

**Спектральная  
классификация  
звезд.**

**Диаграмма  
Герцшпрунга-  
Рассела**

# Спектральные классы звезд

## История открытий

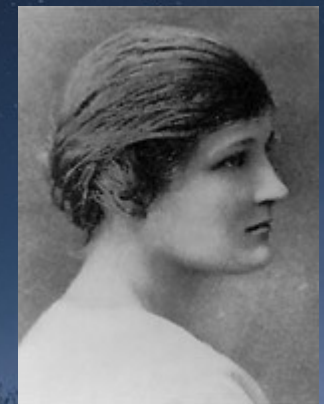
- К началу XX века уже были получены спектры нескольких сотен тысяч звезд.
- В 1897 г. Анни Кэнон (1863-1941) было поручено известным астрономом Пиккерингом классифицировать спектры звезд северного полушария.
- В 1924 был издан звездный каталог Генри Дрейпера (HD), 99% из 220000 звезд в котором были разбиты Кэнон по внешним признакам на 7 принципиально различных классов – O B A F G K M.
- Позже Кэнон разделила классы на десять подклассов (A0, A1, ..., A9) и в коллективе с несколькими ассистентами вручную за 4 года классифицировала 225300 звезд.



# Спектральные классы звезд

## История открытий

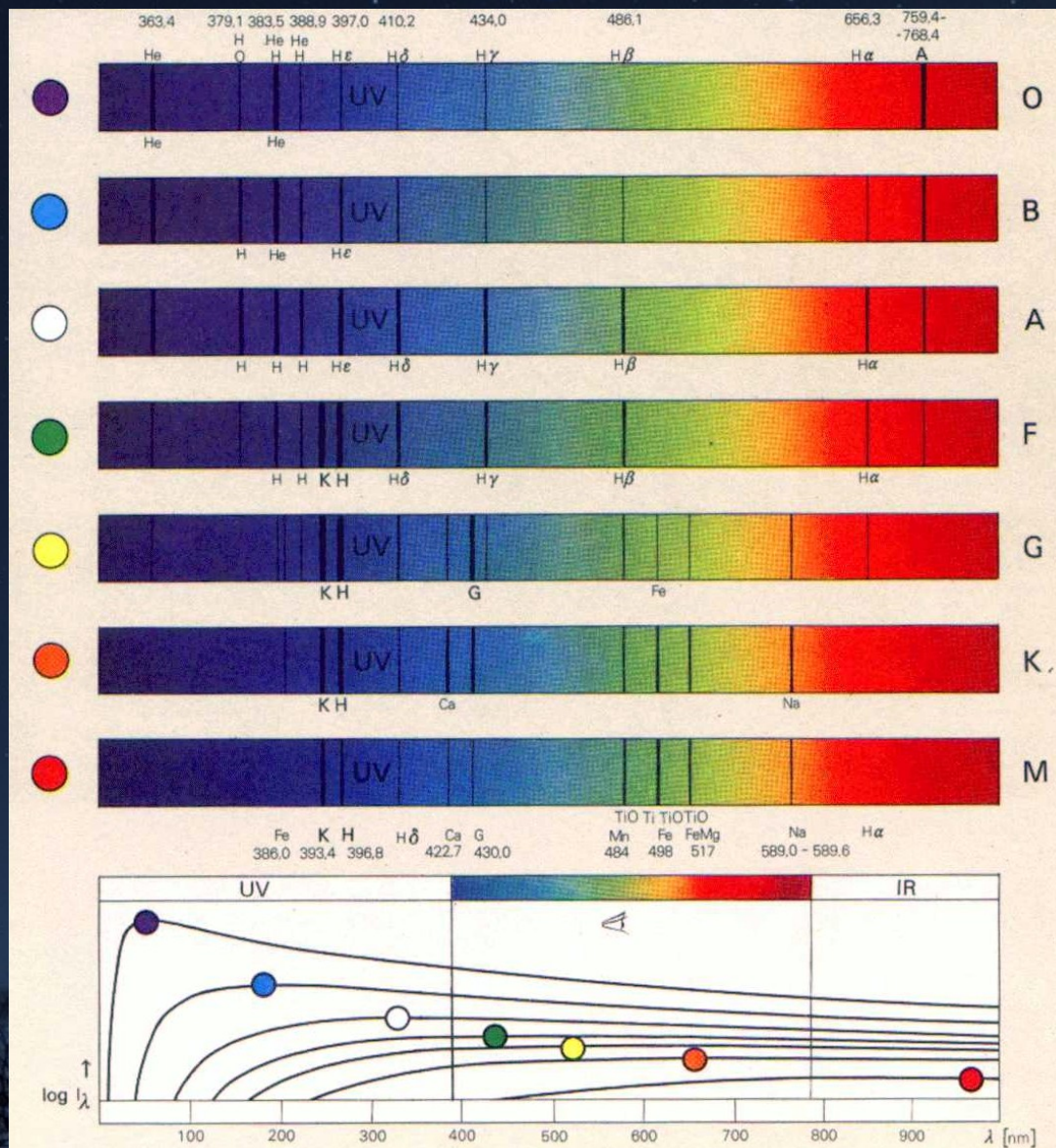
- В 1937г. Сесилия Пейн-Гапошкина из Гарварда (США) анализируя данные из каталога HD обнаружила, что спектральные классы звезд можно расположить в определенную последовательность, зависящую от эффективной температуры звезд.
- Она правильно заключила, что различие в линиях поглощения в спектрах звезд зависят не от преобладания тех или иных элементов в их атмосферах, а от степени их ионизации (температуры).
- Она правильно предположила, что в отличие от тяжелых элементах, водород и гелий преобладают в звездах.
- Сначала ее результаты были подняты на смех, но спустя некоторое время все астрономы согласились с ней.





