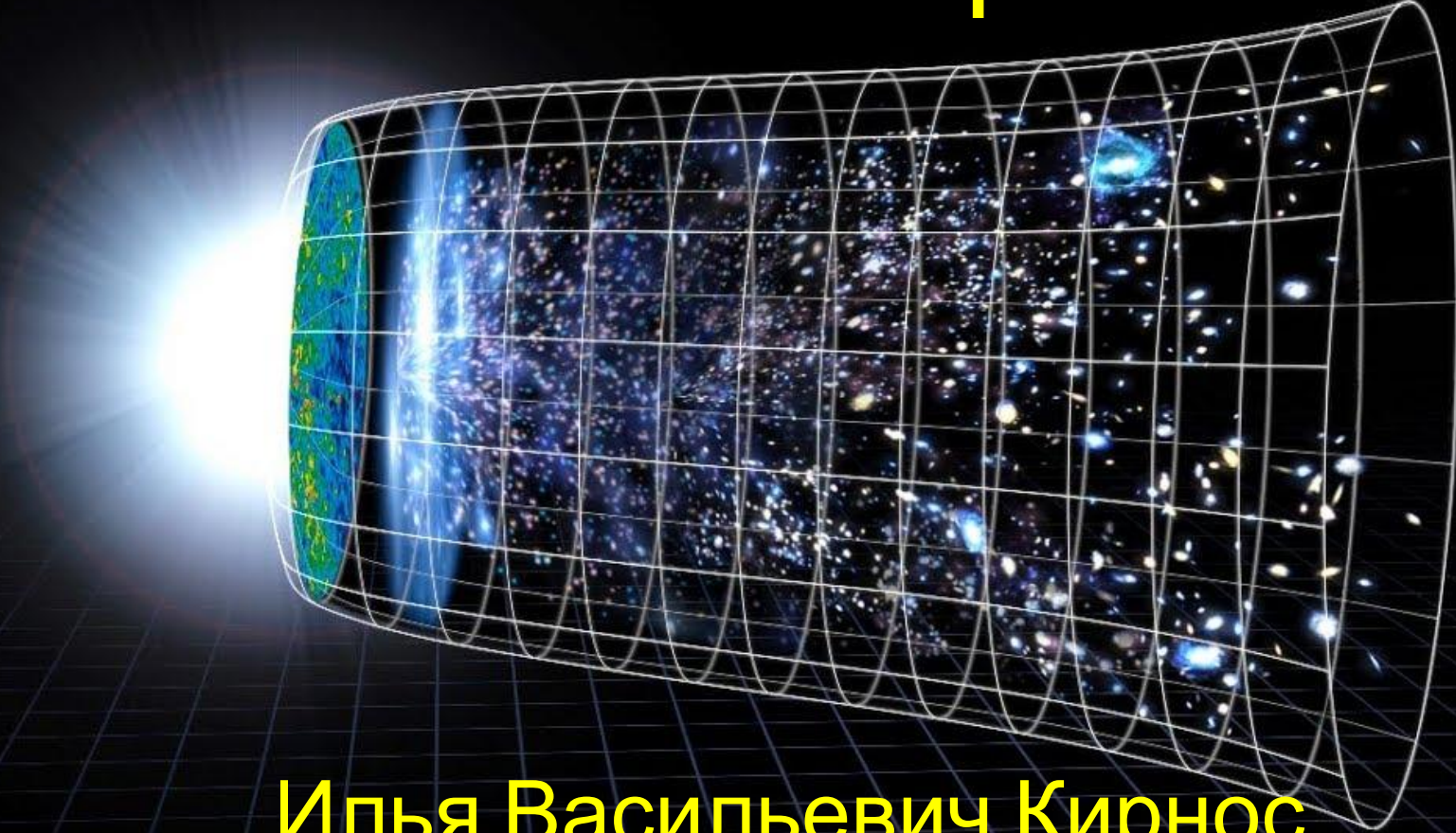


# Строение и эволюция Вселенной



**Илья Васильевич Кирнос**

старший научный сотрудник лаборатории теоретической и  
математической физики ТГУ,

кандидат физико-математических наук



В древности бытовало множество нелепых представлений  
о Мироздании...





Одно время Землю считали плоской и накрытой куполом, по которому перемещаются небесные светила.





Однако люди заметили, что Солнце, уже скрывшееся за горизонтом, продолжает освещать верхушки деревьев, вершины гор, облака...





А если забраться на дерево или на гору, то горизонт отодвигается. Также он постоянно отодвигается, если идти по равнине.

