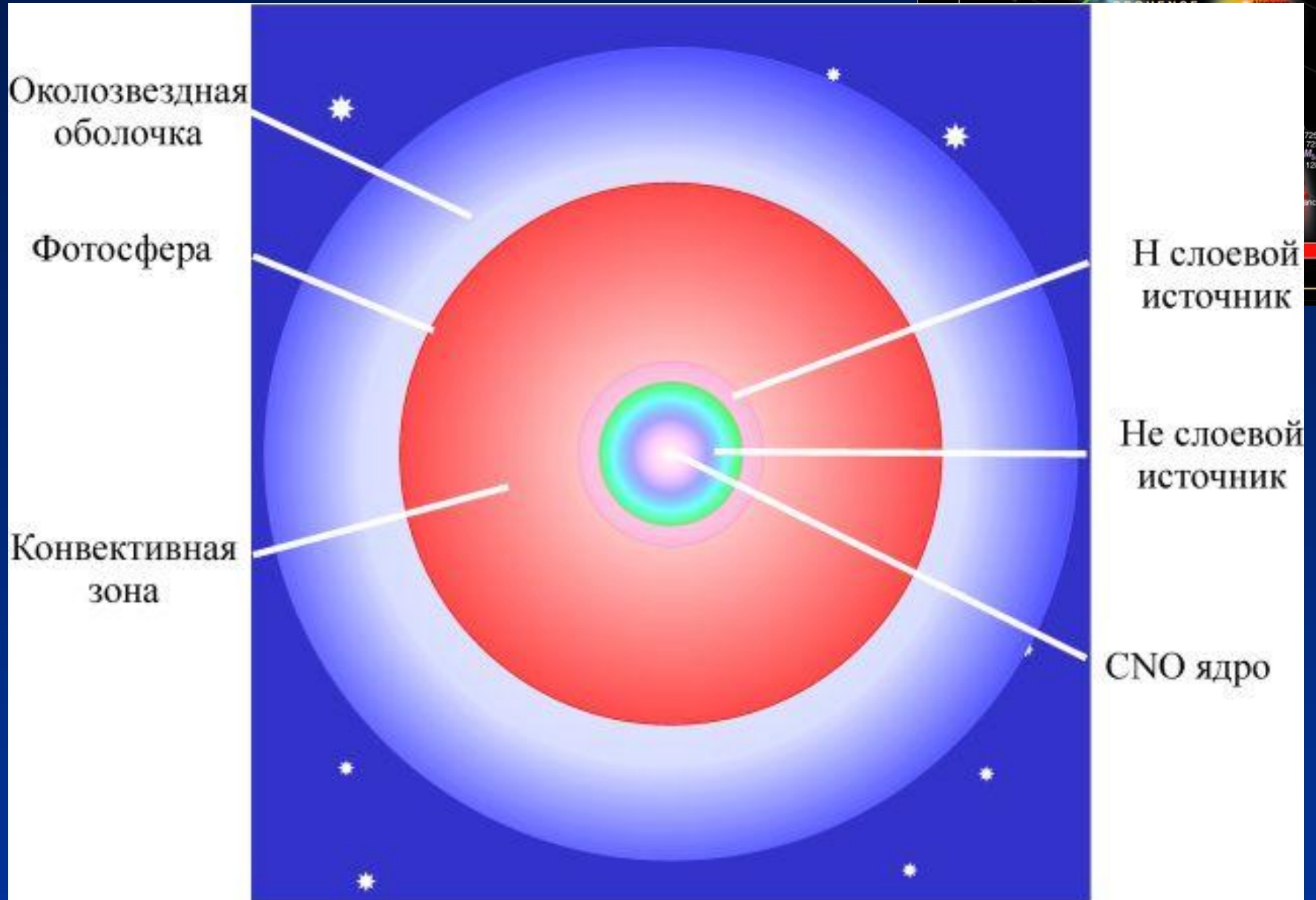
JUPITER'S Orbit  
5.2028 A.U.

THE SUN (RED GIANT PHASE)  
1 A.U. Diameter

BLUE-WHITE  
SUPER GIANT STAR



# Голубой гигант



**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ**

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

Атомная масса      Атомный номер

**U**      92

238,0289:1  
5f<sup>3</sup>6d<sup>1</sup>7s<sup>2</sup>

УРАН

Распределение электронов по застраиваемым и ближайшим подоболочкам

Распределение электронов по оболочкам

★ лантаноиды

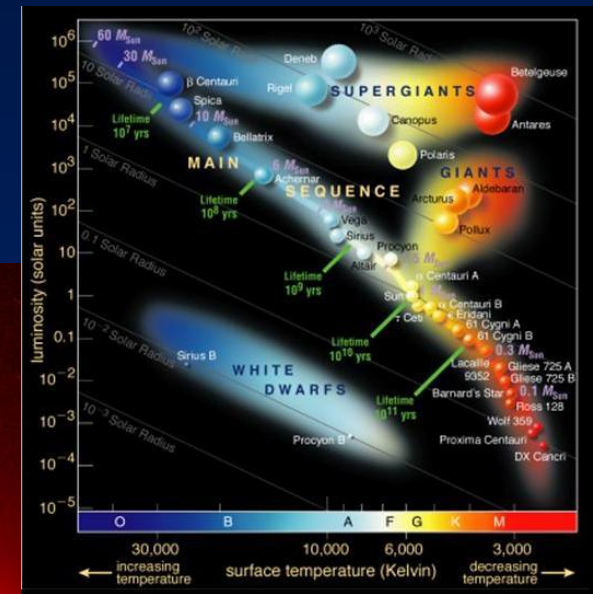
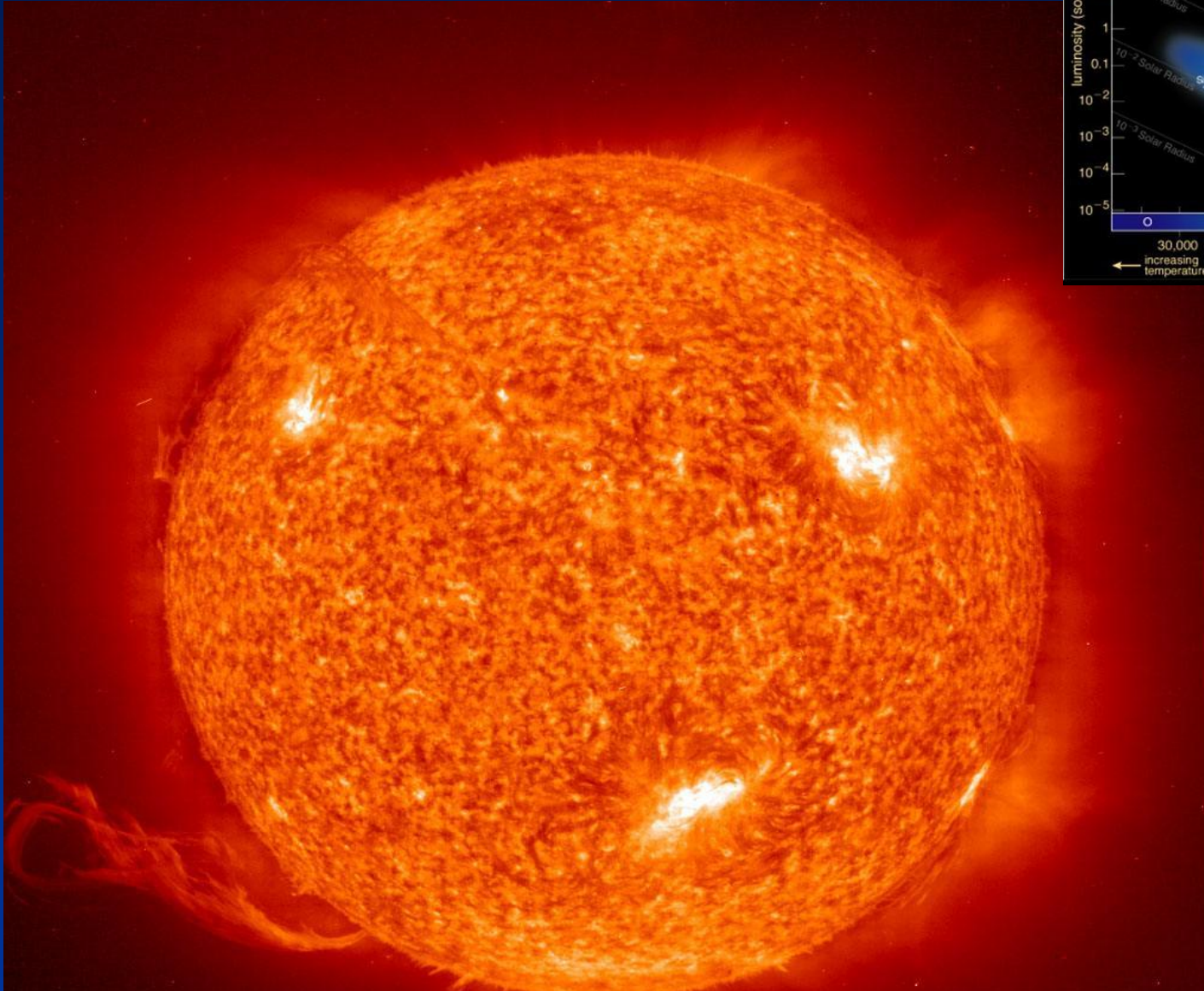
<b>Ce</b> 58 140,116:1 ЦЕРИЙ	<b>Pr</b> 59 140,90765:2 ПРАЗЕОДИЙ	<b>Nd</b> 60 144,24:3 НЕОДИМ	<b>Pm</b> 61 [145] ПРОМЕТИЙ	<b>Sm</b> 62 150,36:3 САМАРИЙ	<b>Eu</b> 63 151,964:1 ЕВРОПИЙ	<b>Gd</b> 64 157,25:3 ГАДОЛИНИЙ	<b>Tb</b> 65 158,92534:2 ТЕРБИЙ	<b>Dy</b> 66 162,50:3 ДИСПРОЗИЙ	<b>Ho</b> 67 164,93032:2 ГОЛЬМИЙ	<b>Er</b> 68 167,26:3 ЭРБИЙ	<b>Tm</b> 69 168,93421:2 ТУЛИЙ	<b>Yb</b> 70 173,04:3 ИТТЕРБИЙ	<b>Lu</b> 71 174,967:1 ЛОУРЕНЦИЙ
------------------------------------	------------------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------------