# Спектральные классы звезд

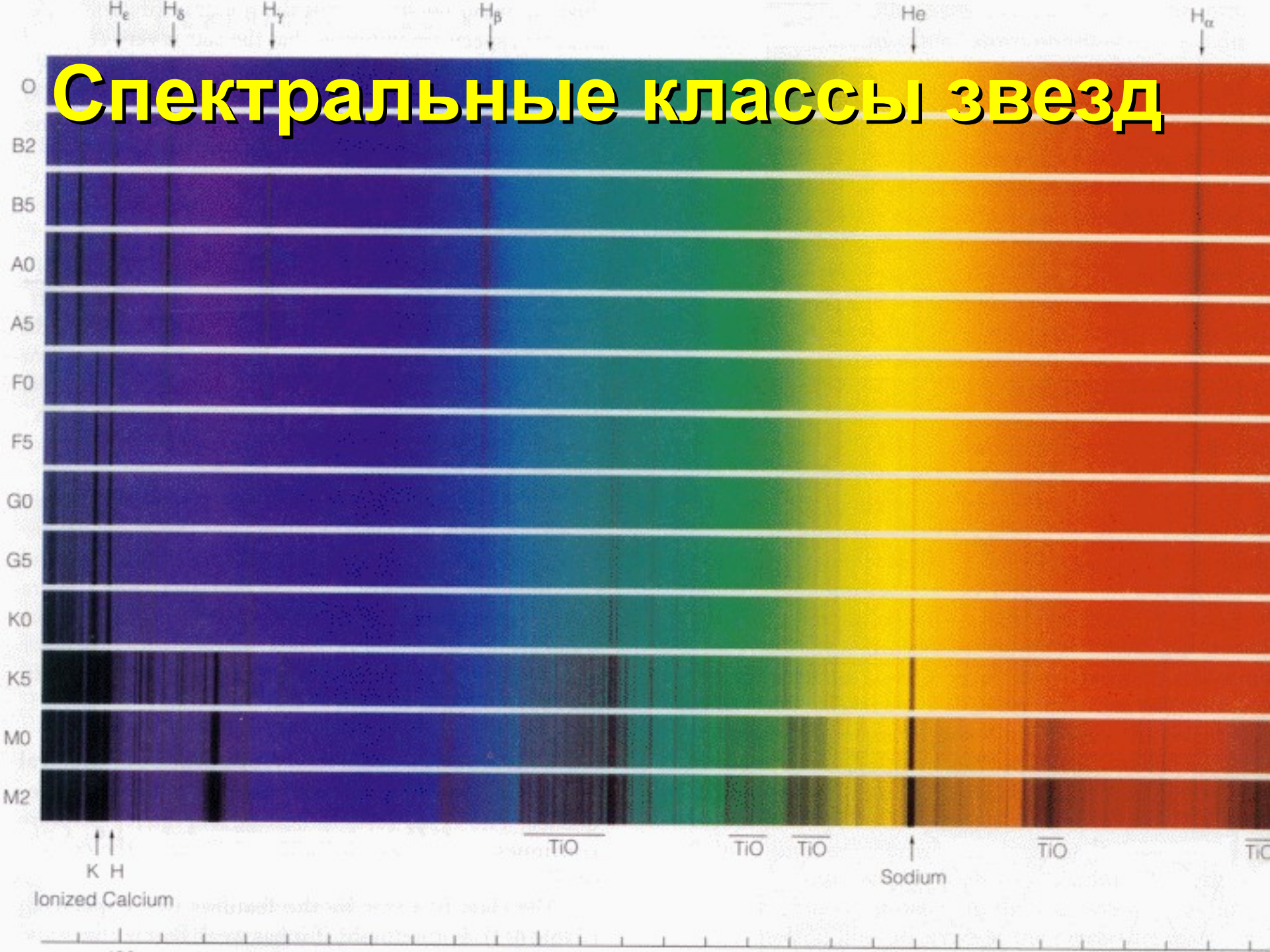
## Гарвардская классификация



# Спектральные классы звезд

- Для спектров звезд класса O характерно присутствие линий ионизованного Гелия He II и многократно ионизованных атомов азота, углерода, кислорода и кремния.
- В спектрах голубовато-белых звезд класса B интенсивны линии нейтрального гелия, и слабоионизованных азота, углерода, кислорода и кремния. Интенсивность линий водорода усиливается. Пример – Спика Девы.
- В спектрах белых звезд класса A линии водорода достигают наибольшей интенсивности, тогда как у гелия ослабляются. Хорошо видны линии нейтрального кальция, нейтрального железа. Пример – Вега и Сириус.
- Для спектров желтоавто-белых звезд класса F интенсивны водородные линии и многочисленные линии металлов. Пример – Процион ( $\alpha$  Малого Пса)
- Желтые звезды класса G (к которым относится Солнце), отличаются интенсивными линиями ионизованного кальция, многочисленными линиями металлов- железа, натрия, марганца, титана. Пример – Капелла ( $\alpha$  Возничего).
- В спектрах оранжевых звезд класса K много линий металлов, выделяются линии ионизованного кальция и сдвоенная полоса железа и титана. Пример- Арктур ( $\alpha$  Вознищего) и Альдебаран ( $\alpha$  Тельца)
- Красноватые звезды класса M выделяются линиями поглощения молекул TiO. Пример – Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона) и Антарес ( $\alpha$  Скорпиона).