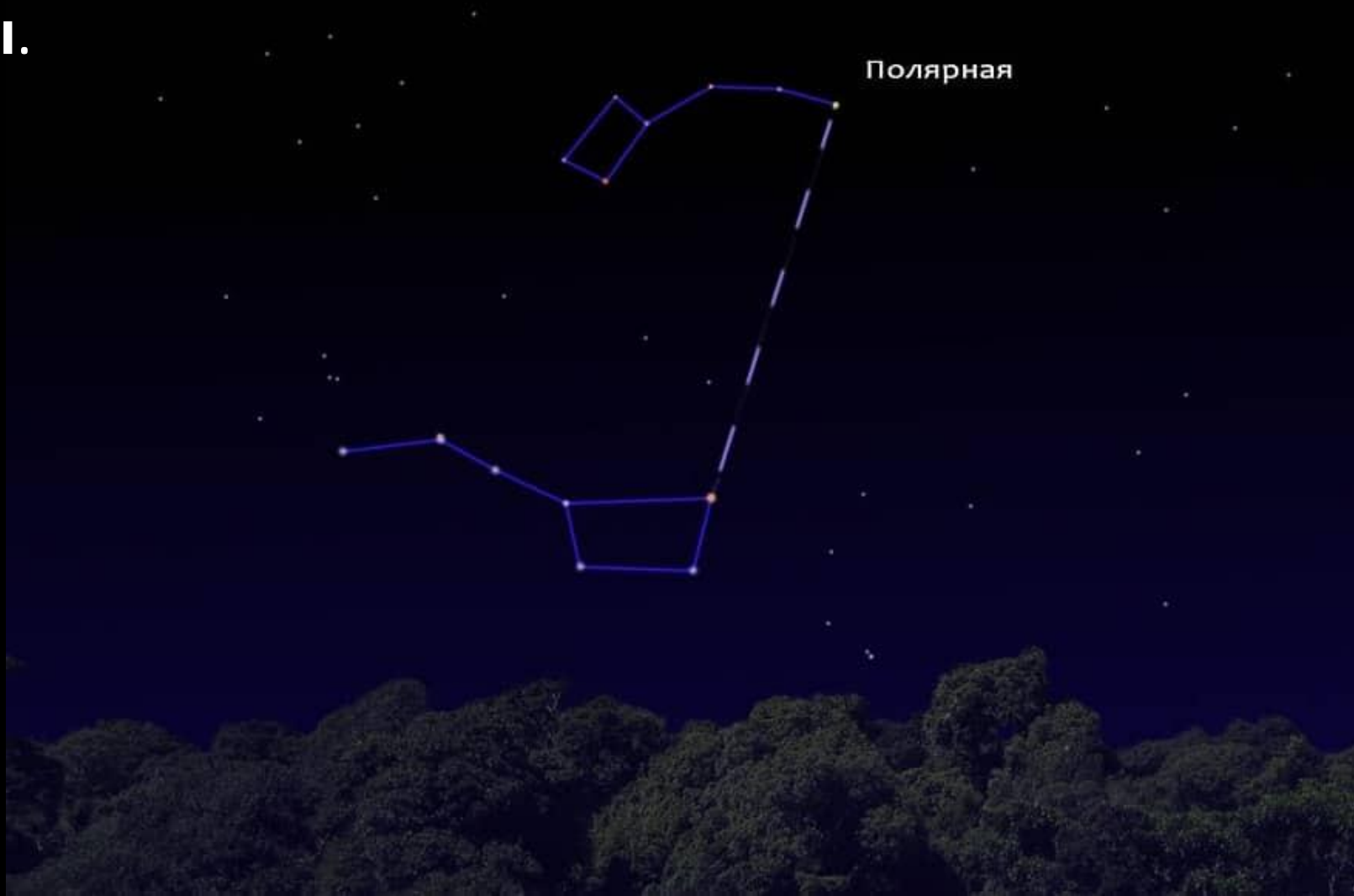




Все эти наблюдения указывали на то, что поверхность Земли является выпуклой. Поэтому Землю стали изображать в виде такого острова с выпуклой поверхностью.



