

ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД



При изучении природы звёзд исходными данными являются:

- Параллакс ρ''
- Энергетическая освещённость E ($\text{Вт}/\text{м}^2$)
- Спектральные данные (λ_{max} , $\Delta\lambda$, линии поглощения)

По ним определяются:

- Расстояние
- Светимость
- Температура
- Радиус
- Химический состав
- Масса
- Плотность
- Возраст



Вселенная состоит на 98% из звезд.

Они же являются основным элементом галактики.

«Звезды – это огромные шары из гелия и водорода, а также других газов. Гравитация тянет их внутрь, а давление раскаленного газа выталкивает их наружу, создавая равновесие.»

Энергия звезды содержится в ее ядре, где ежесекундно гелий взаимодействует с водородом (термоядерная реакция).



Жизненный путь звезд – рождение, рост, период относительно спокойной активности, агония, смерть.

Астрономы не в состоянии проследит жизнь одной звезды от начала и до конца.

Даже самые короткоживущие звёзды существуют миллионы лет – дольше жизни не только одного человека, но и всего человечества.

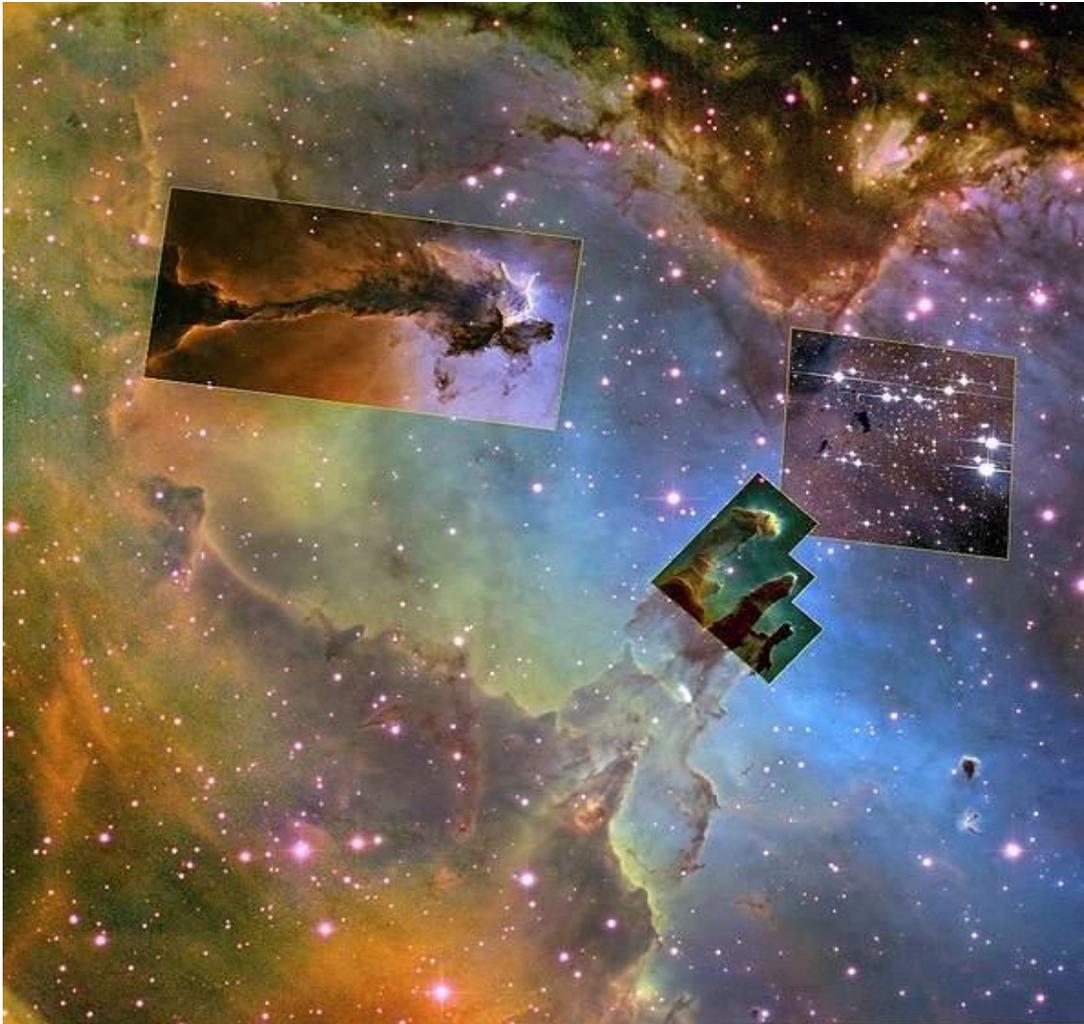
Однако учёные могут наблюдать много звёзд, находящихся на самых разных стадиях своего развития, - только что родившиеся и умирающие.

По многочисленным звездным портретам они стараются восстановить эволюционный путь каждой звезды и написать её биографию.