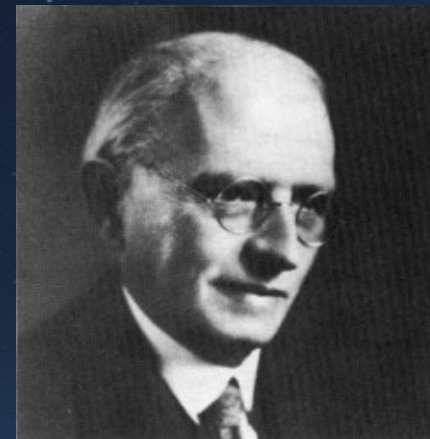
# Спектральные классы звезд



# Диаграмма Г-Р

## История открытия

- К началу XX века были определены расстояния до нескольких сотен звезд и тем самым были определены их светимости.
- В 1909-1913г.г. Эйнар Герцшпрунг (Дания) и Генри Норрис Рассел (США) произвели статистический анализ накопленных данных, сопоставив светимости стационарных звезд с их спектральными классами.
- В результате была построена диаграмма «спектр-светимость», или диаграмма Герцшпрунга-Рассела (Г-Р).
- Если бы зависимости между светимостями звезд и их спектральными классами не было, то звезды заполнили бы ее равномерно.
- На самом деле они образуют на ней несколько последовательностей.

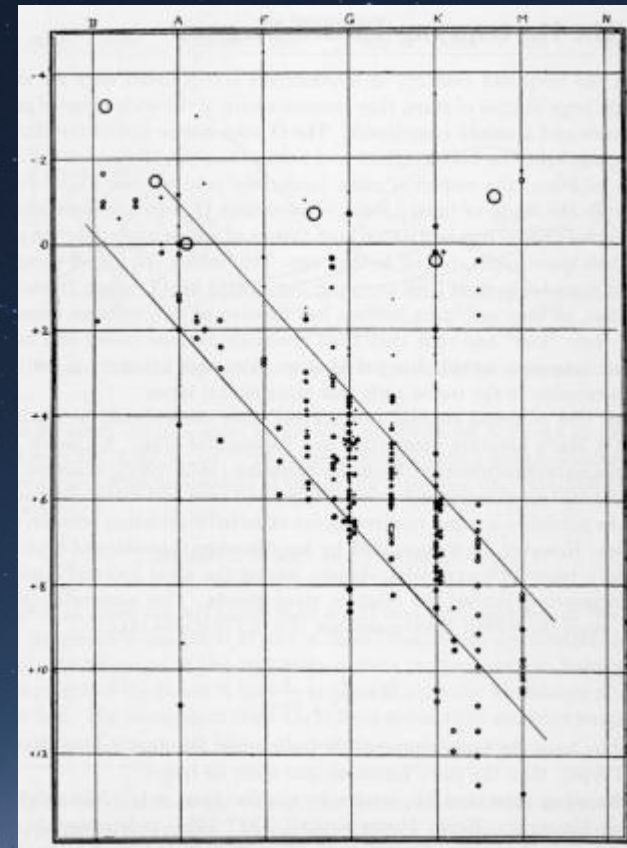




# Диаграмма Г-Р

## История открытия

- Как это нередко бывает в науке, диаграмма ГР была практически одновременно разработана двумя учеными.
- Генри Норрис Рассел пришел к основной идее диаграммы еще в 1909 году, однако работа его была опубликована лишь в 1913 году.
- Датчанин Эйнар Герцшпрунг пришел к тем же выводам несколькими годами раньше, однако опубликованы они были (в 1905-м и 1907 годах) в узкоспециализированном «Журнале научной фотографии» на немецком языке, и поэтому не были замечены астрономами.
- Вплоть до середины 1930-х годов эту диаграмму называли просто «диаграммой Рассела», пока не был обнаружен казус, после чего датчанину было воздано должное, и теперь диаграмма носит имена обоих ученых.