Однако выяснилось, что Полярная звезда в разных местах Земли находится на разной высоте над горизонтом, однако сила тяжести всегда направлена под прямым углом к горизонту. Значит, направление силы тяжести в разных местах Земли различно и **направлено к центру её кривизны.**



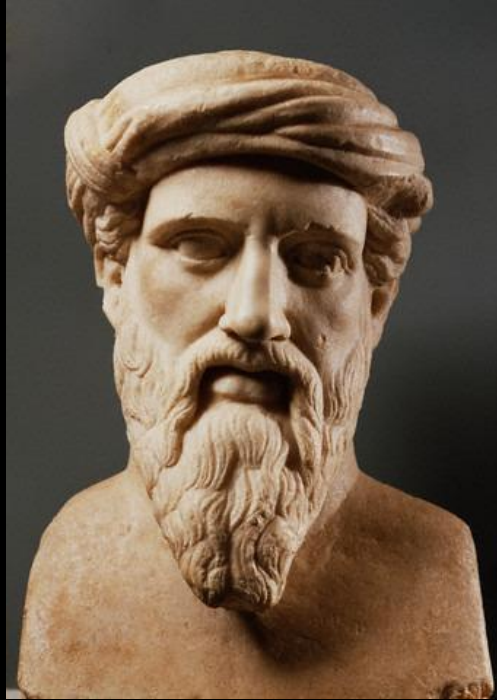
Лунное затмение происходит тогда, когда на Луну падает тень от Земли. И эта тень имеет округлую форму, причём всегда одной и той же кривизны. Это и доказывает, что Земля со всех сторон одинаково округла, т.е. **шарообразна**.





А такой тени Земли на Луне никто никогда не видел...





**Пифагор  
Самосский**  
(ок. 570–490 гг. до н.  
э.)

Итак, выяснилось, что Земля шарообразна и находится в пространстве без всякой опоры, а сила тяжести направлена к центру Земли.

Считается, что эту мысль первым высказал древнегреческий мыслитель, религиозный и государственный деятель, математик Пифагор Самосский.

Довольно скоро это утверждение стало общепризнанным (среди греческих мыслителей...).





**Клавдий Птолемей**  
(ок. 90 – ок. 160 гг. н. э.)

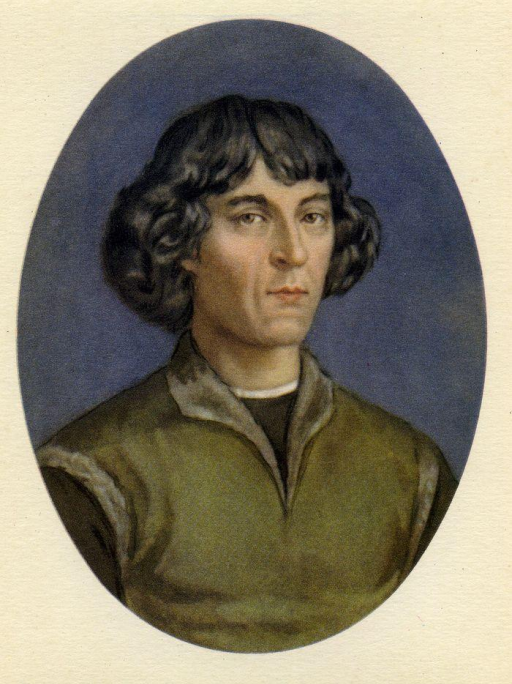
Геоцентрическая система мира получила своё математическое оформление в труде **Клавдия Птолемея**. Согласно системе Птолемея, в центре Вселенной находится неподвижная Земля, а вокруг неё вращаются все светила, причём сложные движения планет объясняются тем, что планеты вращаются вокруг неких невидимых точек, которые, в свою очередь,



и.