★★ актиноиды

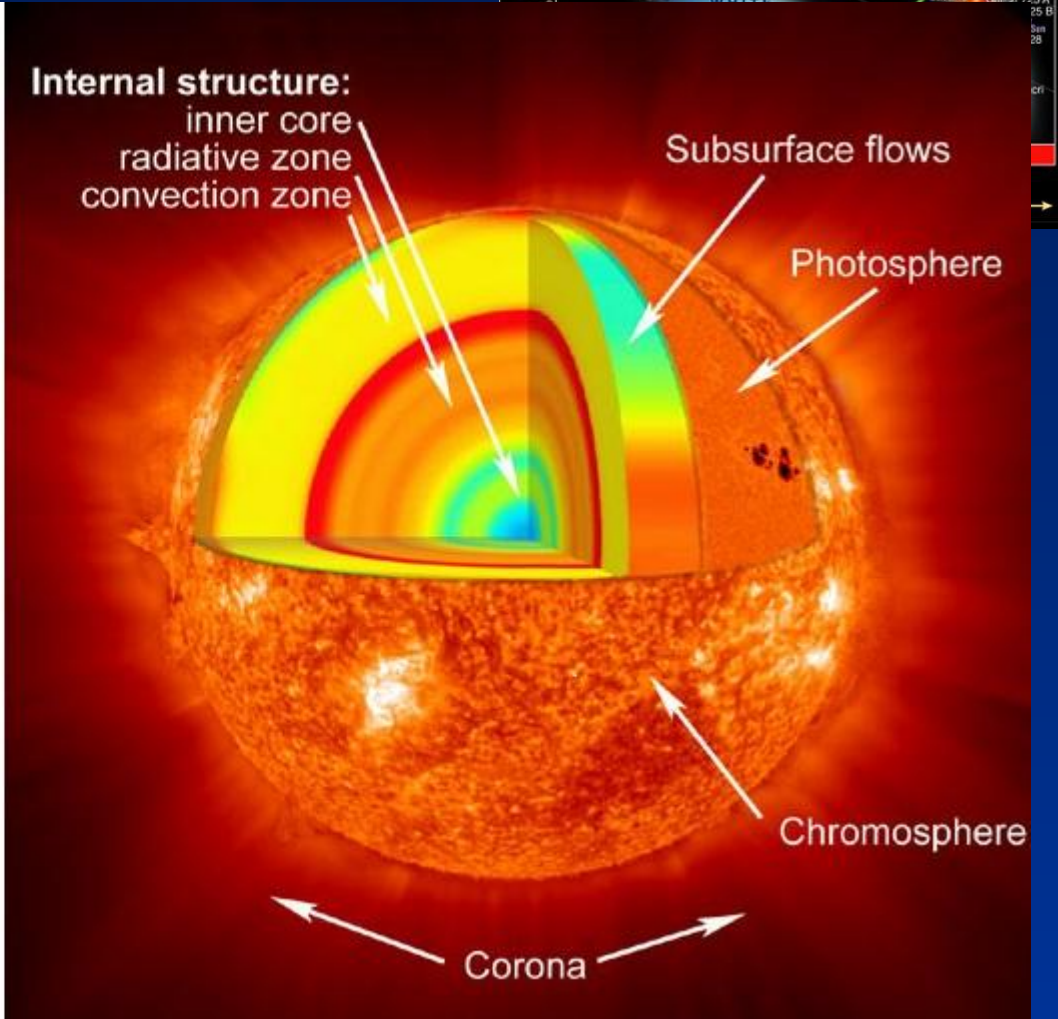
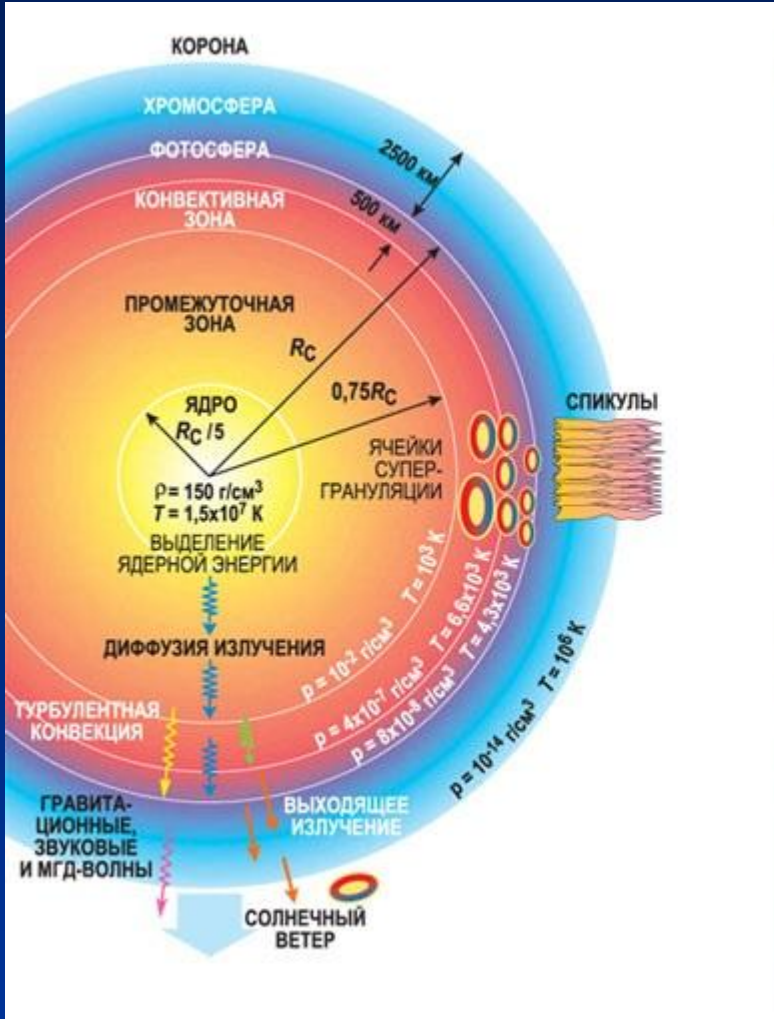
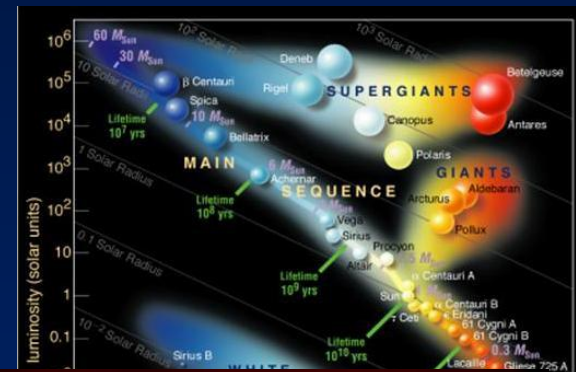
<b>Th</b> 90 232,0381:1 ТОРИЙ	<b>Pa</b> 91 231,03588:2 ПРАКТИЦИЙ	<b>U</b> 92 238,0289:1 УРАН	<b>Np</b> 93 [237] НЕПУНИЙ	<b>Pu</b> 94 [244] ПУТОНИЙ	<b>Am</b> 95 [243] АМЕРИЦИЙ	<b>Cm</b> 96 [247] КЮРИЙ	<b>Bk</b> 97 [247] БЕРКЛИЙ	<b>Cf</b> 98 [251] КАЛИФОРНИЙ	<b>Es</b> 99 [252] ЭЙНШТЕЙНИЙ	<b>Fm</b> 100 [257] ФЕРМИЙ	<b>Md</b> 101 [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	<b>No</b> 102 [259] НОБЕЛИЙ	<b>Lr</b> 103 [262] ЛОУРЕНЦИЙ
-------------------------------------	------------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

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

# Звезда Главной последовательности

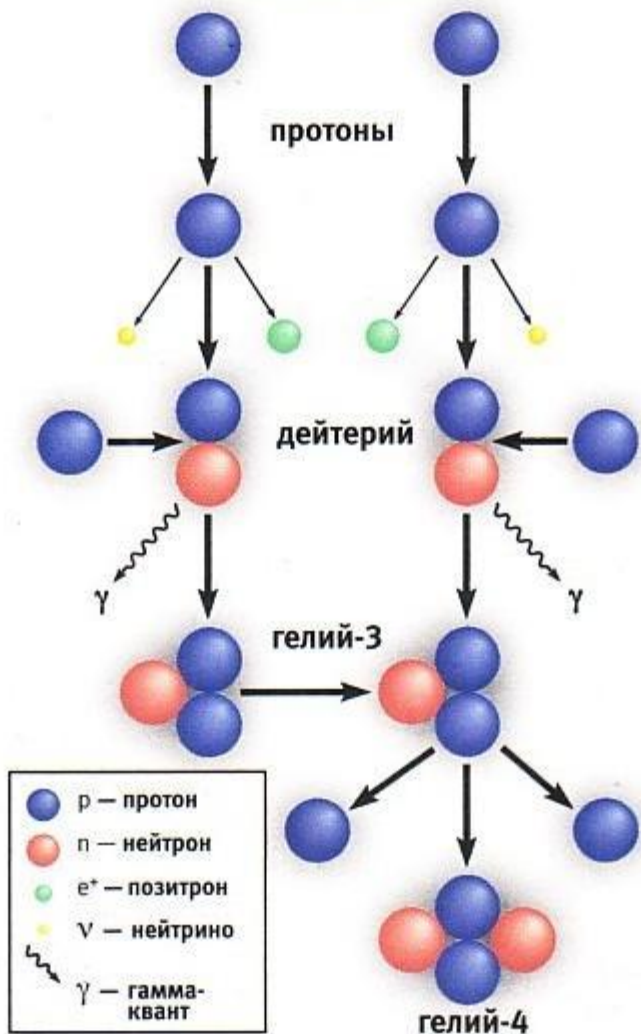


# Звезда Главной последовательности

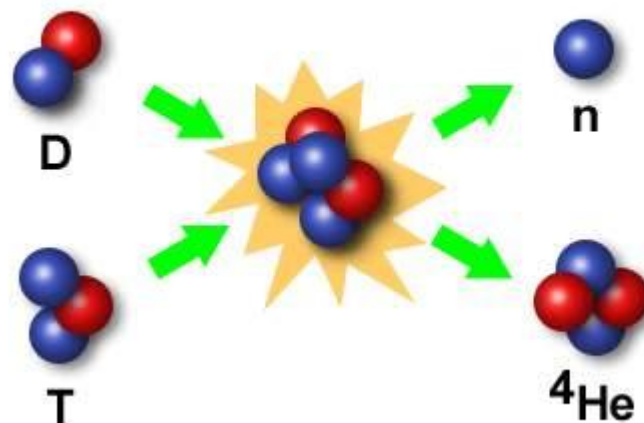
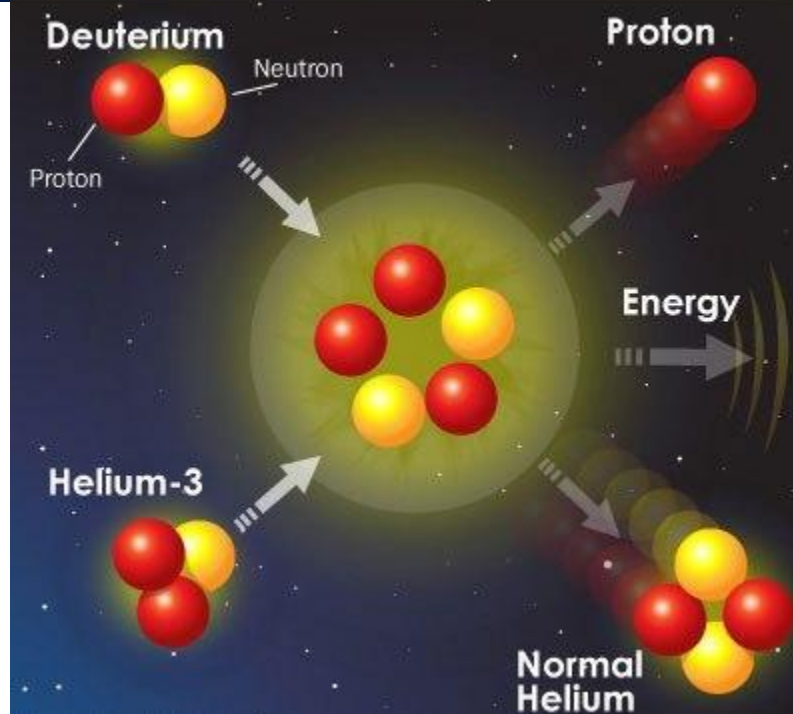