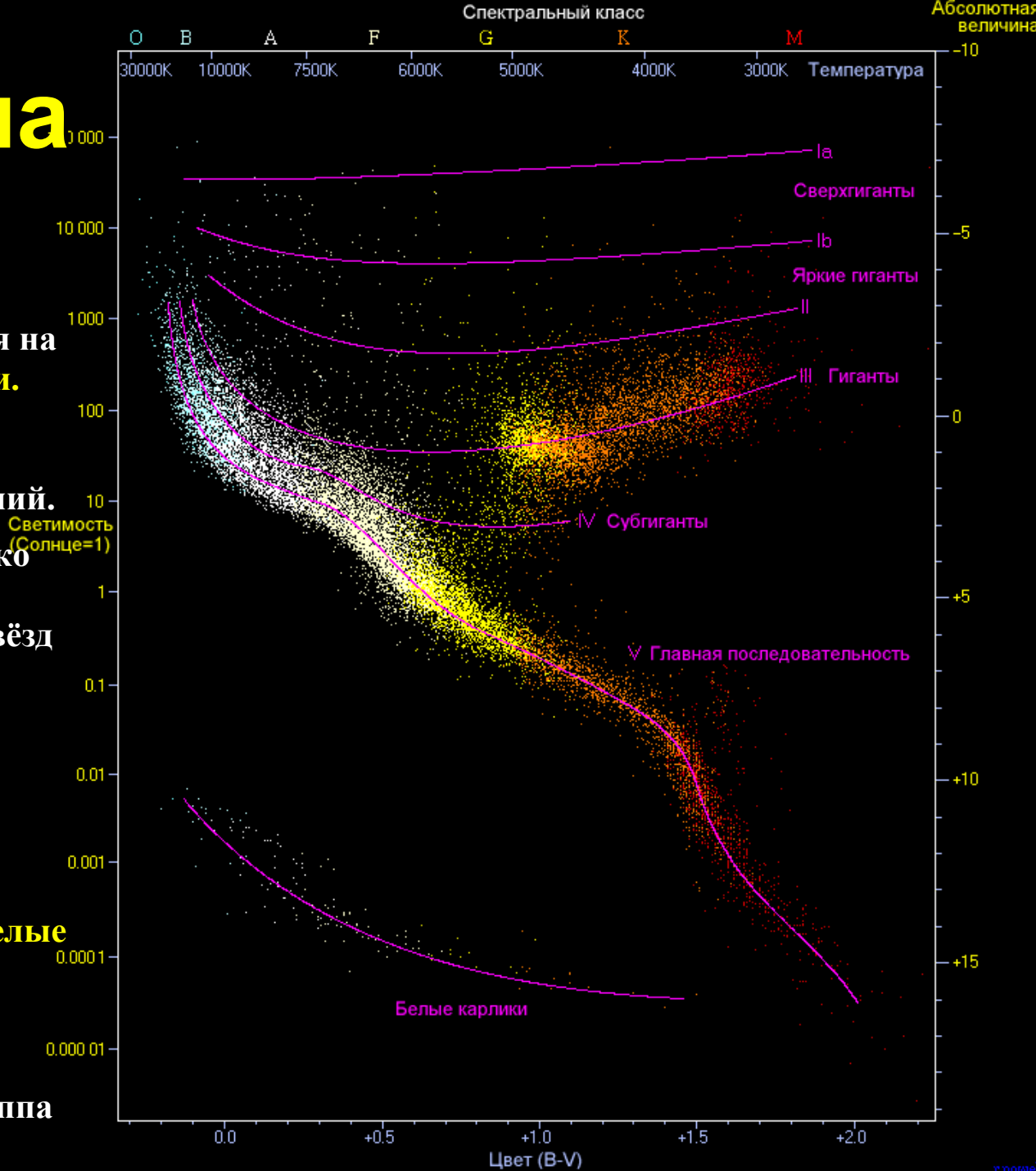
# Диаграмма Г-Р

- Около 90 % звёзд находятся на **главной последовательности**. Их светимость обусловлена ядерными реакциями превращения водорода в гелий.