1. Рождение Звёзд

Происходит путем гравитационного сжатия в гигантских молекулярных облаках с массами, большими 105 массы Солнца (их известно более 6 000 в Галактике)



Туманность Орел

- в 6000 световых лет от нас
- молодое рассеянное звёздное скопление в созвездии Змеи
- тёмные области в туманности — это протозвёзды





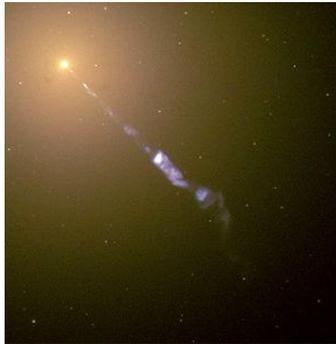
Туманность Ориона

- светящаяся эмиссионная туманность с зеленоватым оттенком и находится ниже Пояса Ориона
- можно видеть даже невооружённым глазом
- в 1300 световых лет от нас, а величиной в 33 световых года



Области бурного звездообразования обнаруживаются:

в ядрах крупных галактик



на концах спиральных рукавов



в карликовых галактиках



на периферии неправильных галактик



2. Протозвезда

Первая стадия формирования звезды, в которой не происходит термоядерная реакция. Звезда набирает массу поглощая аккреционный диск.

Аккреционный диск – диск из раскалённого вещества падающий на небесное тело.

Планеты также формируются в протопланетном диске звезды, так же как и звезды в двойных и кратных системах



Протозвезда



Акреционный диск

Изображение дальней части диска

Гравитационное поле чёрной дыры изменяет траекторию, по которой движется свет от её дальней стороны, создавая эту часть изображения.

Фотонное кольцо

Кольцо состоит из множества колец, которые постепенно становятся всё слабее и тоньше от света, который облетел чёрную дыру два, три или даже больше раз, прежде чем ускользнуть, чтобы достичь наших глаз.

Доплеровское излучение

Свет, излучаемый газом в аккреционном диске ярче на той стороне, где материал движется к нам и тусклее на той – где он движется от нас.

Тень чёрной дыры

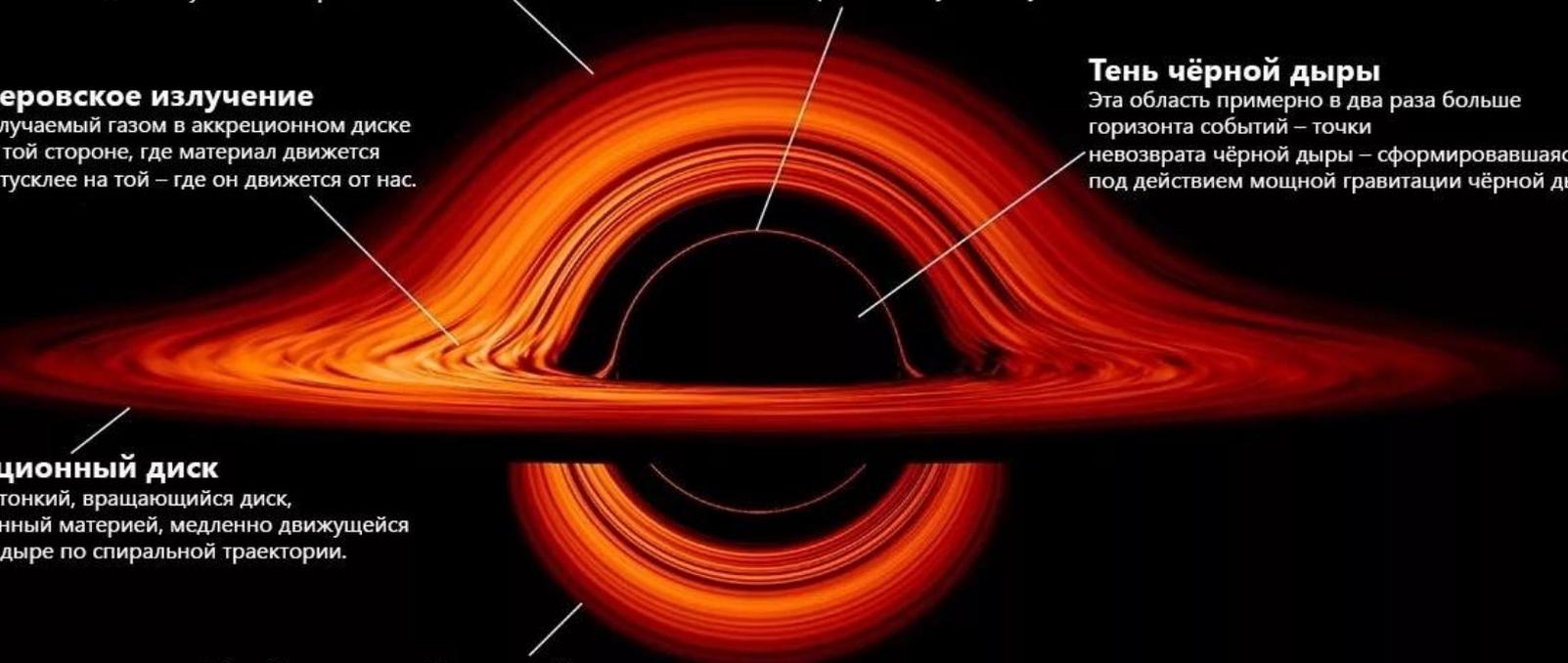
Эта область примерно в два раза больше горизонта событий – точки невозврата чёрной дыры – сформировавшаяся под действием мощной гравитации чёрной дыры.