## Протон-протонный цикл синтеза гелия

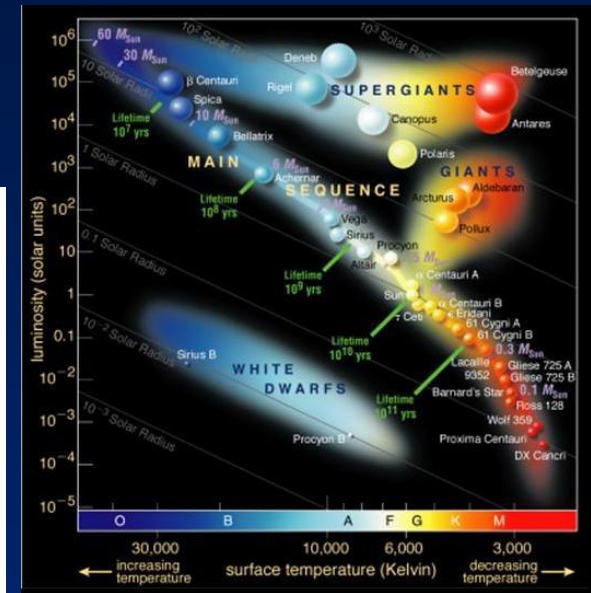
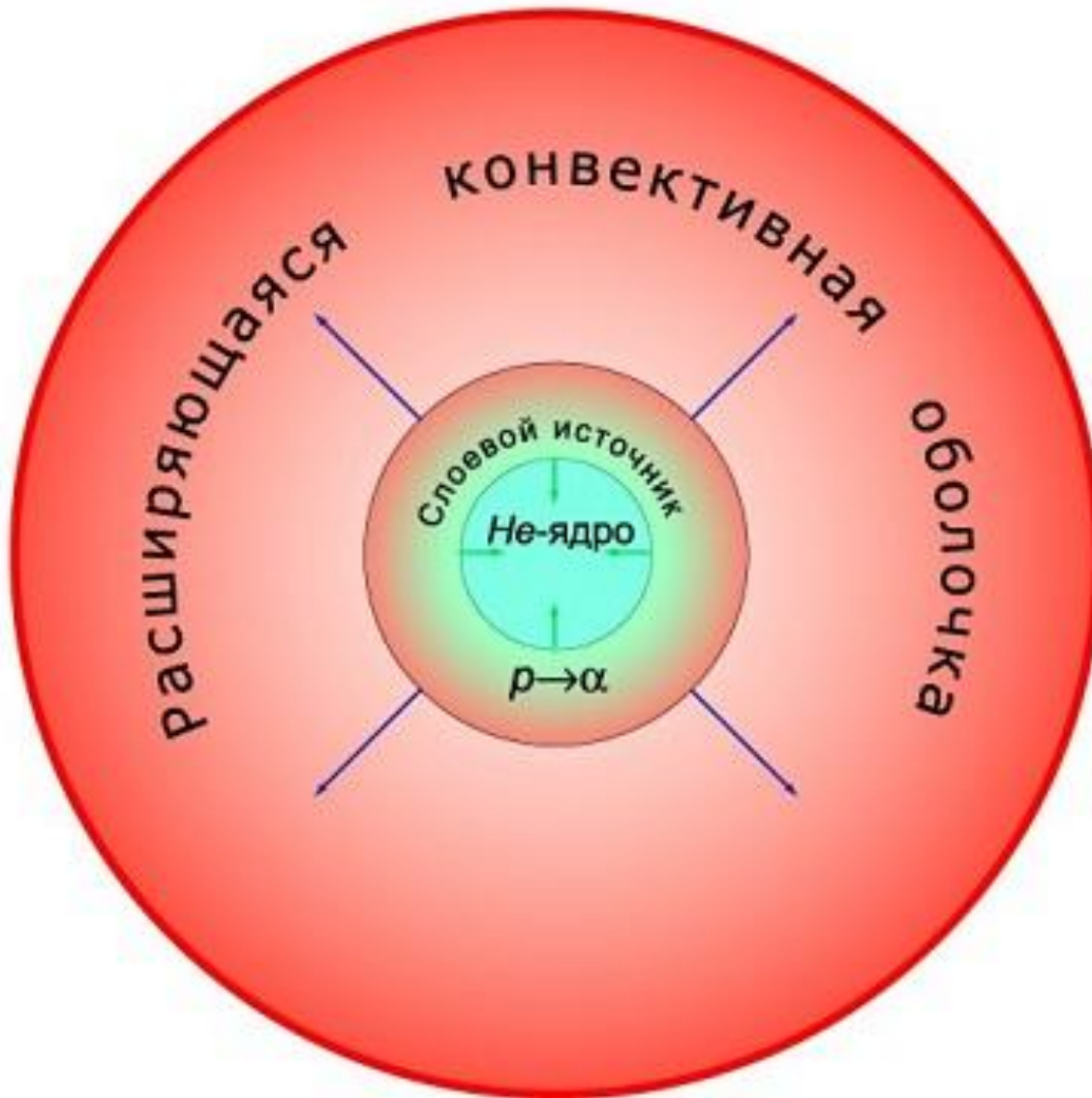


## Reaction of Helium-3 with Deuterium

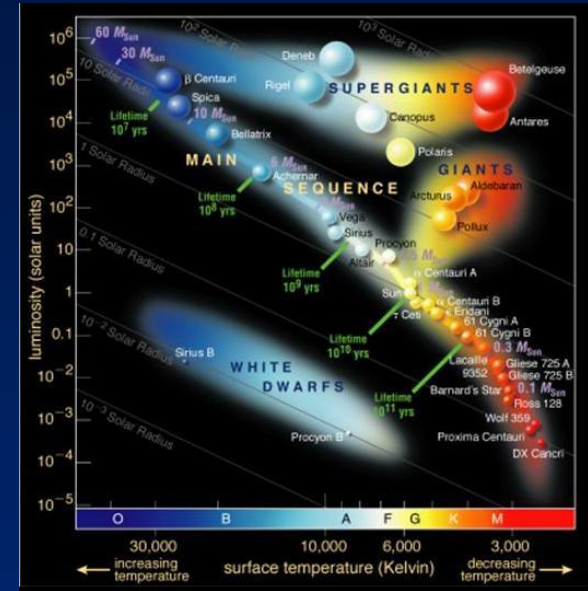
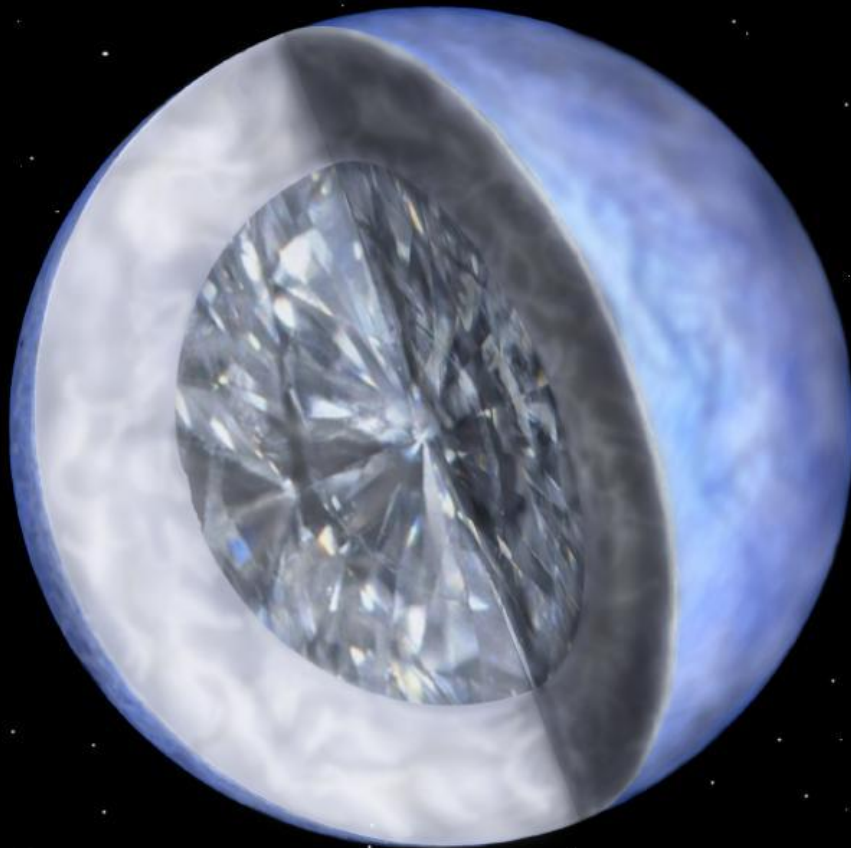
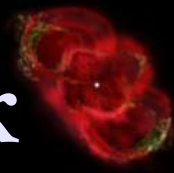