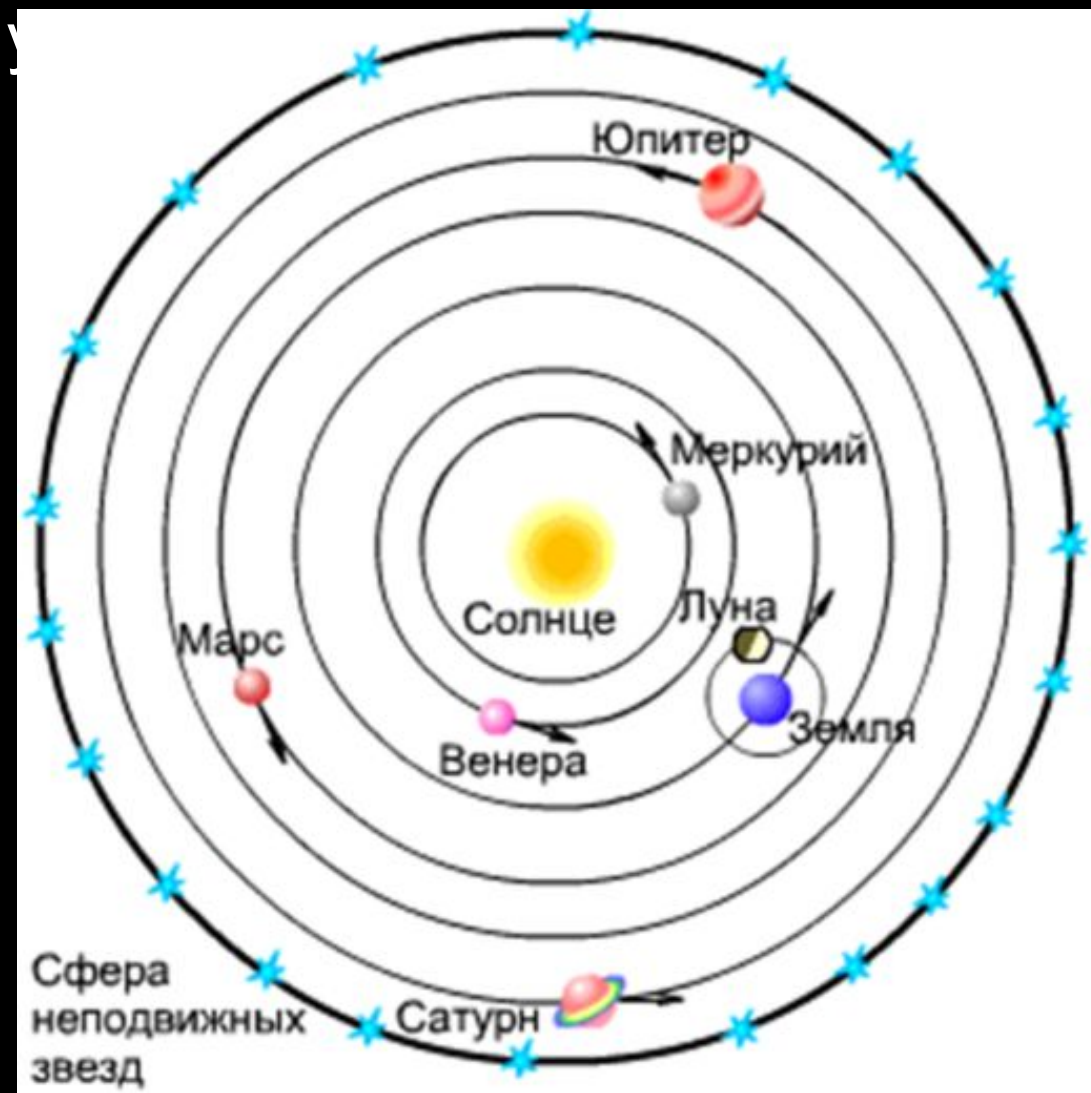


Петлеобразное движение  
Марса



**Николай  
Коперник  
(1473–1543)**

Тысячу лет спустя **Николай Коперник** обнаружил, что движения планет объясняются гораздо проще, если считать, что планеты (и Земля) обращаются вокруг Солнца. Эта система, получившая название гелиоцентрической, за несколько веков надёжно у





# Открылась бездна, звезд полна...



**Джордано Бруно**  
(1548–1600)

Итальянский мыслитель Джордано Бруно не сделал ни одного астрономического открытия, но высказал ряд блестящих мыслей, «расширяющих границы Вселенной».

Он утверждал:

- планеты не закреплены на прозрачных сферах, а свободно летят в пространстве;
- в Солнечной системе, кроме видимых планет, есть множество тел, невидимых человеческому глазу;
- Звёзды — далёкие солнца, у которых есть свои планеты, на которых тоже есть жизнь.

Все эти утверждения (кроме утверждения об

инопланетной жизни) к настоящему времени

подтверждены астрономией.

**Мученики взламывают двери истории.** Бруно отказался отречься от своих «еретических» воззрений и был приговорён к смертной казни через сожжение заживо.

# Галактика



**Вильям  
Гершель**  
(1738–1822)

Проводя обзоры звёздного неба, Вильям Гершель заметил, что звёзды распределены по небесной сфере неравномерно: если сравнить два участка одинаковой угловой величины, то окажется, что в том участке, который ближе к Млечному пути, количество звёзд больше.

Этому могло быть два объяснения:

- Либо звёзды в области Млечного пути объективно гуще располагаются в пространстве,
- Либо в направлении Млечного пути звёздная система продолжается достаточно далеко, а в перпендикулярном направлении её размеры невелики.

Сам Гершель проводил аналогию с лесом: если в одном направлении он выглядит гуще, чем в другом, то либо деревья в самом деле растут гуще, либо во втором направлении близко опушка.



# Галактика

Чтобы сделать выбор между этими двумя возможностями, требовалось измерить расстояния до звёзд. К сожалению, метод тригонометрического параллакса ещё не позволял это сделать. Никаких других методов измерения расстояний до звёзд тоже не было.