- Выделяется также несколько ветвей проэволюционировавших звёзд - **гигантов**, в которых происходит горение гелия и более тяжёлых элементов.

- В левой нижней части диаграммы находятся полностью проэволюционировавшие **белые карлики**.

- Ниже и левее главной последовательности расположены **карлики** - группа мелких и холодных звезд.



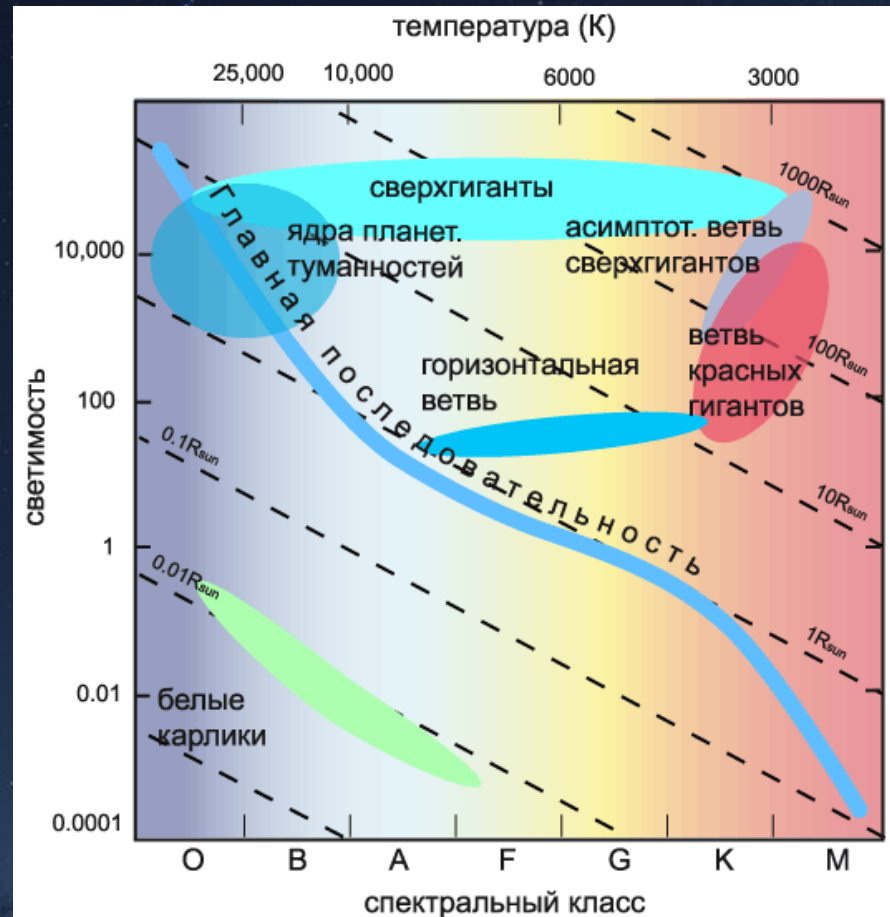
# Диаграмма Г-Р

## Последовательности

- Большинство звезд находится в пределах узкой полосы, идущей от левого верхнего угла диаграммы к правому нижнему. Это так называемая «главная последовательность» звезд.

- В верхнем правом углу группируются звезды в виде довольно беспорядочной кучи. Их спектральные классы - G, K и M, а абсолютные величины находятся в пределах (+2)-(-6). Они называются «красными гигантами».