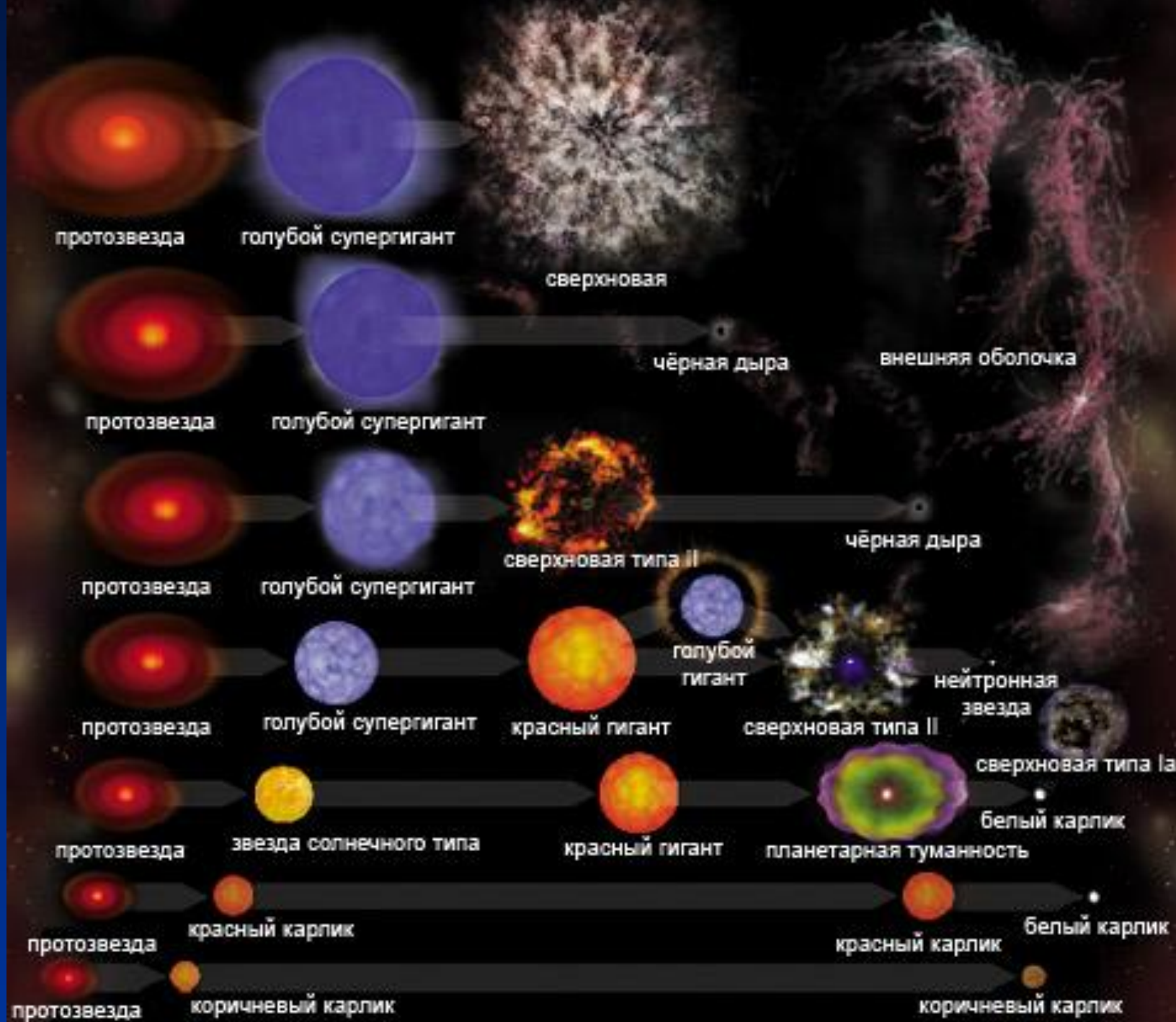


# Красный гигант



# Белый карлик





протозвезда

голубой супергигант

сверхновая

чёрная дыра

внешняя оболочка

протозвезда

голубой супергигант

протозвезда

голубой супергигант

сверхновая типа II

чёрная дыра

протозвезда

голубой супергигант

красный гигант

голубой гигант

сверхновая типа II

нейтронная звезда

протозвезда

звезда солнечного типа

красный гигант

планетарная туманность

сверхновая типа Ia

белый карлик

протозвезда

красный карлик

красный карлик

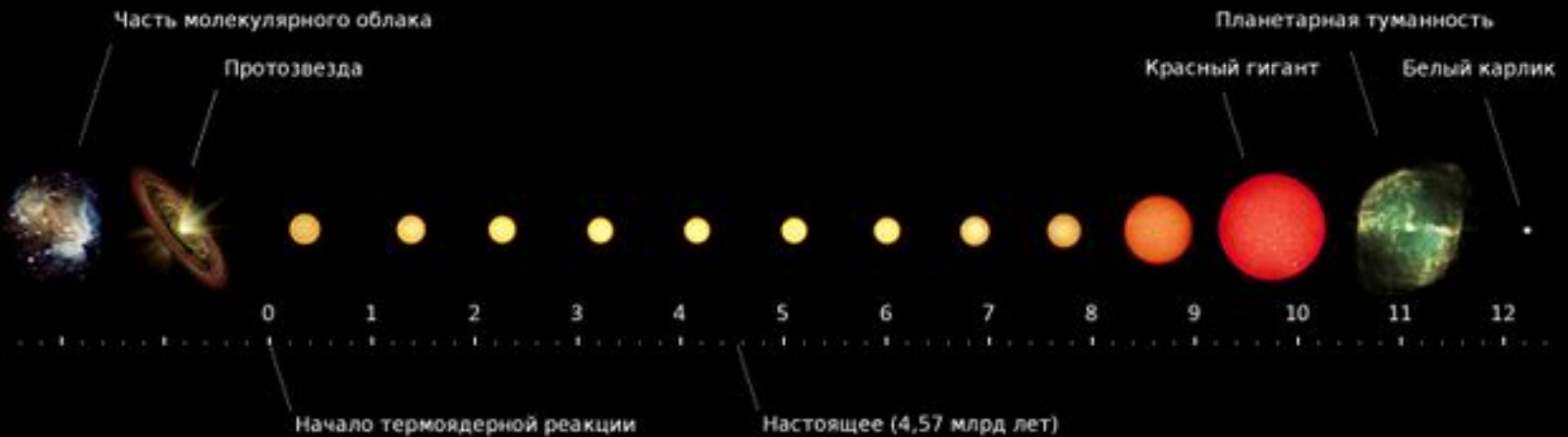
белый карлик

протозвезда

коричневый карлик

коричневый карлик

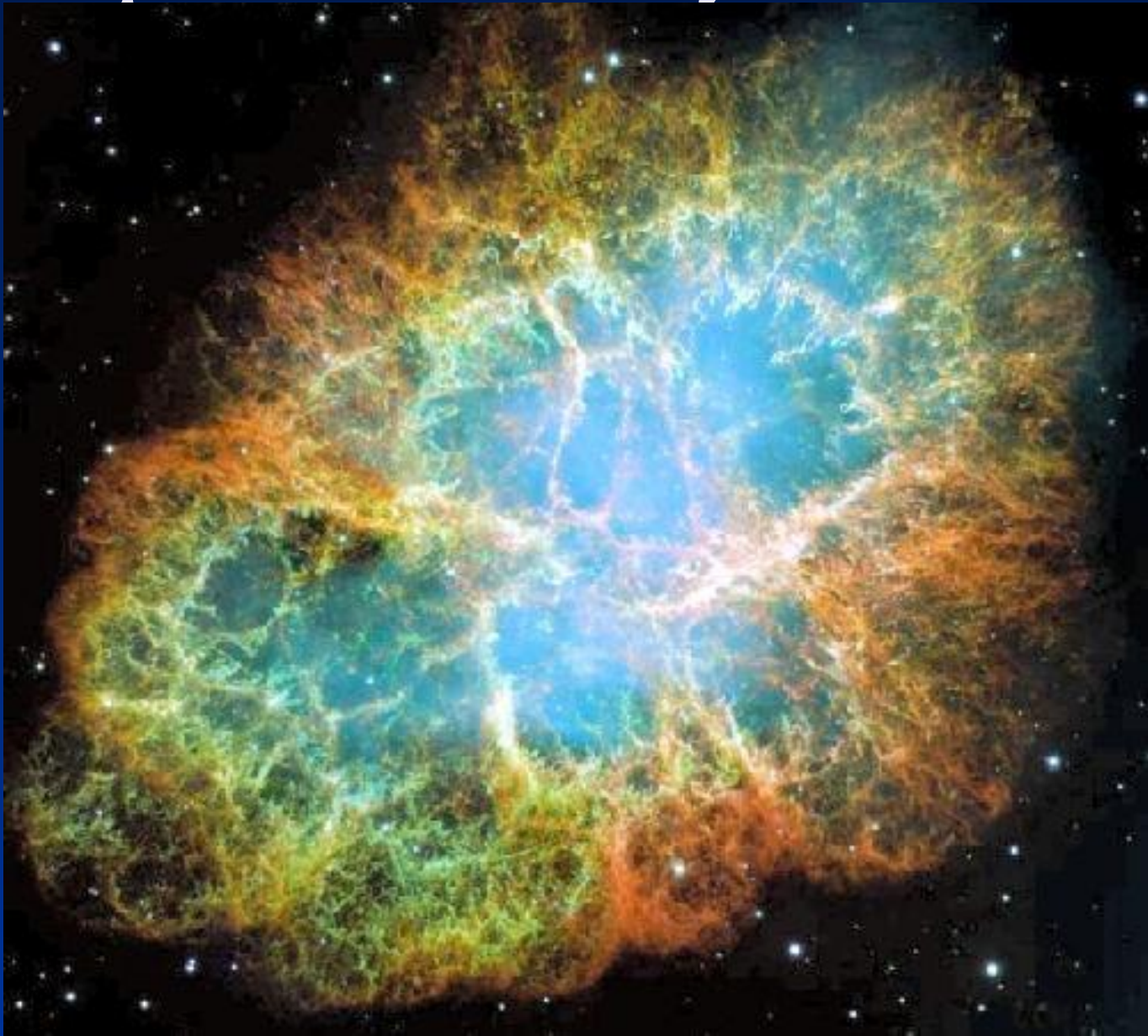
# Эволюция звезды главной последовательности



## Жизненный цикл Солнца

Масштаб и цвета условны. Временная шкала в миллиардах лет (приблизительно)