Аккреционный диск

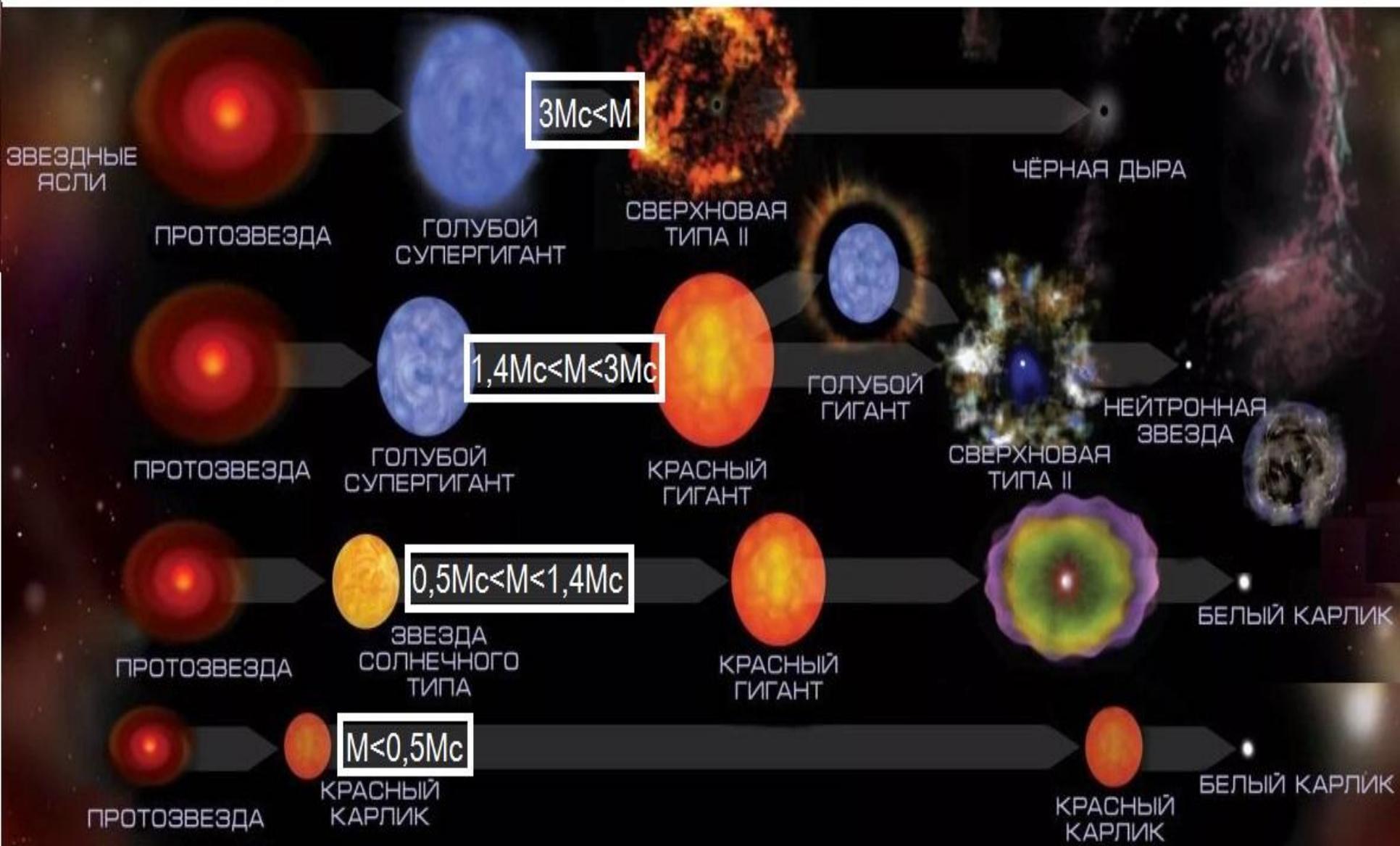
Горячий, тонкий, вращающийся диск, образованный материей, медленно движущейся к чёрной дыре по спиральной траектории.

Изображение ближней части диска

Свет на дальней стороне диска гравитационно линзирован чёрной дырой, что позволило создать эту часть изображения.



Эволюция звёзд различной массы



Учёные Эйнарам Герцшпрунга и Генри Рассел в 1910 году Создали диаграмму для классификации звёзд и соответствует современным представлениям о звёздной эволюции. показывает зависимость между абсолютной звёздной величиной, светимостью, спектральным классом и температурой поверхности звезды.