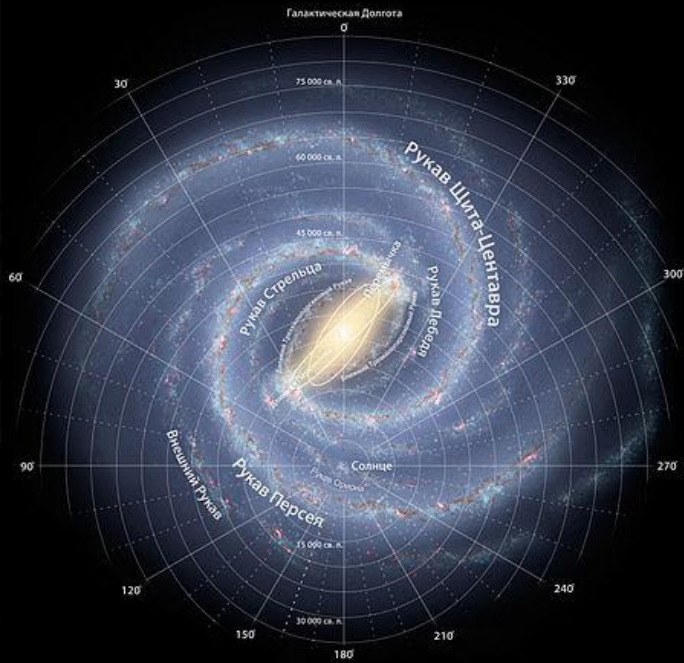
Поэтому Гершель решил исходить из допущения, что все звёзды имеют одинаковую светимость. Значит, чем более слабой выглядит звезда, тем она дальше.

Действуя таким образом, он пришёл к выводу, что звёздная система, в которой мы живём, имеет форму жёрнова диаметром 850 расстояний Солнце—Сириус и толщиной 200 таких расстояний.

В качестве названия этой системы Гершель взял греческое слово «Галактика», означающее Млечный путь.



# Строение Галактики

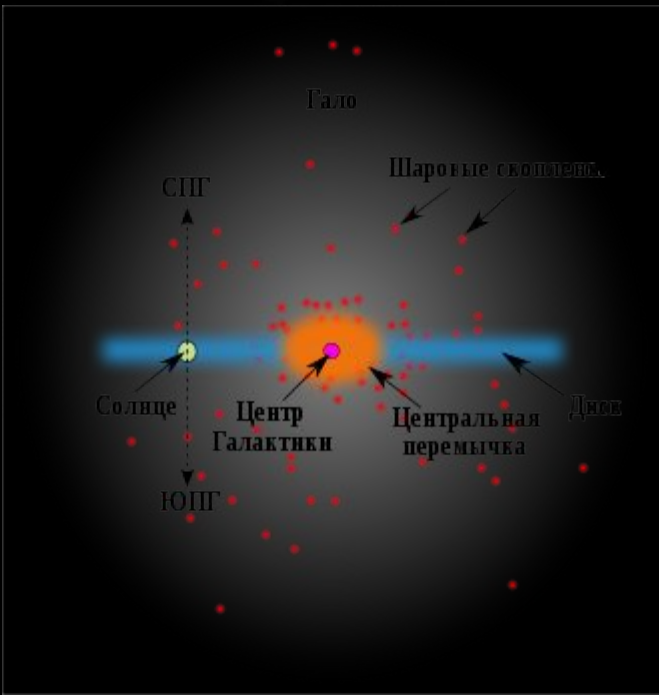


По современным данным, диаметр диска Галактики составляет около 100 000 световых лет, а толщина — около 1 000 (3 000 в центральной области), масса — порядка триллиона масс Солнца.

В центре имеется сверхмассивная чёрная дыра массой около 4 млн масс Солнца.

Центральная часть образует перемычку между спиральными рукавами — областями более высокой плотности.

Большую часть массы Галактики составляет невидимое «тёмное вещество», проявляющее себя только тяготением. Его природа до сих пор не ясна.





# Другие галактики

Помимо звёзд, Гершель наблюдал в разных частях неба туманности, некоторые из которых по-видимому также имели форму плоского диска.

Он предположил, что это звёздные системы, подобные нашей Галактике. Однако даже в начале двадцатого века это утверждение подвергалось сомнению. Причина проста: расстояний до этих объектов никто не знал.

Если слово «Галактика» написано с большой буквы (не в начале предложения), то оно означает нашу Галактику, которая также имеет название Млечный Путь; галактики с малой буквы — все прочие.