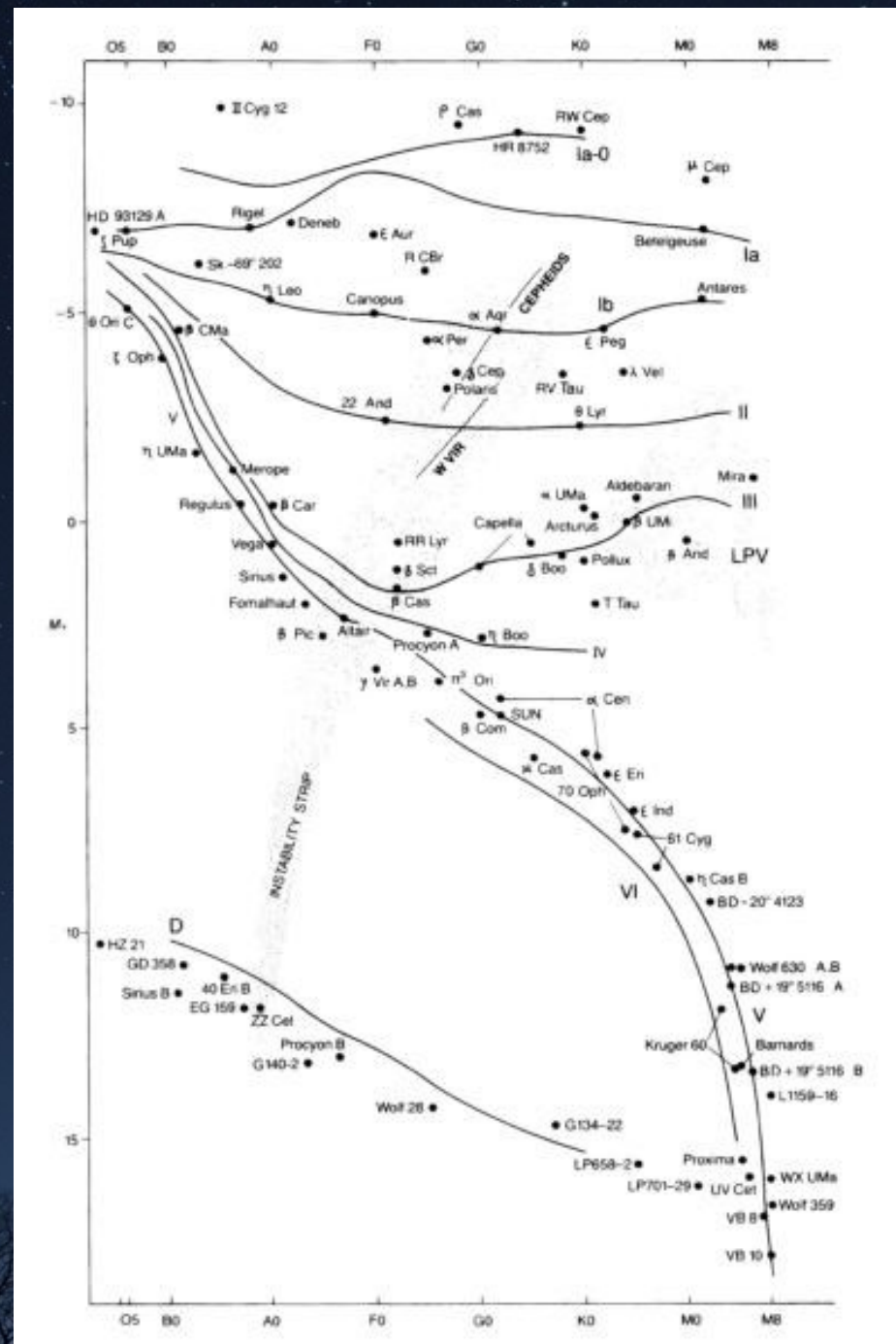
- В нижней левой части диаграммы находится небольшое количество звезд, чьи абсолютные величины слабее +10, а спектральные классы В - F. Это очень горячие звезды с низкой светимостью. Но низкая светимость при высокой поверхностной температуре может быть только тогда, когда радиусы звезд достаточно малы. Таким образом, там находятся звезды- т.н. “белые карлики”.



# Диаграмма Г-Р

## Классы светимости

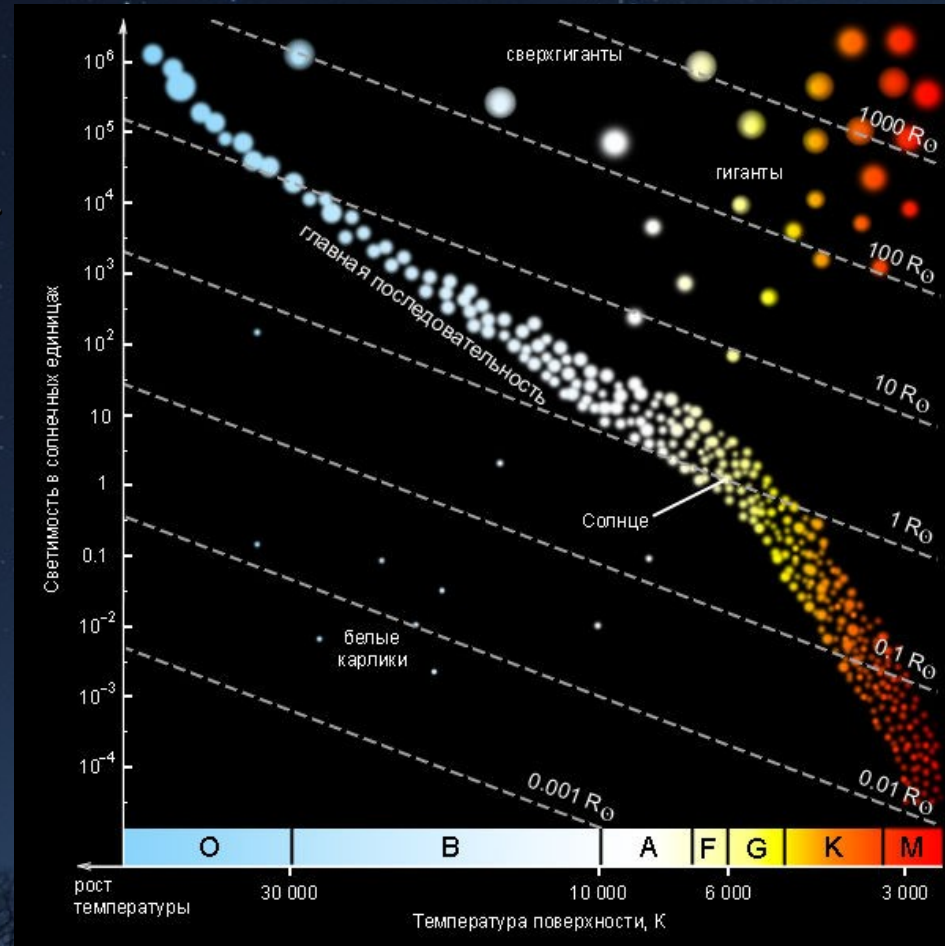
- Оказывается, звезды одинакового спектрального класса могут иметь разные светимости.
- В 1943 году В.В.Морганом и П.К.Кинаном были введены следующие классы светимости:
- сверхгиганты – I класс светимости;
- яркие гиганты – II класс светимости;
- гиганты – III класс светимости;
- субгиганты – IV класс светимости;
- звезды главной последовательности – V класс светимости;
- субкарлики – VI класс светимости;
- белые карлики – VII класс светимости.
- Класс светимости Моргана-Киннана (МК) принято указывать после спектрального класса звезды (G2V).