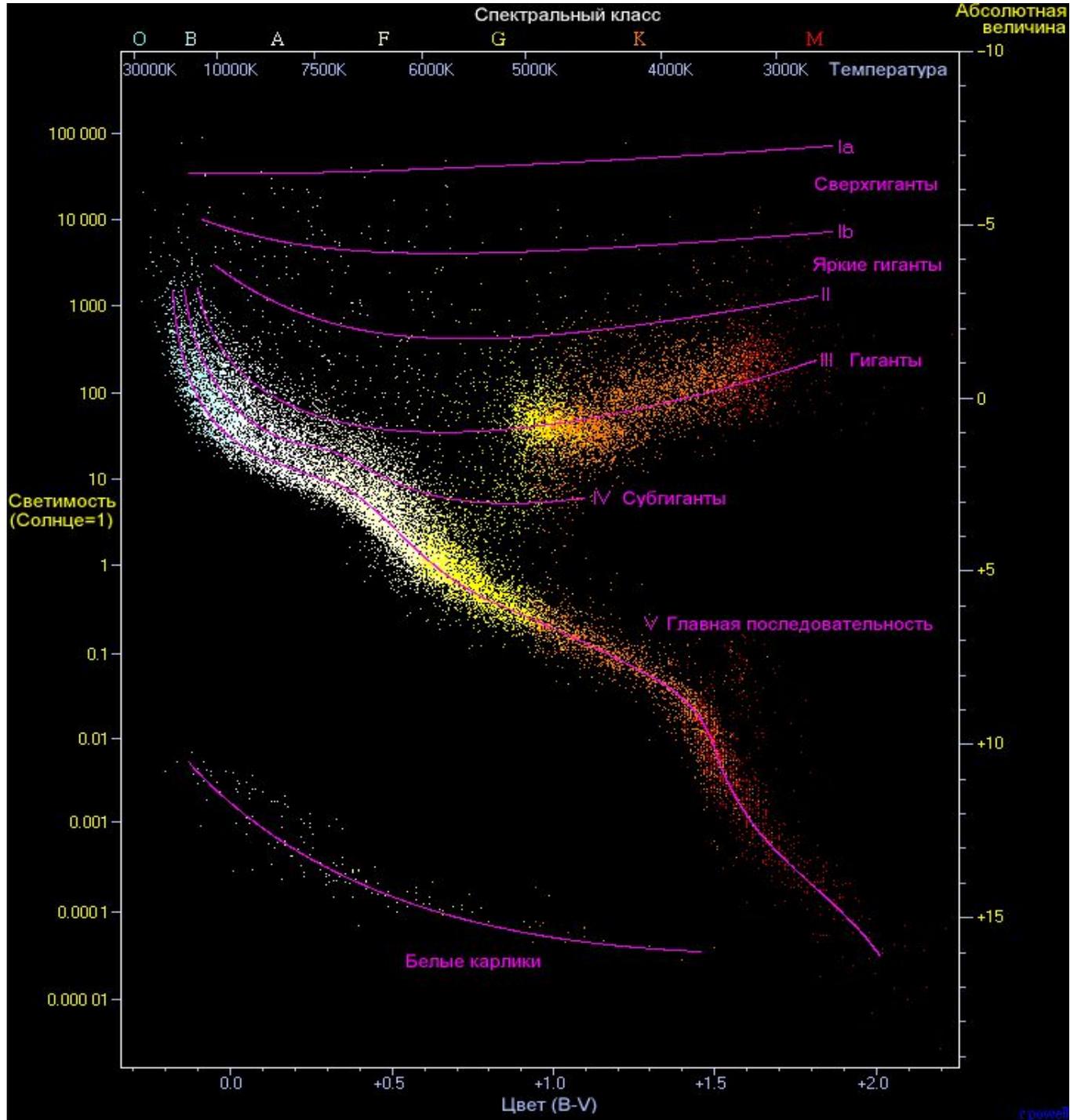


Эйнара Герцшпрунга



Генри Рассел