**Эдвин Пауэлл  
Хаббл**

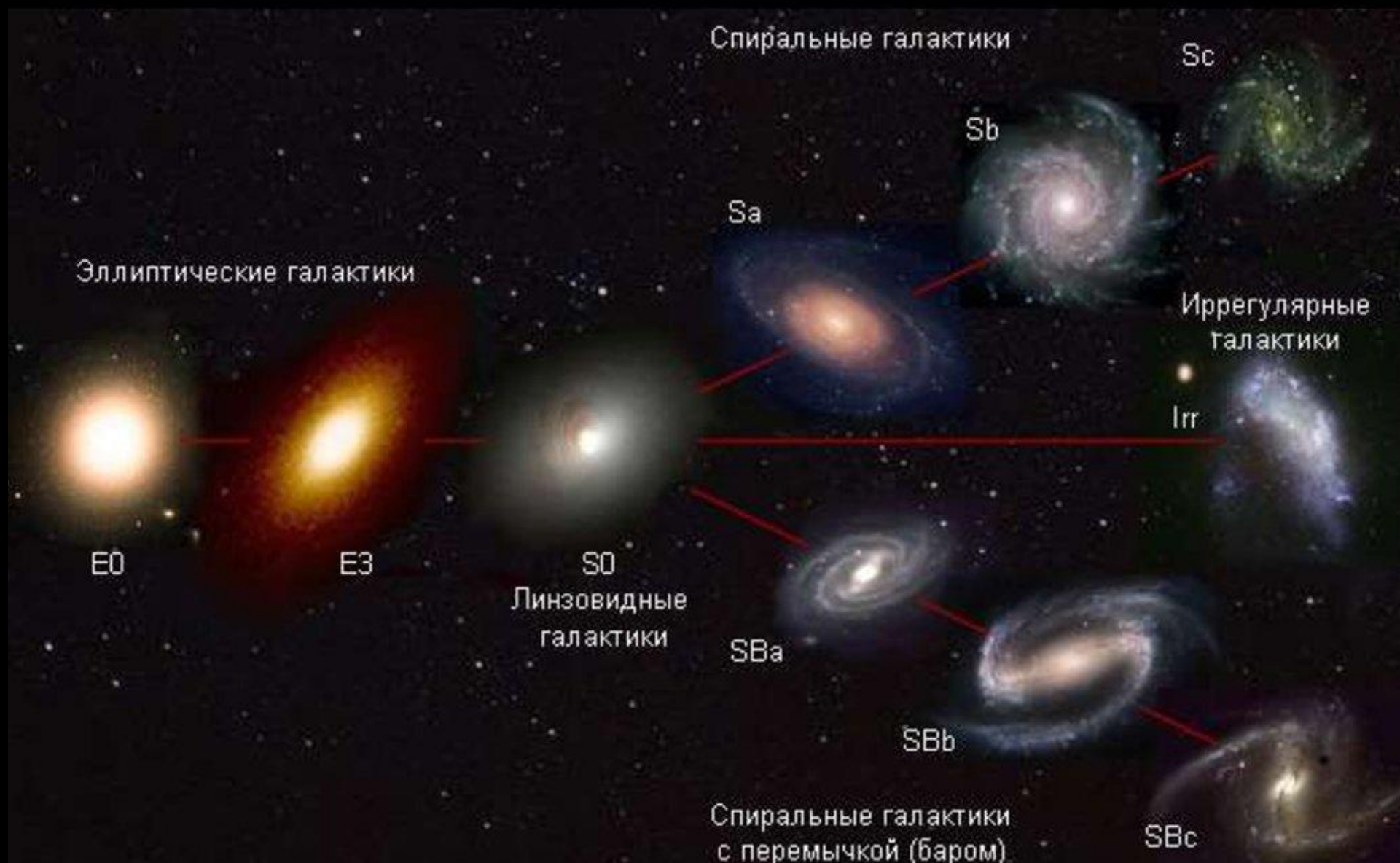
В 1920-е гг. Эдвин Хаббл измерил расстояния до некоторых «подозрительных» туманностей. Эти расстояния оказались больше размеров Галактики. Тем самым было доказано, что они представляют собой отдельные звёздные системы, подобные Млечному Пути.

Кроме того, оказалось, что помимо спиральных галактик существуют и галактики иного вида: эллиптические, линзовидные и неправильные.