# Крабовидная туманность

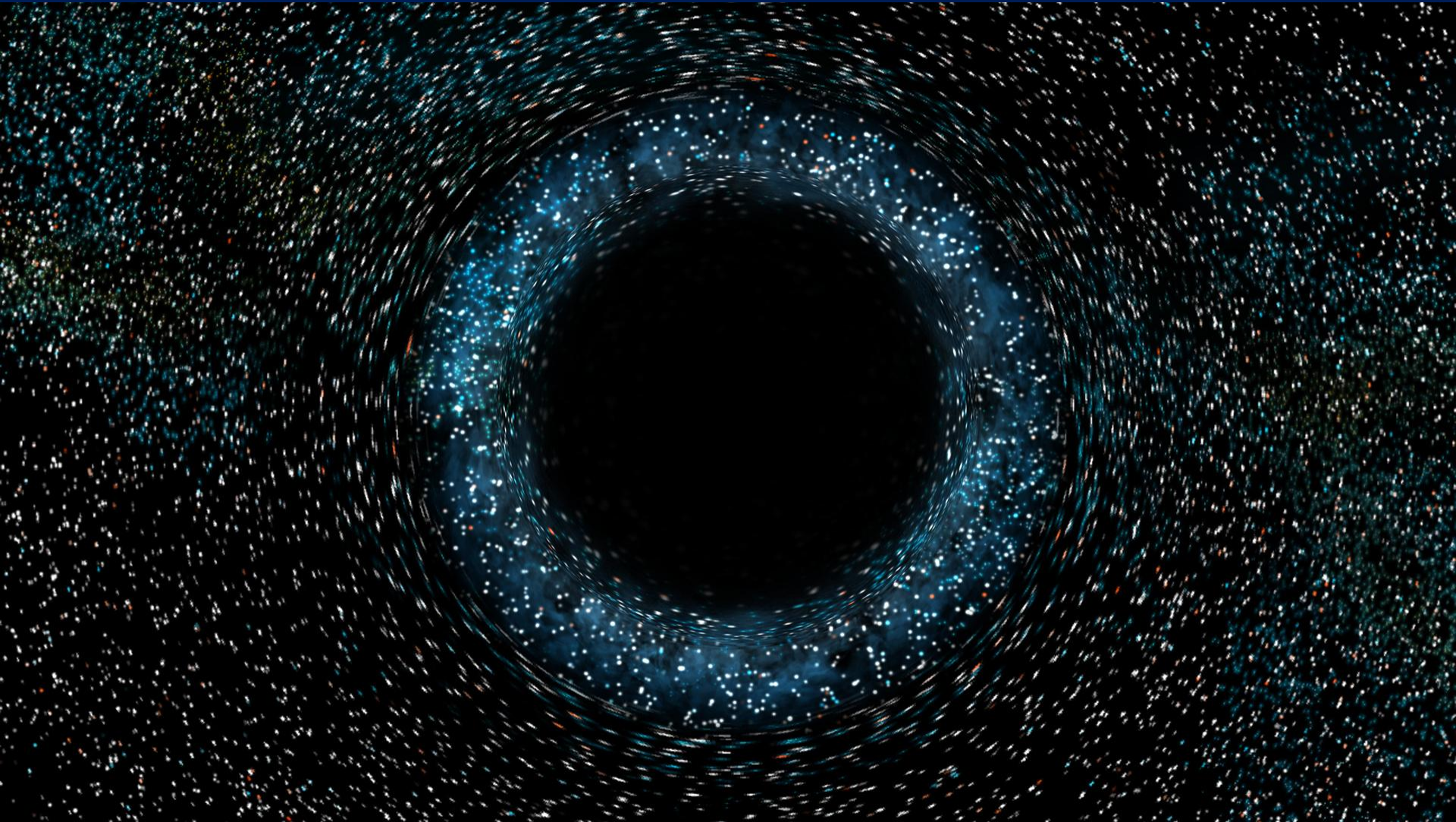


# Нейтронная звезда

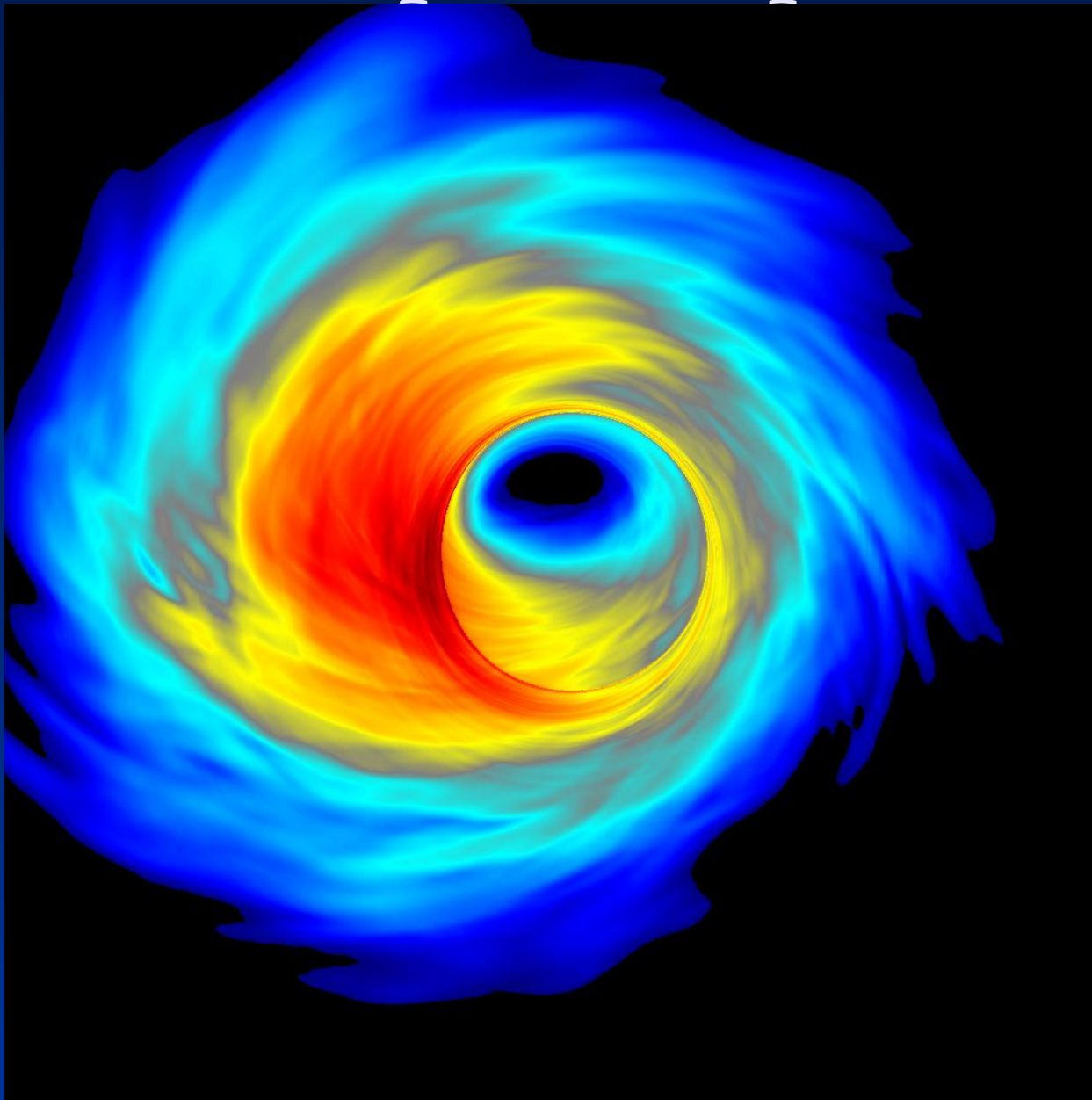




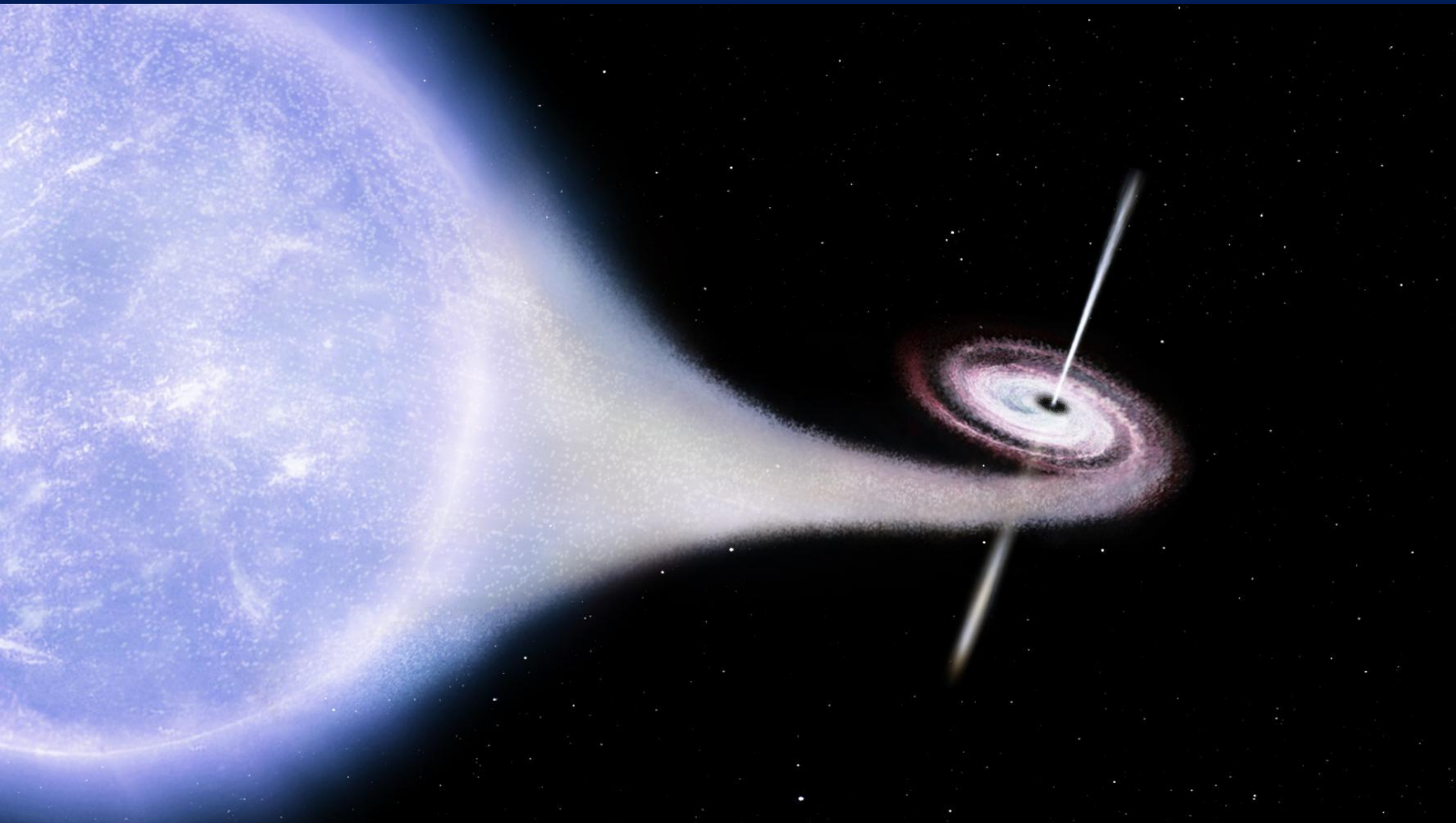
# Черная дыра



# Черная дыра



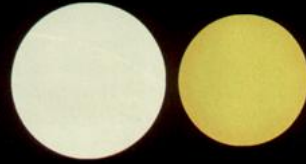
# Черная дыра





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

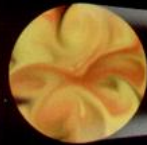


Звезда-соседка

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

Белый карлик

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

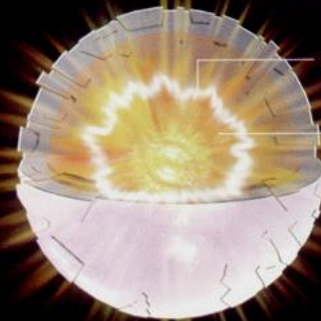


Гелий

Углерод/Кислород

Ядро

**4** Пламя устремляется наружу, превращая углерод и кислород в никель



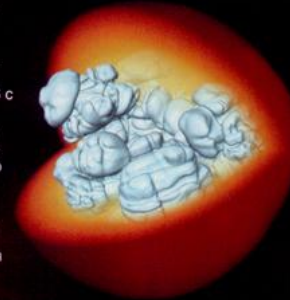
Фронт горения

Никель

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

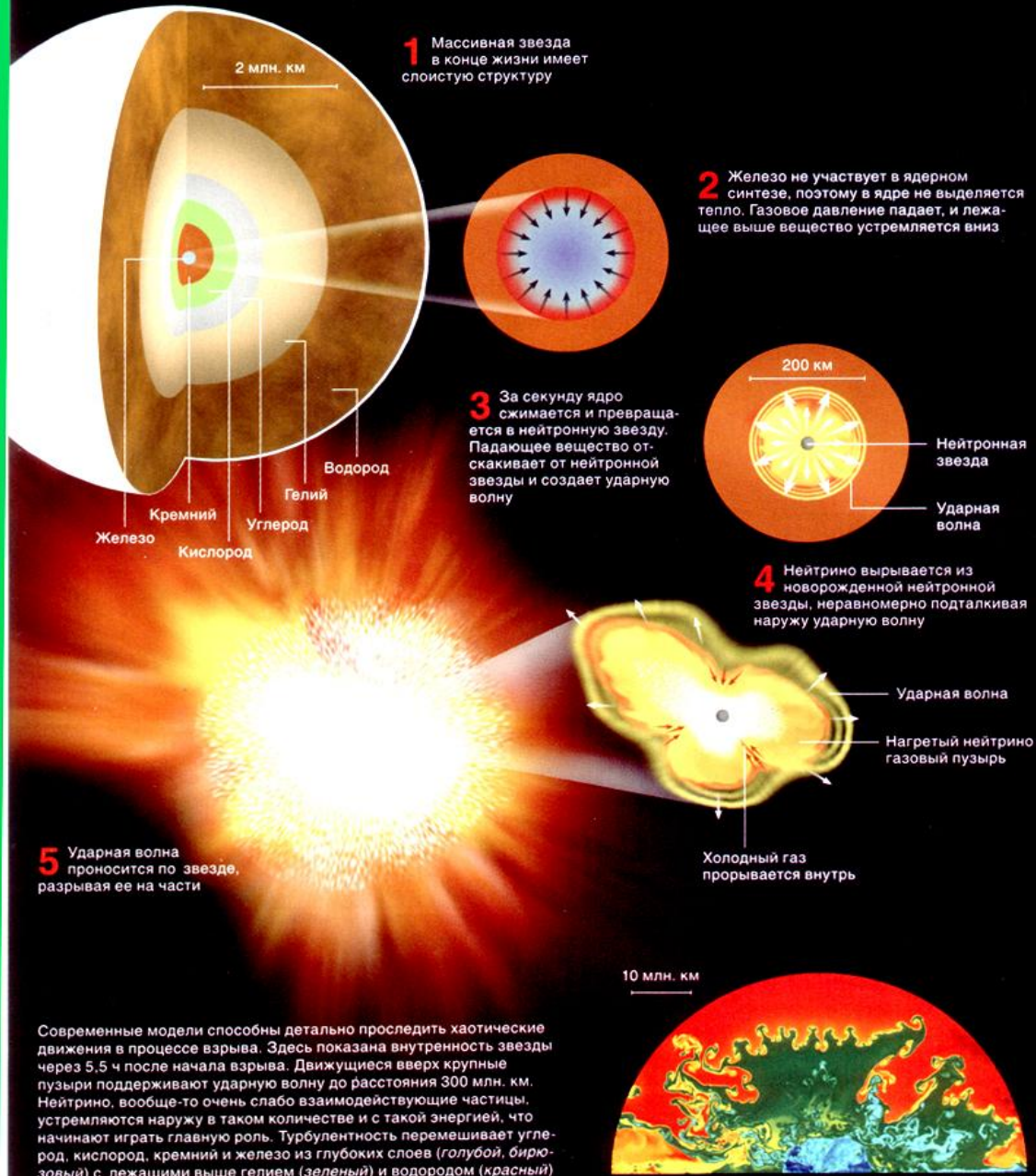


Прорыв в моделировании сверхновых позволил исследовать турбулентность. Здесь показано, что произойдет через 0,6 с после воспламенения. Фронт ядерного горения имеет турбулентную, пузырчатую структуру (голубой). Турбулентность служит причиной быстрого продвижения фронта и подавления стабилизирующих механизмов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