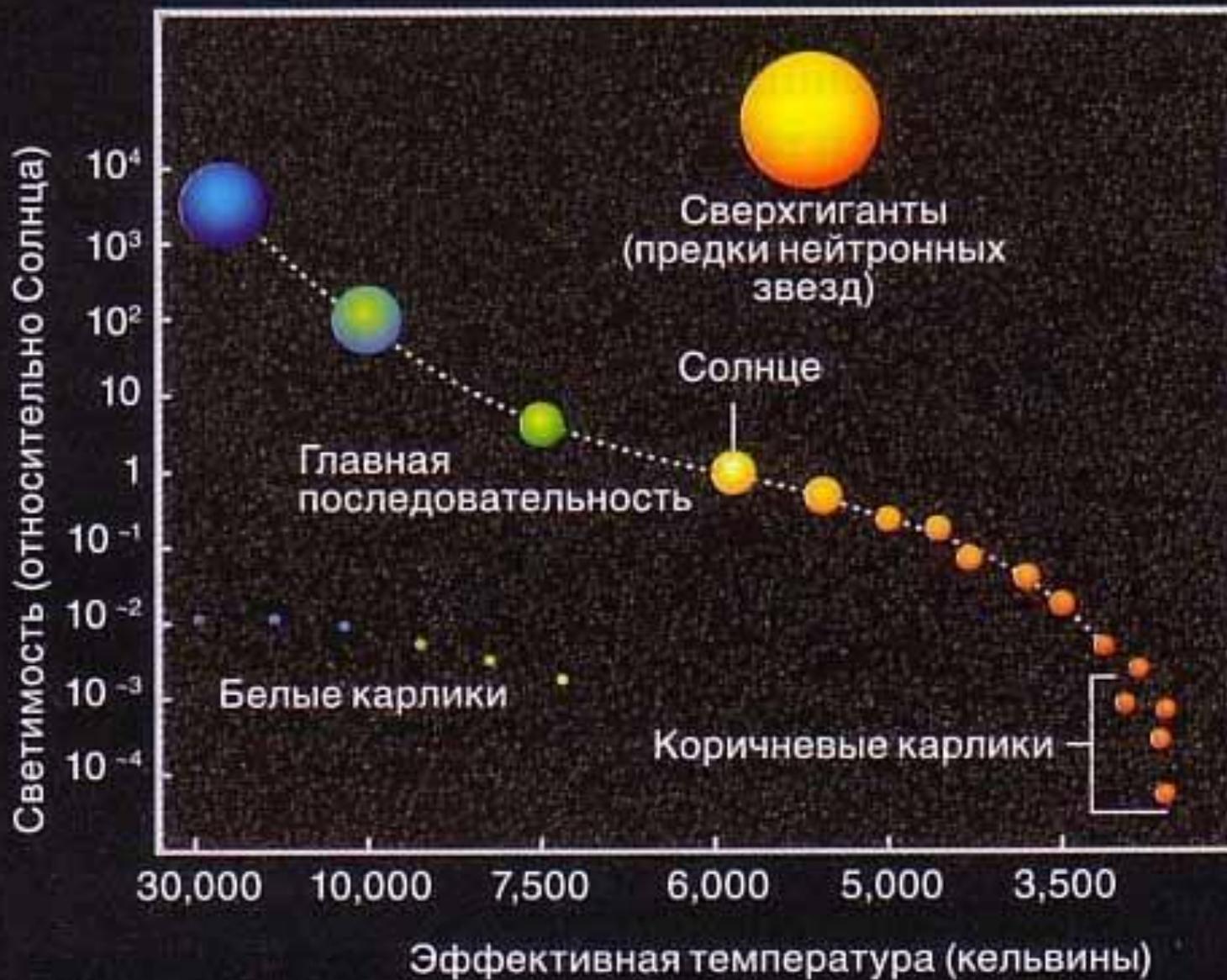




ДИАГРАММА

ГЕРЦШПРУНГА —

РАССЕЛА



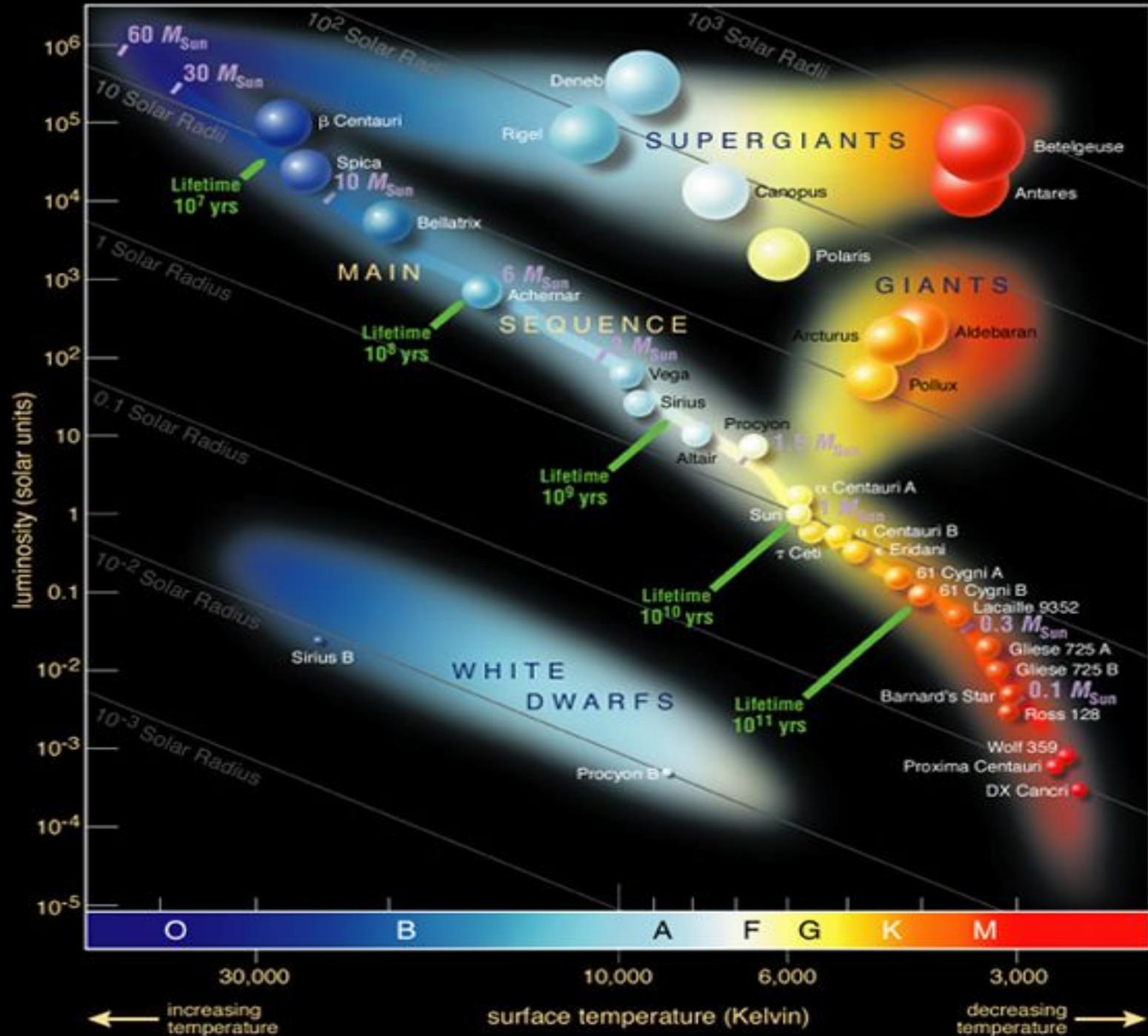