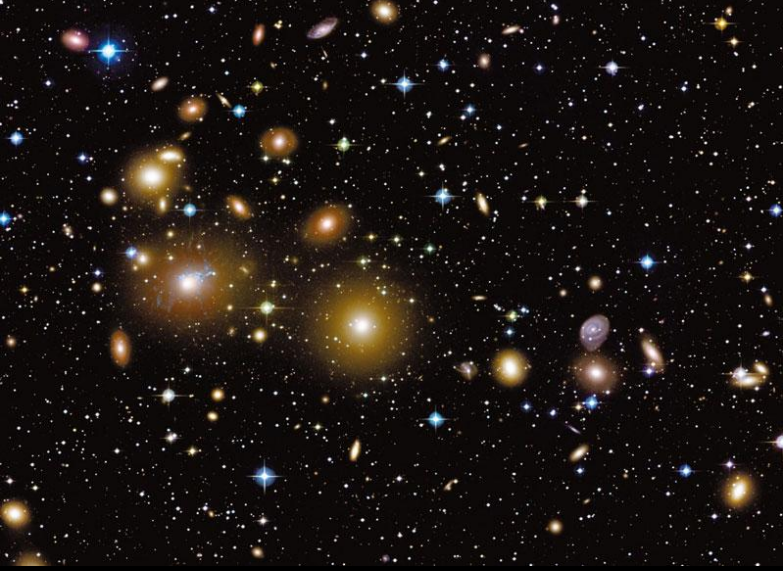




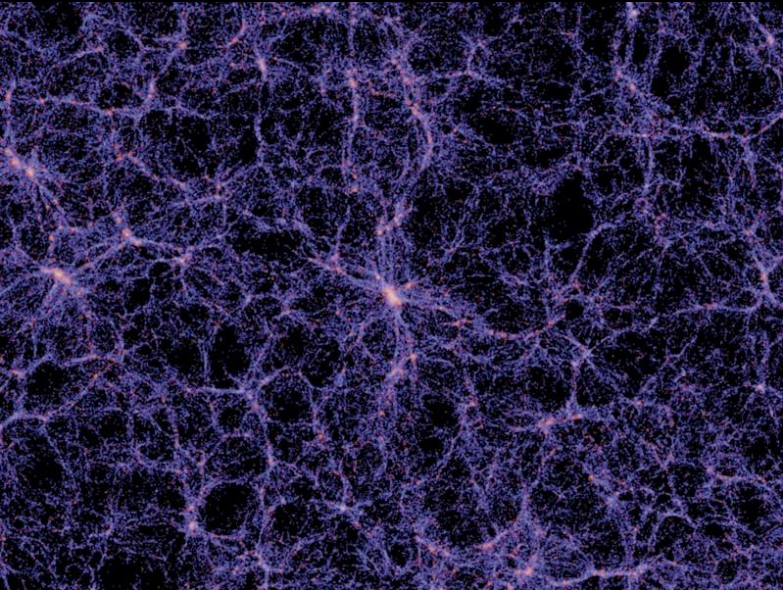
# Классификация галактик Хаббла



# Распределение галактик в пространстве



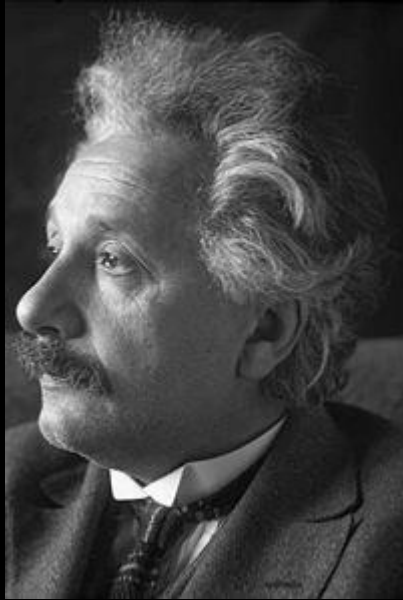
Дальнейшие (и предшествующие — начиная с Гершеля) наблюдения показали, что галактики распределены в пространстве не равномерно, а собраны в скопления, скопления — в сверхскопления, а в самом крупном масштабе структура такова: имеются огромные пустоты («войды») размером в десятки и сотни миллионов световых лет, а галактики размещаются между ними, вдоль их границ.





# Общая теория относительности

В 1916 году было в общих чертах завершено создание общей теории относительности (ОТО), которая открыла принципиально новые возможности для космологических исследований.



**Альберт Эйнштейн**  
(1879–1955)



**Марсель  
Гроссман**  
(1878–1936)



**Давид Гильберт**  
(1862–1943)

# Релятивистская космология

В 1917 г. Эйнштейн обнаружил, что уравнения ОТО не допускают существования «неподвижной» Вселенной: Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься.

Чтобы этого избежать, он ввёл в уравнения космологическую постоянную.



**Александр  
Александрович  
Фридман**

В 1922–1924 гг. Фридман получил космологические решения уравнений ОТО для пространств различной кривизны.