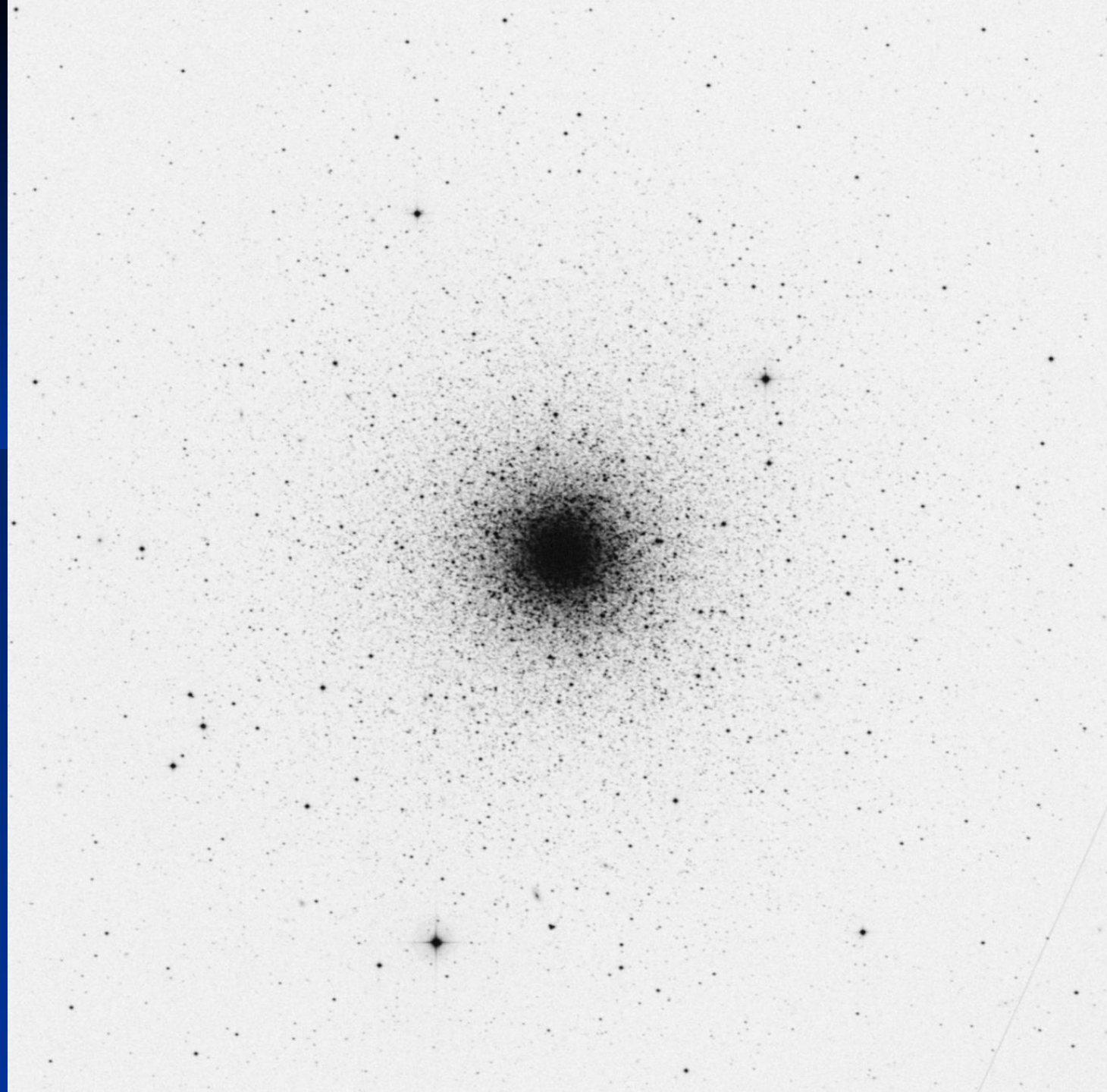
# СВЕРХНОВАЯ С КОЛЛАПСОМ ЯДРА

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



# Звездные системы





















1 2

Астеропа

Тайгета

Майя

Целено

Плейона

24 Тельца

Электра

Альциона

Атлас

Меропа

26 Тельца

HD-23923

# Ассоциации







# Туманности











# Галактики













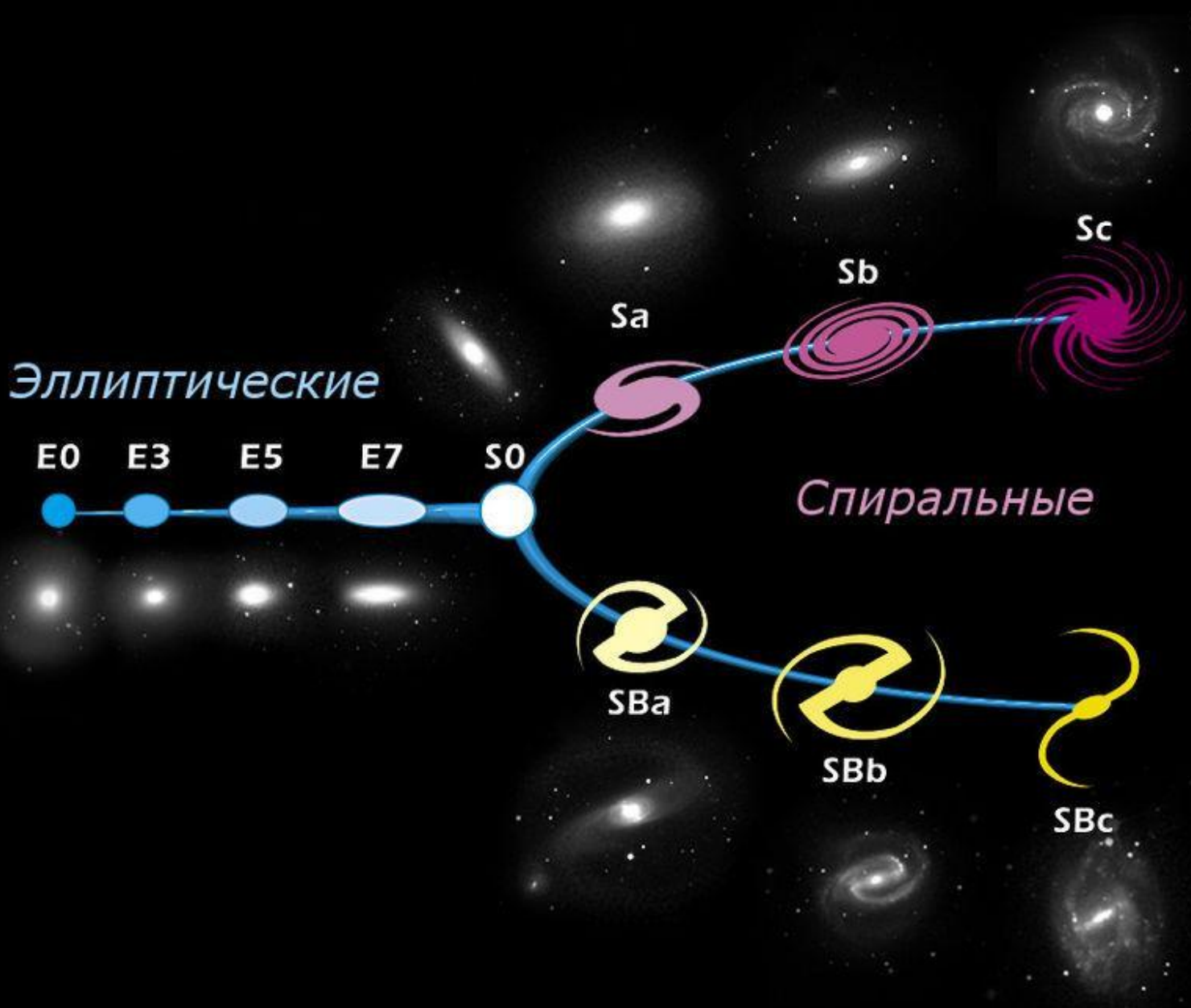




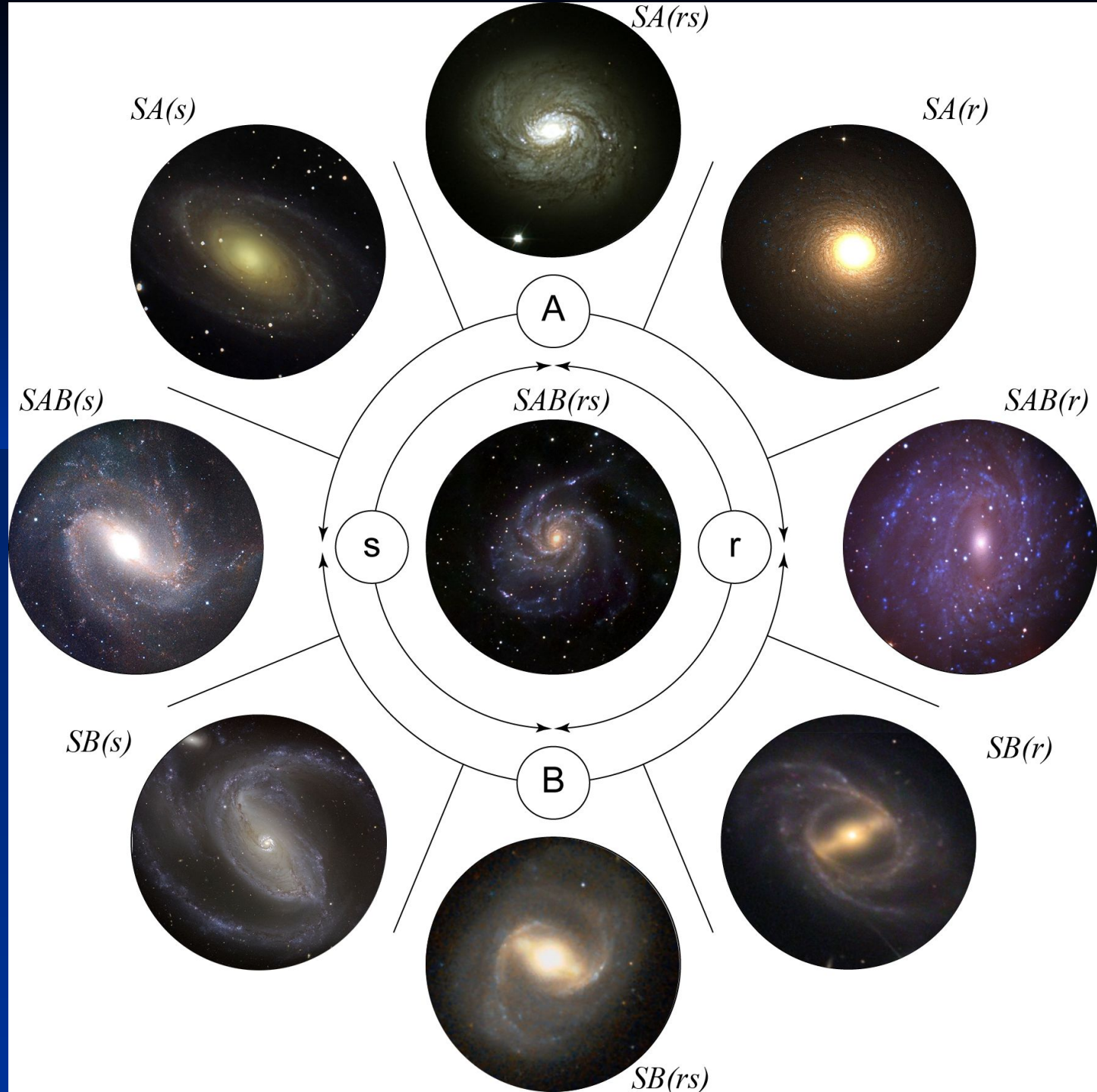




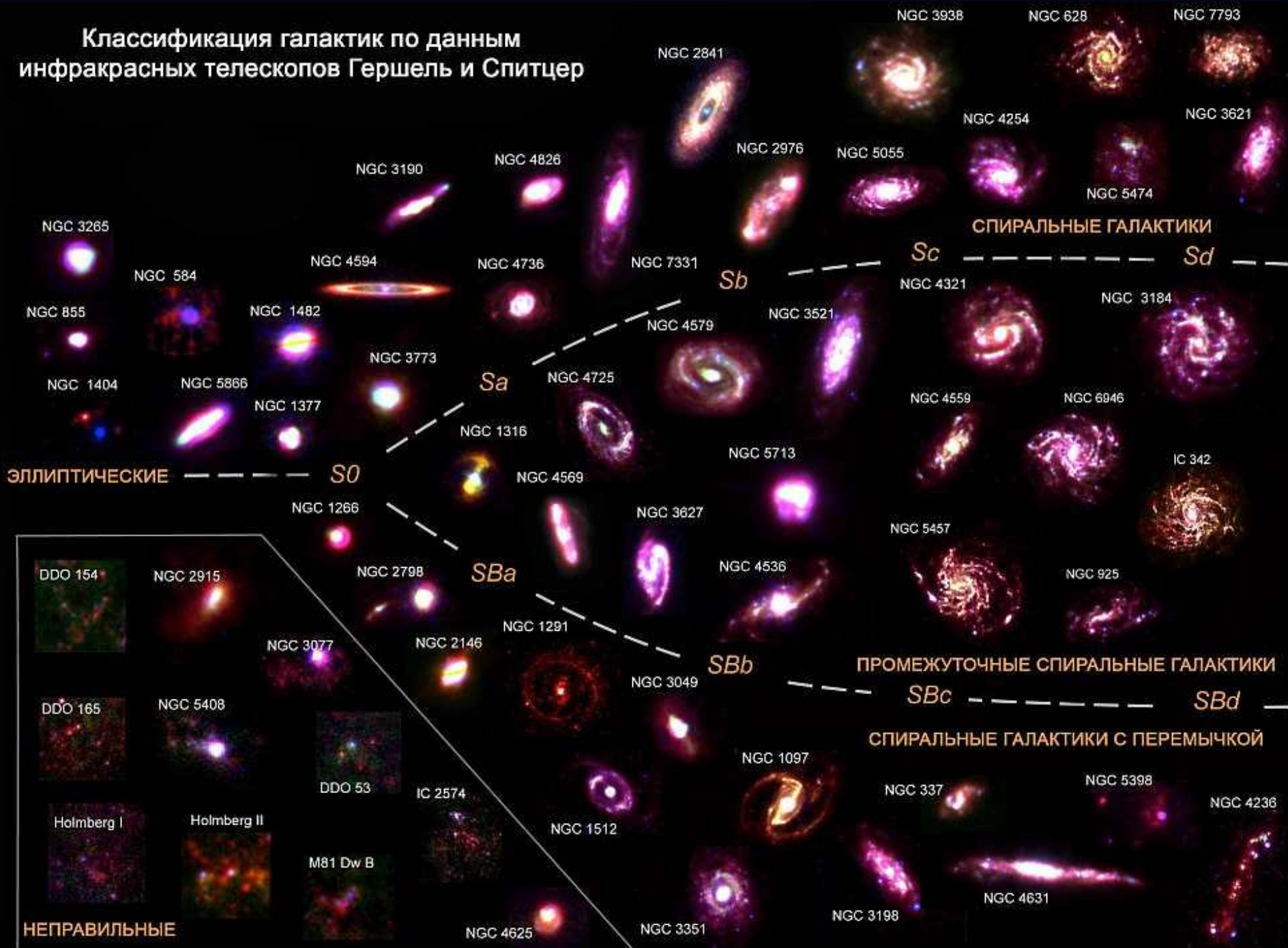
# Классификация Хаббла







# Классификация галактик по данным инфракрасных телескопов Гершель и Спитцер





Центральная черная дыра

Молекулярные облака

Галактический  
выступ

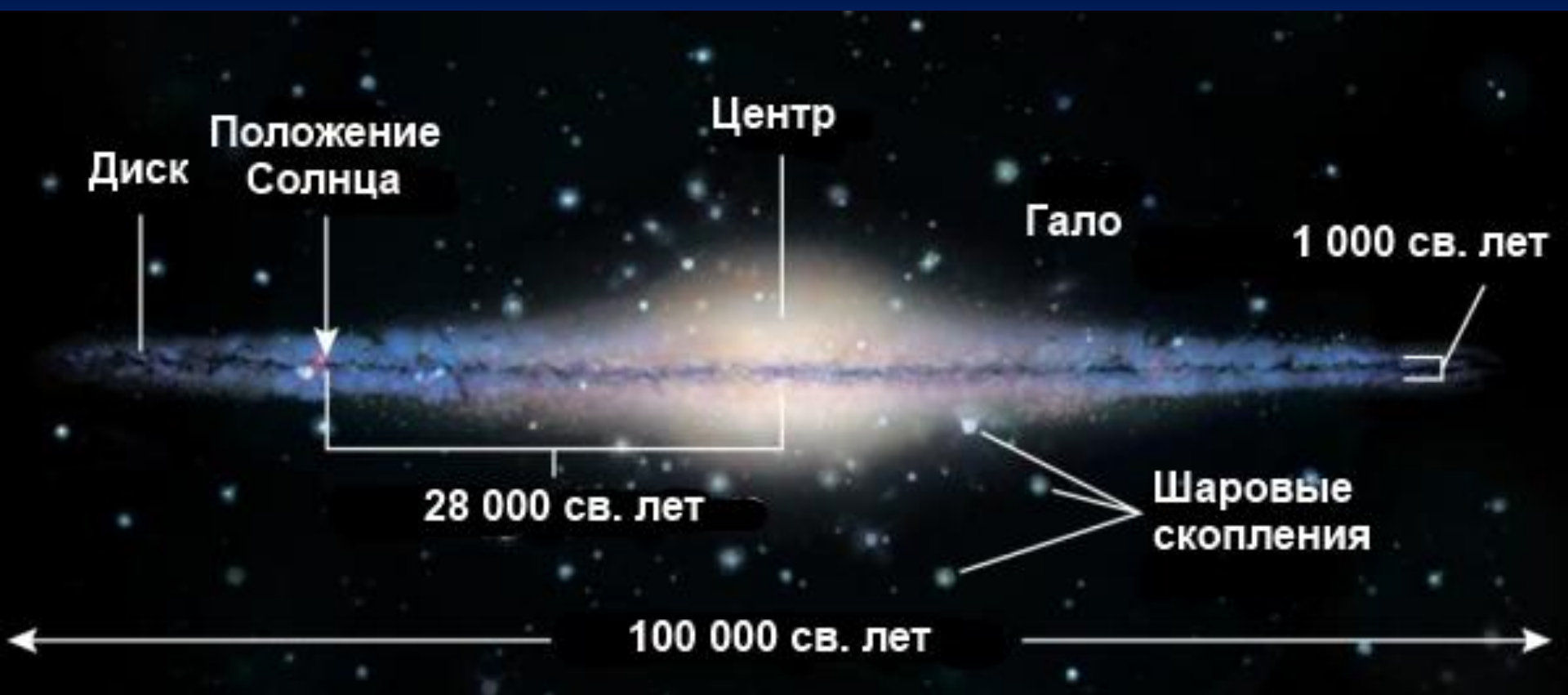
Спиральные  
рукава

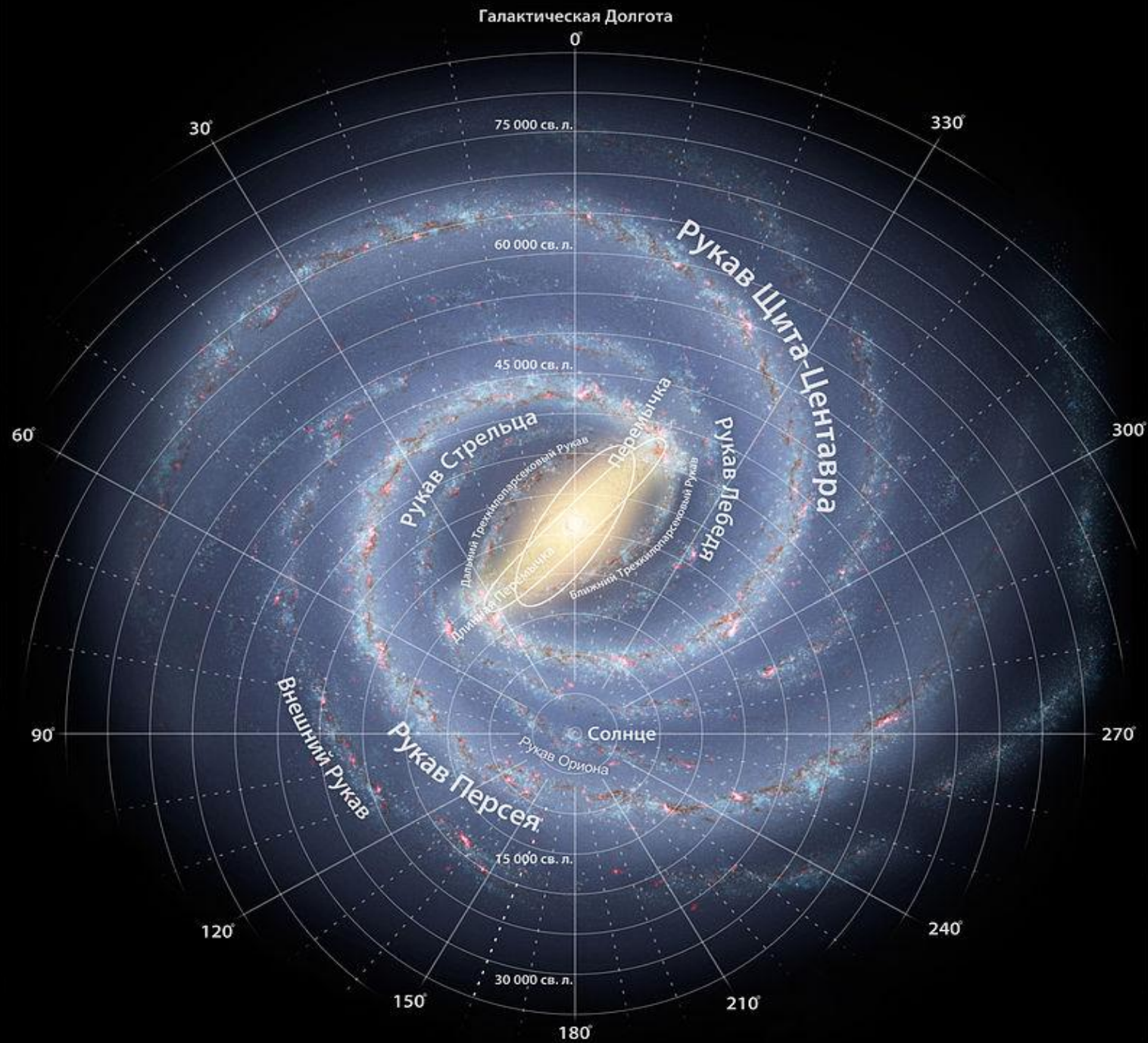
Регионы  