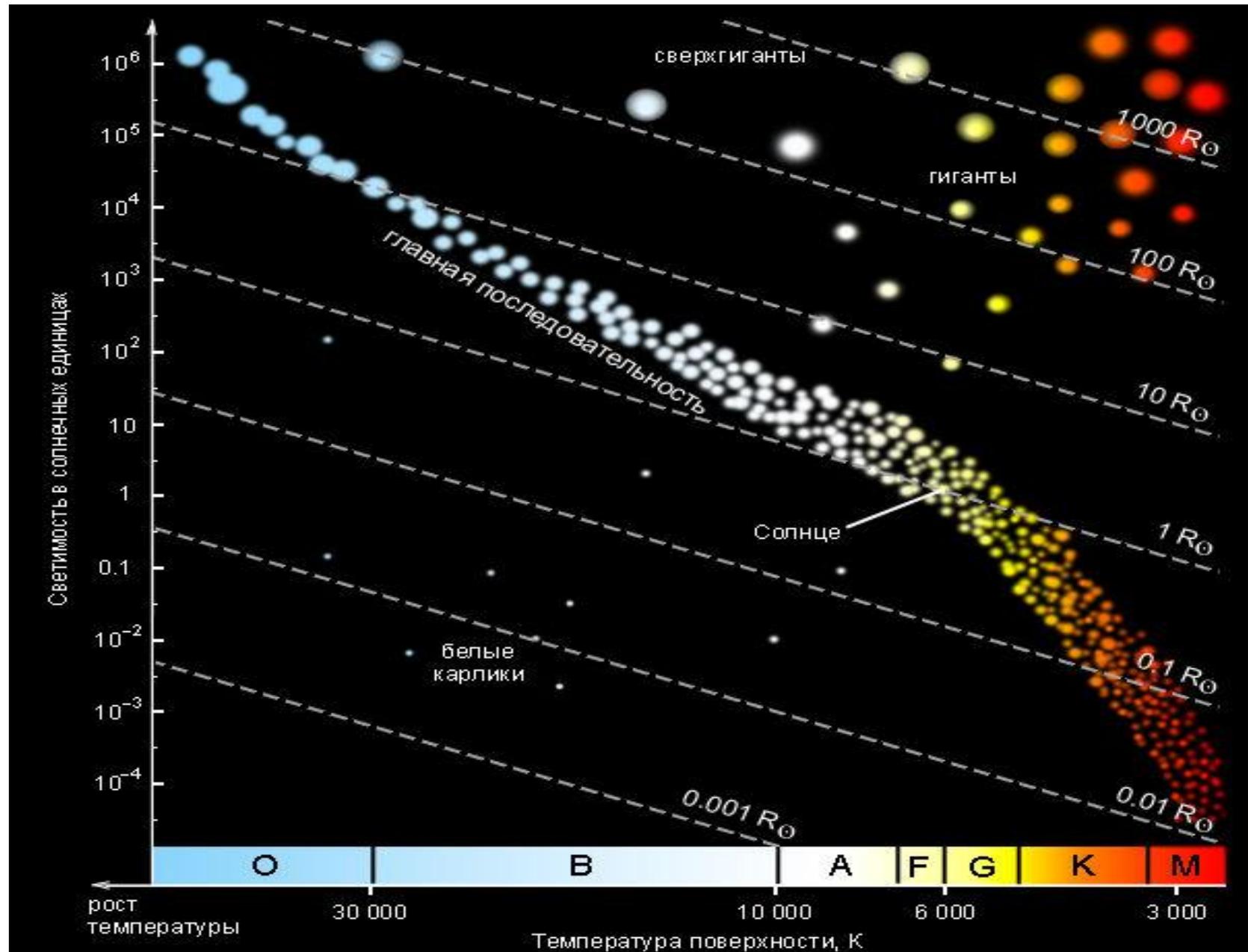
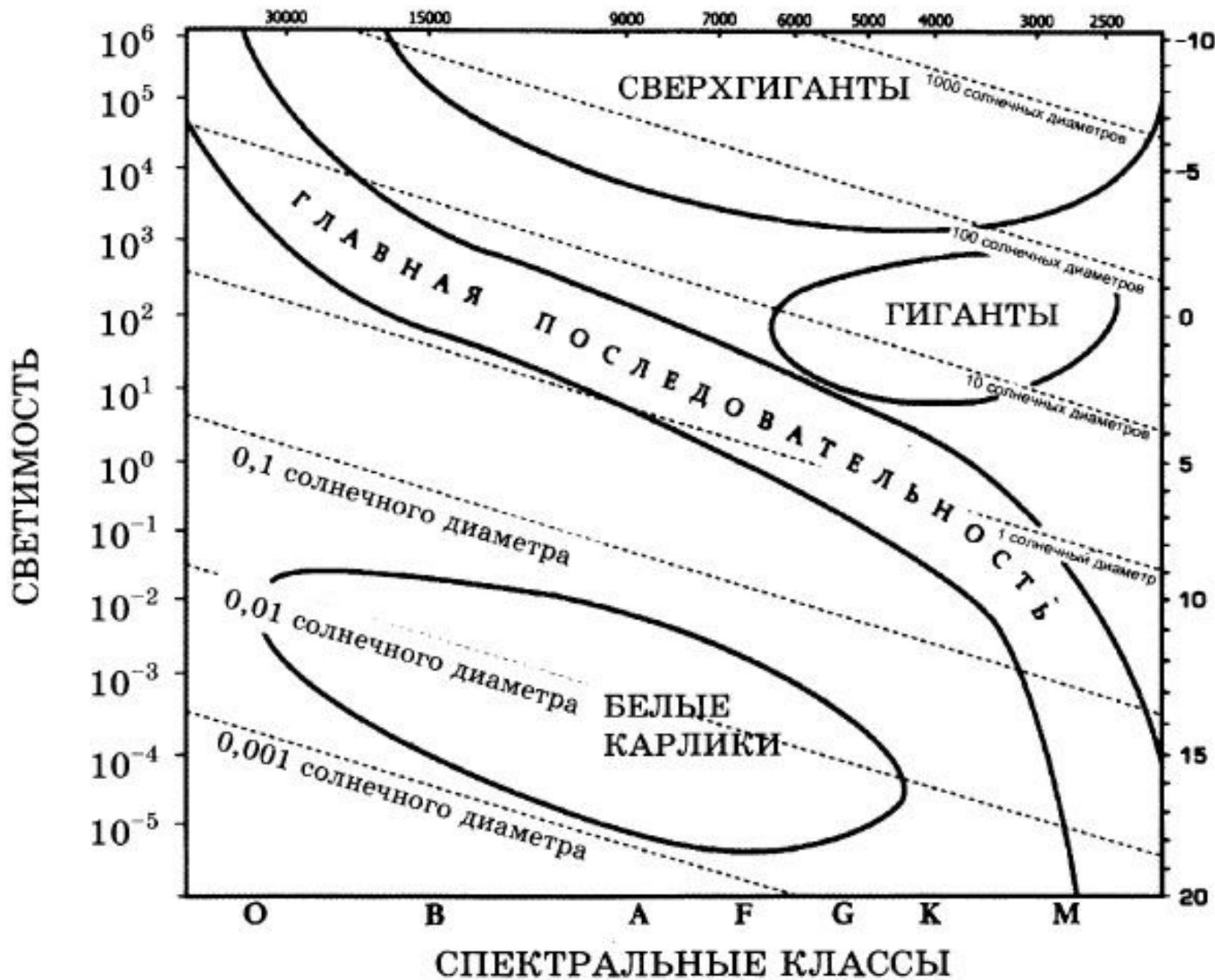