Для сопоставления своих выводов с наблюдениями он воспользовался предположением, что спиральные туманности в различных частях неба являются отдельными галактиками. Наблюдения показывали, что большинство из них удаляются от нас. Значит, заключил Фридман, Вселенная действительно





**Эдвин Пауэлл  
Хаббл**  
(1889–1953)

## Закон Хаббла

Измерив расстояния до нескольких десятков галактик и скорости их удаления от нас (в некоторых случаях — приближения), в 1929 г. Хаббл сформулировал закон, согласно которому галактика удаляется от нас тем быстрее, чем она дальше, причём скорость прямо пропорциональна расстоянию.

Важно отметить, однако, что скорости галактик измеряются только путём измерения красного смещения, которое может быть вызвано не только «убеганием» галактик, но и гравитацией, а также свойствами света или самого пространства, проявляющимися только в космологических масштабах.

Впрочем

# Теория Большого Взрыва

Раз Вселенная расширяется, то «отматывая назад» это расширение, мы приходим к выводу, что когда-то в прошлом вещество Вселенной было в очень плотном и, следовательно, очень горячем состоянии. Это начало расширения Вселенной получило название Большой Взрыв.



**Георгий Антонович  
Гамов**  
(1904–1968)

В конце 1940-х Гамов и его сотрудники пришли к выводу, что это горячее вещество должно было оставить после себя излучение, которое к настоящему времени перешло в радиодиапазон. Это излучение, получившее название реликтового (cosmic microwave background), было открыто в 1965 г. Арно Пензиасом и Робертом Уилсоном при изучении фоновых шумов радиотелескопа.

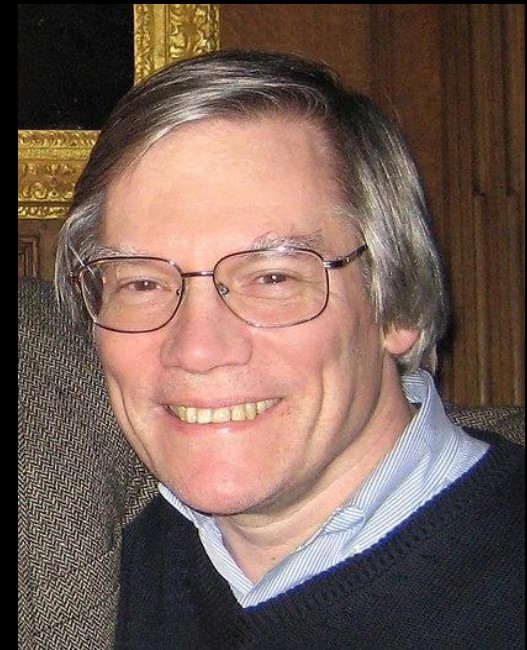


# Космологическая инфляция

К концу 1970-х исследователи осознали, что сложившая к тому времени космологическая модель не объясняет происхождение многих свойств наблюдаемой Вселенной, например, плоскостности пространства и однородности. Для разрешения этих проблем была разработана т.н. теория космологической инфляции — ускоренного расширения Вселенной на раннем этапе.



**Алексей Александрович  
Старобинский**

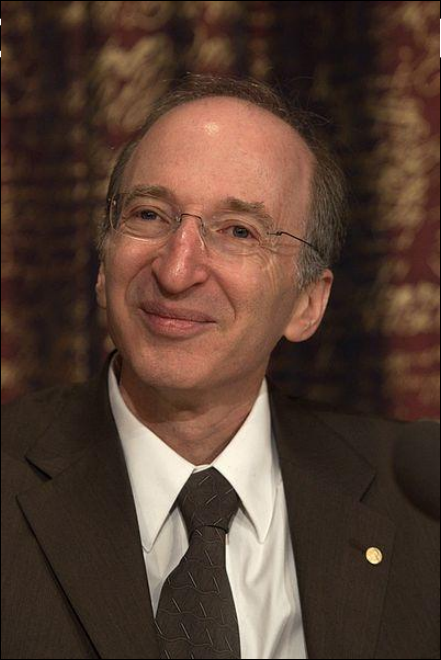


**Алан Гут  
(р. 1947)**

# Современное ускоренное расширение Вселенной

Разработка метода измерения расстояний с помощью сверхновых класса Ia позволила довольно точно измерить скорость расширения Вселенной в настоящее время и в предшествующие несколько миллиардов лет.

В 1998 году выяснилось, что последние 5 млрд лет Вселенная расширяется ускоренно, а пер



**Сол  
Перлмуттер**  
(р. 1959)



**Брайан Шмидт**  
(р. 1967)



**Адам Рис**  
(р. 1969)



# История расширения Вселенной