# Диаграмма Г-Р

## Размеры и массы классов

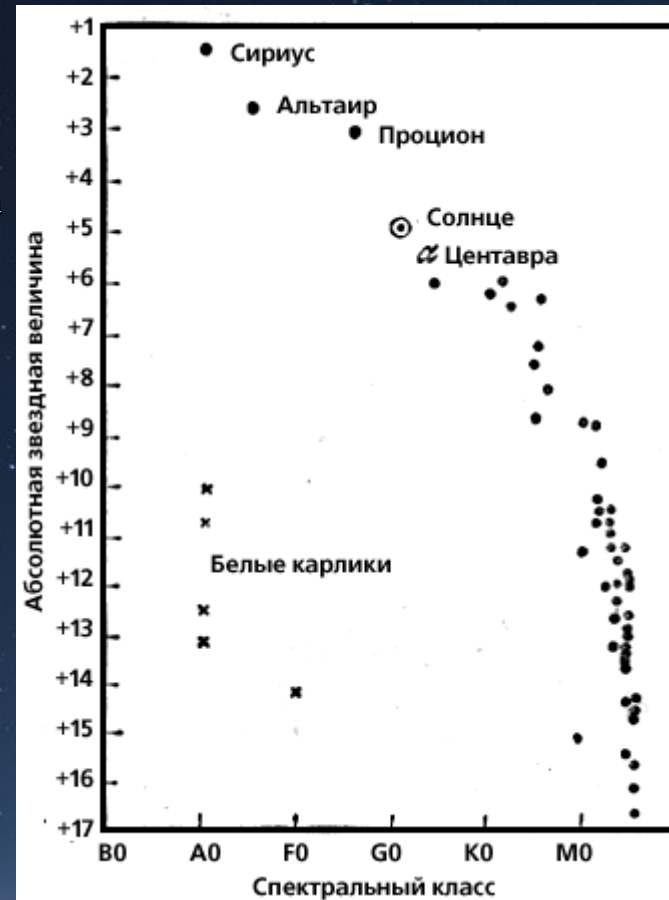
- Главная последовательность (ГП) - это последовательность звезд разной массы.
- Самые большие по массе звезды - голубые гиганты - располагаются в верхней части ГП.
- Самые маленькие по массе звезды - карлики - располагаются в нижней части ГП.
- Параллельно ГП, но несколько ниже ее располагаются субкарлики. Они отличаются от звезд ГП меньшим содержанием металлов
- Благодаря огромной площади поверхности, гиганты излучают неизмеримо больше энергии, чем нормальные звезды вроде Солнца, несмотря на то, что температура их поверхности значительно ниже.
- Напротив, размер нормальной красной звезды - карлика не превосходит одной десятой размера Солнца.