ДИАГРАММА ГЕРЦШПРУНГА - РАССЕЛА

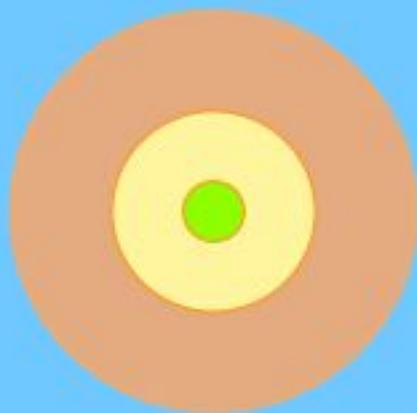


ТЕМПЕРАТУРА



СТРОЕНИЕ ЗВЕЗД ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

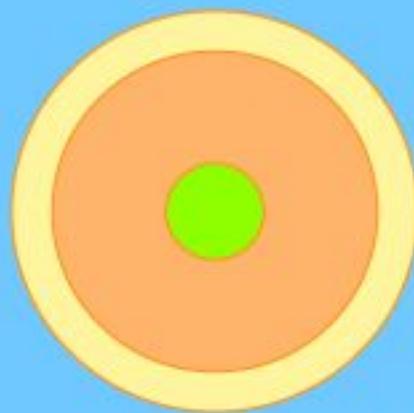
Внутренняя структура звезд главной последовательности



звезда класса O
(60 солн. масс)



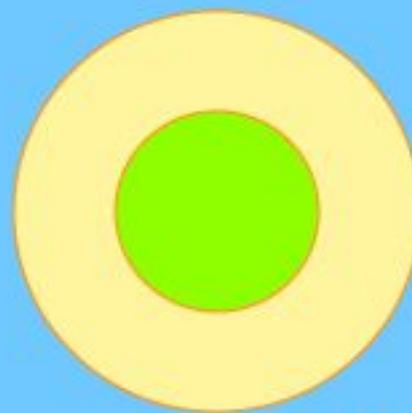
лучистая зона



звезда класса G
(1 солн. масса)



конвект. зона



звезда класса M
(0.1 солн. масса)