звздообразования

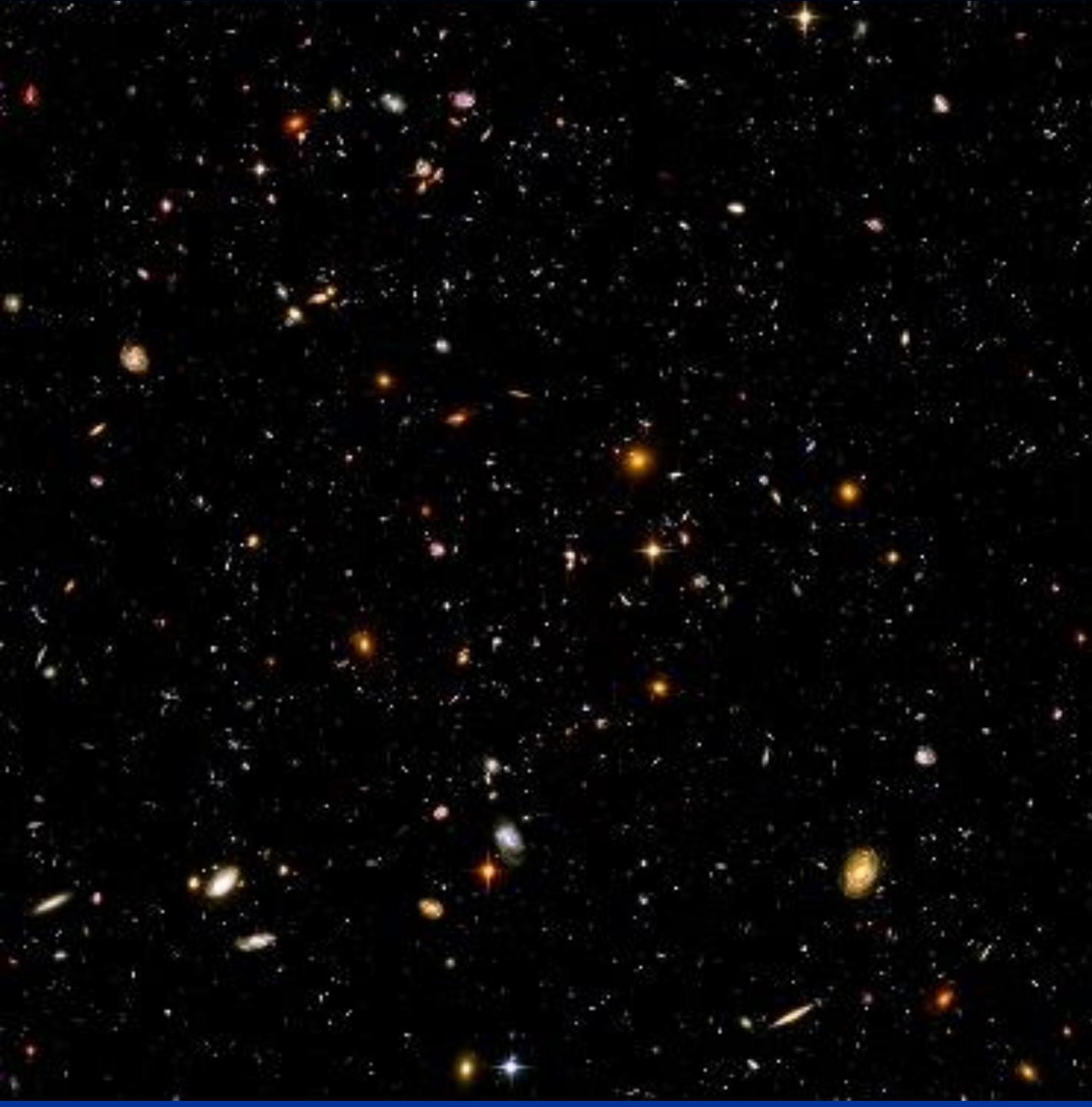
Солнце

Млечный путь



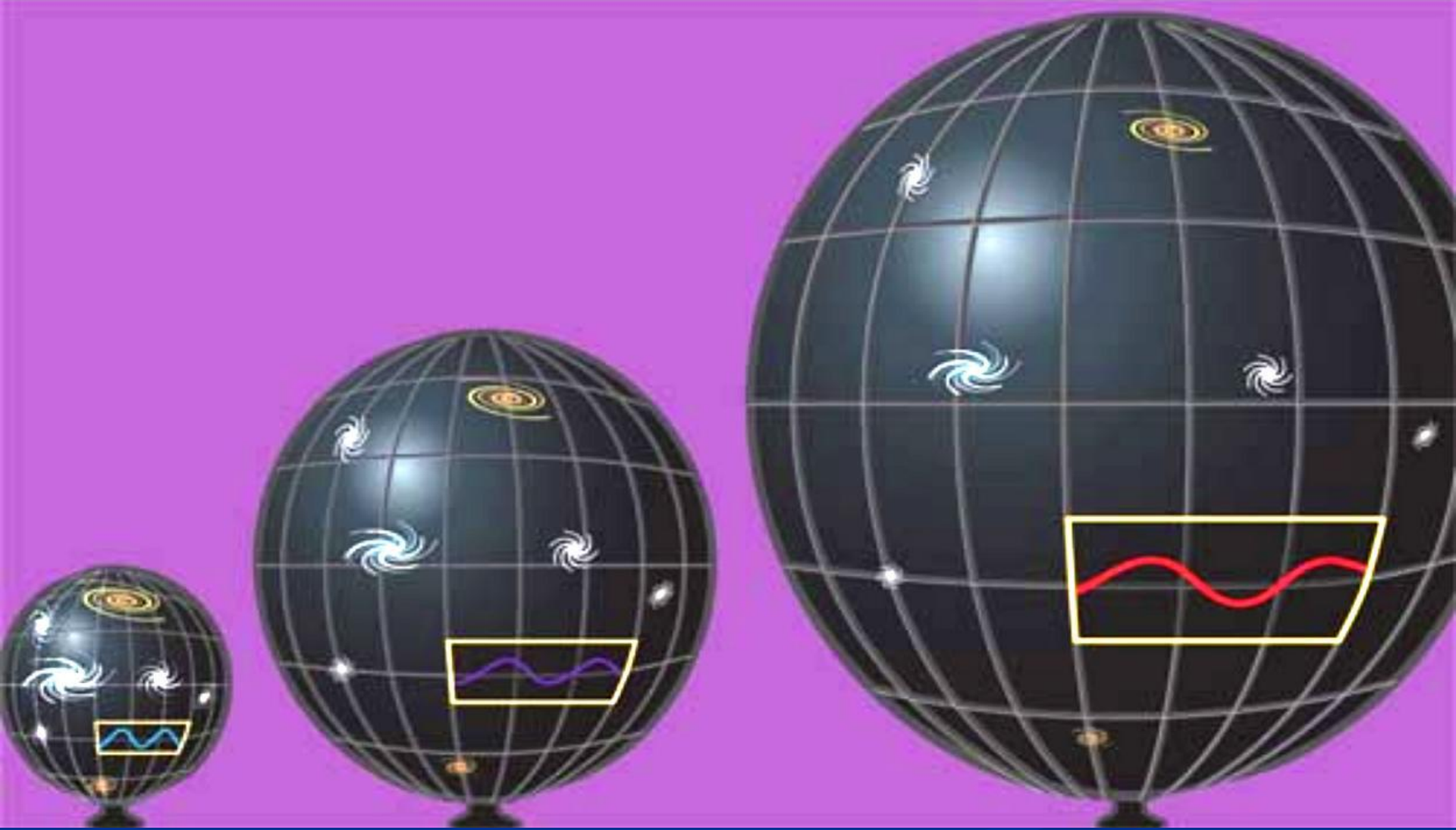






# Hubble Ultra Deep Field

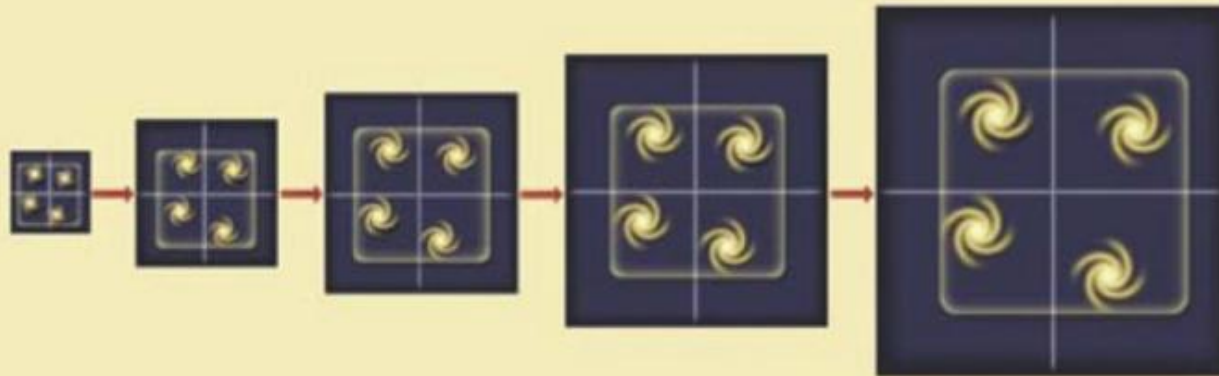
показывает  
более 1000  
галактик в  
0,000024 %  
неба.



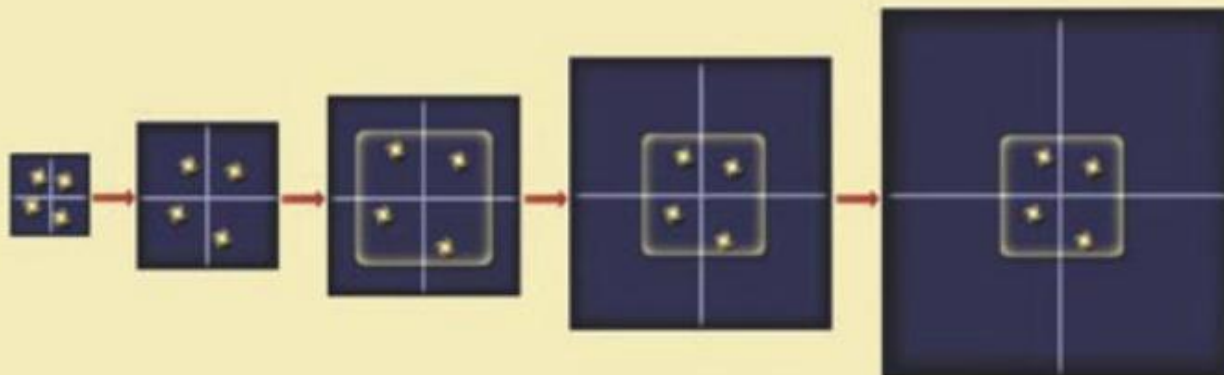


## А ОБЪЕКТЫ ВО ВСЕЛЕННОЙ ТОЖЕ РАСШИРЯЮТСЯ?

**НЕВЕРНО:** Да. Расширение заставляет Вселенную и все находящееся в ней увеличиваться. В качестве объекта рассмотрим скопление галактик. Раз Вселенная становится больше, то и скопление – также. Граница скопления (желтая линия) расширяется.



**ВЕРНО:** Нет. Вселенная расширяется, но связанные объекты в ней не делают этого. Соседние галактики сначала удаляются, но в конечном счете их взаимное притяжение пересиливает расширение. Формируется скопление такого размера, которое соответствует его равновесному состоянию.