# Диаграмма Г-Р

## Численное распределение

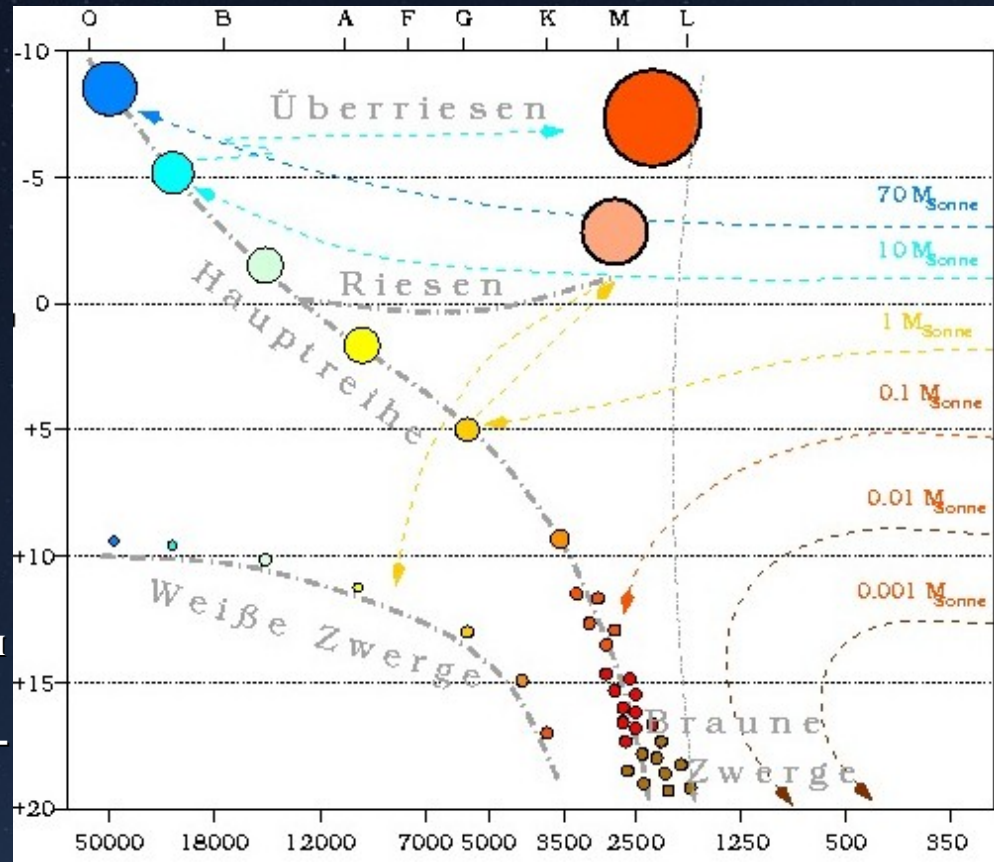
- Количество точек на диаграмме «спектр – светимость» не дает правильного представления об относительном количестве звезд различных классов в Галактике.
- Так, например, звезд-гигантов с высокой светимостью на этой диаграмме непропорционально много по сравнению с «карликами» низкой светимости.
- Это объясняется условиями наблюдений: благодаря высокой светимости гиганты видны с очень больших расстояний, между тем как значительно более многочисленные карлики на таких расстояниях очень трудно наблюдать.
- Представление об относительном количестве звезд разных последовательностей можно получить, если откладывать на диаграмме Г-Р звезды, находящиеся от Солнца на расстоянии  $< 5$  пс.
- В этом объеме радиусом 5 пс большинство звезд слабее и холоднее Солнца.
- Также в окрестностях Солнца присутствуют белые карлики, но нет ни одного красного гиганта.



# Диаграмма Г-Р

## Эволюция звезд

- Вообще, по диаграмме Герцшпрунга—Рассела можно проследить весь жизненный путь звезды.
- Сначала звезда главной последовательности (подобная Солнцу) конденсируется из газо-пылевого облака (см. Гипотеза газопылевого облака) и уплотняется до создания давлений и температур, необходимых для разжигания первичной реакции термоядерного синтеза, и, соответственно появляется где-то в основной последовательности диаграммы ГР.



- Пока звезда горит (запасы водорода не исчерпаны), она так и остается (как сейчас Солнце) на своем месте в основной последовательности, практически не смещаясь.
- После того, как запасы водорода исчерпаны, звезда сначала перегревается и раздувается до размеров красного гиганта или сверхгиганта, отправляясь в правый верхний угол диаграммы, а затем остывает и сжимается до размеров белого карлика, оказываясь слева внизу.

# Спектральные классы звезд

## Список литературы

- М.М. Дагаев и др. *Астрономия* – М.: Просвещение, 1983
- П.Г. Куликовский. *Справочник любителя астрономии* – М. УРСС, 2002
- М.М. Дагаев, В.М. Чаругин “*Астрофизика. Книга для чтения по астрономии*” - М.: Просвещение, 1988г.
- А.И. Еремеева, Ф.А. Цицин «*История Астрономии*» - М.: МГУ, 1989г.
- [http://ru.wikipedia.org/wiki/Спектральные\\_классы\\_звезд](http://ru.wikipedia.org/wiki/Спектральные_классы_звезд) «Спектральные классы звезд»
- <http://www.astronet.ru/db/msg/1188687> «Спектральные классы звезд»