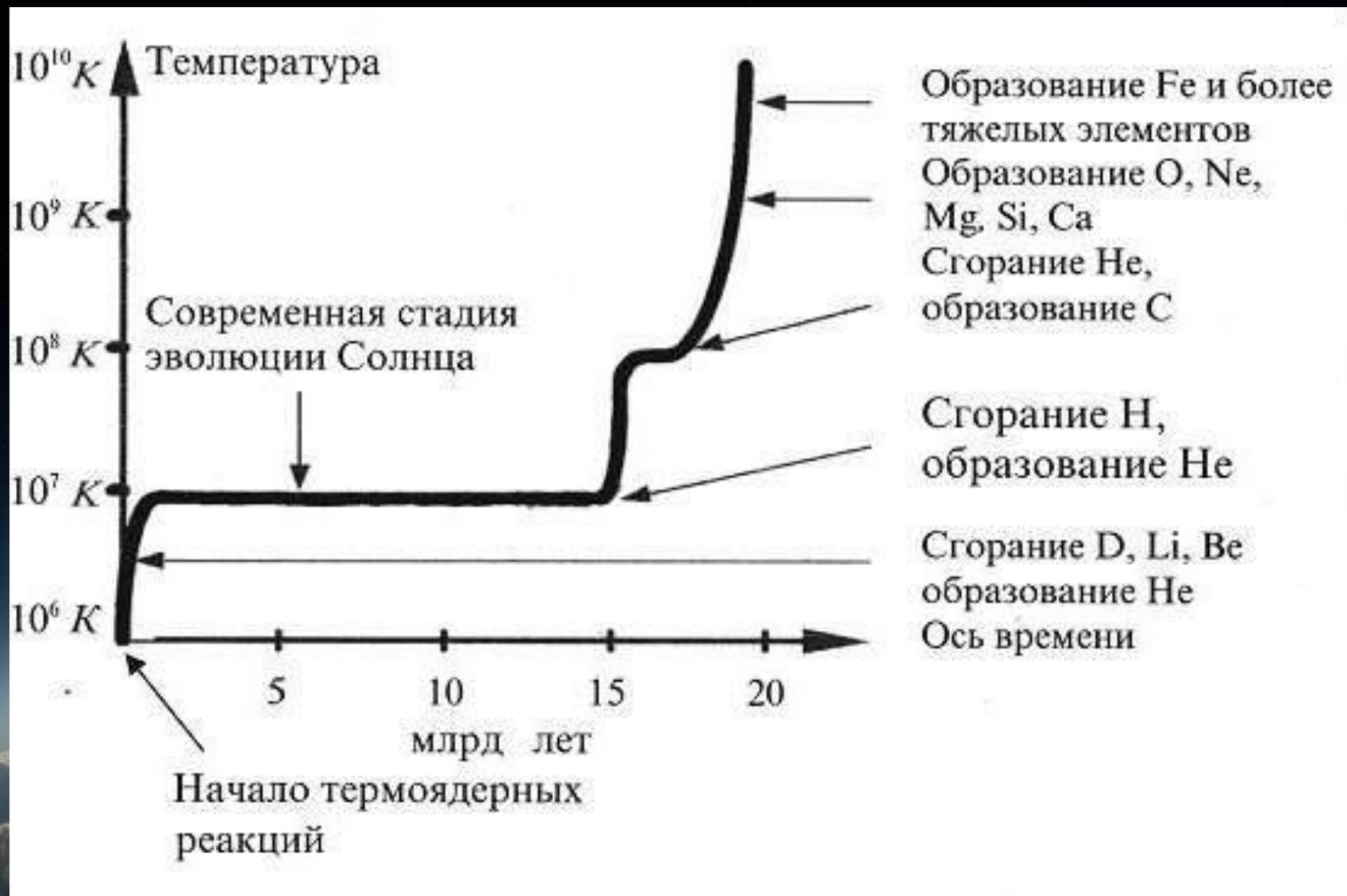
ядерное горение



Основная (гарвардская) спектральная классификация звёзд

Класс	Температура, К	Истинный цвет	Видимый цвет	Основные признаки
O	30 000—60 000	голубой	голубой	Слабые линии нейтрального водорода, гелия, ионизованного гелия, многократно ионизованных Si, C, N, A.
B	10 000—30 000	бело-голубой	бело-голубой и белый	Линии поглощения гелия и водорода. Слабые линии H и K Ca II.
A	7500—10 000	белый	белый	Сильная бальмеровская серия, линии H и K Ca II усиливаются к классу F. Также ближе к классу F начинают появляться линии металлов
F	6000—7500	жёлто-белый	белый	Сильны Линии H и K Ca II, линии металлов. Линии водорода начинают ослабевать. Появляется линия Ca I. Появляется и усиливается полоса G, образованная линиями Fe, Ca и Ti.
G	5000—6000	жёлтый	жёлтый	Линии H и K Ca II интенсивны. Линия Ca I и многочисленные линии металлов. Линии водорода продолжают слабесть, Появляются полосы молекул CN и CN.
K	3500—5000	оранжевый	желтовато-оранжевый	Линии металлов и полоса G интенсивны. Линии водорода почти не заметно. Появляются полосы поглощения TiO.
M	2000—3500	красный	оранжево-красный	Интенсивны полосы TiO и других молекул. Полоса G слабеет. Все еще заметны линии металлов.

График эволюции типичной звезды



В ходе эволюции звёзд синтезируются химические элементы вплоть до железа.

Основные термоядерные реакции в звездах

<i>Минимальная начальная масса звезды, M_{\odot}</i>	<i>Термоядерная реакция в ядре звезды</i>	<i>Последний синтезируемый химический элемент</i>	<i>Минимальная температура синтеза, млн К</i>
0,1	$4({}_1^1\text{H}) \rightarrow$	${}_2^4\text{He}$	10
2	$3({}_2^4\text{He}) \rightarrow$ $\rightarrow {}_4^8\text{Be} + {}_2^4\text{He} \rightarrow$ ${}_{6}^{12}\text{C} + {}_2^4\text{He} \rightarrow$	${}_{6}^{12}\text{C}$ ${}_{8}^{16}\text{O}$	100
4	$2({}_{6}^{12}\text{C}) \rightarrow {}_2^4\text{He}$	${}_{10}^{20}\text{Ne}$	600
5	$2({}_{6}^{12}\text{C}) \rightarrow$	${}_{12}^{24}\text{Mg}$	740
8	$2({}_8^{16}\text{O}) \rightarrow {}_2^4\text{He}$	${}_{14}^{28}\text{Si}$	1500
15	$2({}_{14}^{28}\text{Si}) \rightarrow$	${}_{26}^{56}\text{Fe}$	4000
20	${}_{26}^{56}\text{Fe} + \gamma \rightarrow$	$13({}_2^4\text{He}) + 4{}_0^1n$	6000



Время жизни звезды:

$M = 0,3M_{\odot}$ – 800 млрд лет

$M = M_{\odot}$ – 10 млрд лет

$M = 3M_{\odot}$ – 0,3 млрд лет