# Красное смещение

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

$$z = \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1$$

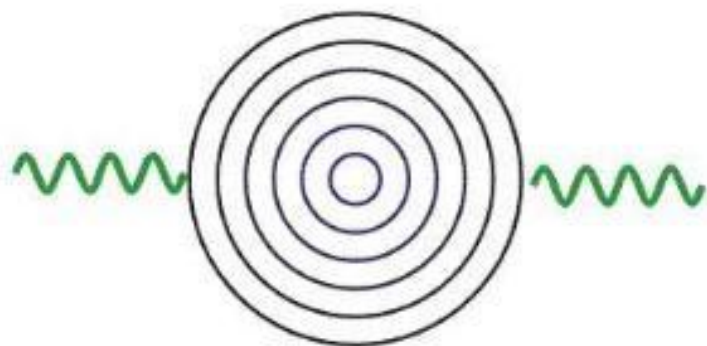
# Красное смещение

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{c}$$

$$V = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = H \cdot R$$

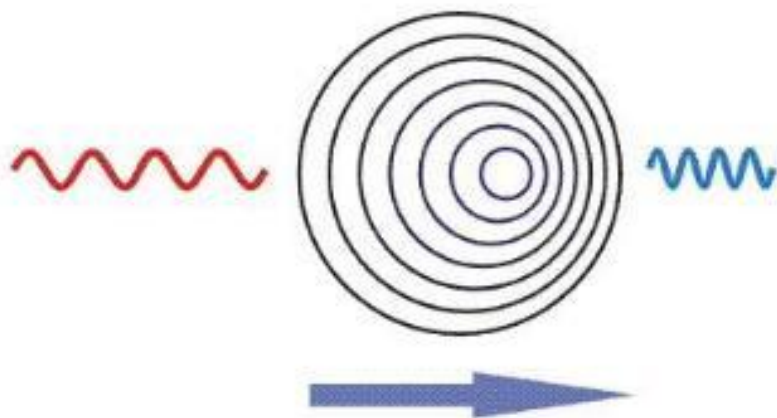


# Красное смещение (эффект Доплера)



Цвет удаляющегося источника света испытывает **красное смещение**,

а приближающегося – синее смещение



**Закон Хаббла**

$$v = H R$$

$v$  – скорость галактики

$R$  – расстояние до галактики

$H$  – постоянная Хаббла

# Космологическое красное смещение

