

# Масштабы Вселенной:

- Расстояния и размеры
- Массы
- Времена

Преподаватель физики ГАПОУ  
«БСК» Куцевалова Ю. С.

# Расстояния – шагом марш!

Мы привыкли не задумываться о величине нашей Вселенной... Совершим пешую прогулку или поездку по ней?

Наши самые быстрые сверхзвуковые пассажирские самолеты летают со скоростью приблизительно 2000 километров в час, скорость обычного автомобиля – 100 км в час, пешехода – 5 км в час. Как долго мы путешествовали бы хотя бы по ближайшим окрестностям Вселенной?

– Орбита Луны проходит в 385 000 км. от Земли.

Путешествие на самолете заняло бы на самолете 8 дней, на автомобиле – 160 дней, пешком – 9 лет! Впрочем, свет проходит данное расстояние всего за 1,3 секунды.

– Солнце - на расстоянии 149 664 900 километров. И теперь уже – даже на самолете до Солнца нам добираться 8 с половиной лет, на автомобиле – 170 лет, а пешком – более 3 тысяч лет!

Впрочем, свет проходит данное расстояние 500 секунд – 8 минут и 20 секунд!

Ближайшая звезда – Проксима Центавра – расположена на расстоянии 4.3 световых года. То есть луч света со скоростью 300 тыс км сек идет оттуда более 4 лет.

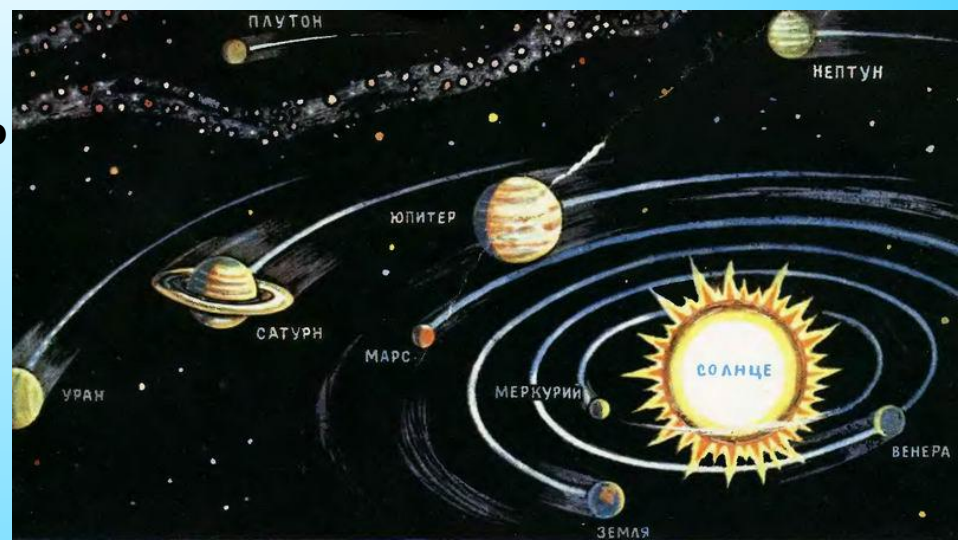
– на самолете – более 2 млн лет,

– на автомобиле – 46 млн лет,

– Пешком – более 900 млн лет!

За все время существования Вселенной пешком мы прошли бы лишь около 60 св. лет!

А ведь до ее видимого края – 13.7 млрд. св. лет...



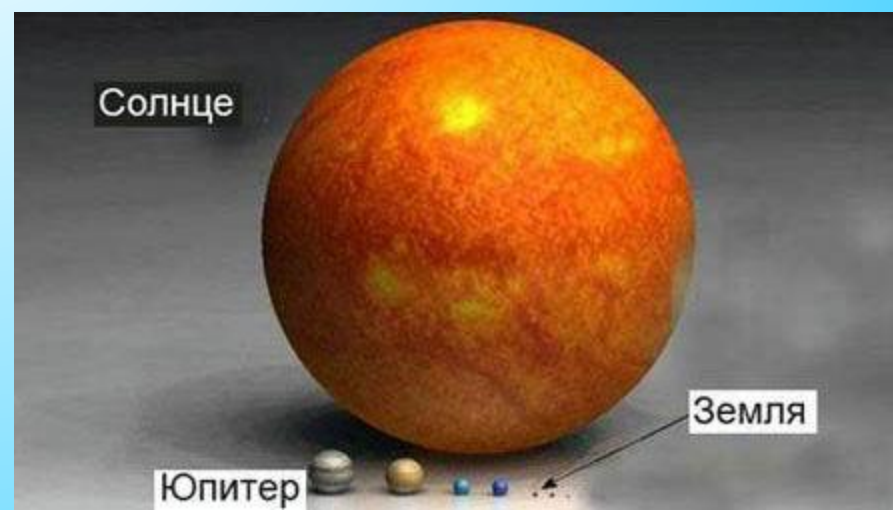
# Расстояния: шаг второй.

Представим Солнце шаром размером в 1 метр (по пояс человеку).

Тогда в этом масштабе:

- Земля – в 100 метрах от него, размером примерно с мелкую вишню (8 мм),
- Юпитер, размером с крупный апельсин (около 10 см), будет на расстоянии 500 метров.
- Плутон будет на расстоянии около 4 км.
- ближайшая звезда Проксима Центавра в этом масштабе будет от Солнца в 25 тысяч км.

Многовато, уменьшим масштаб!



# Расстояния: шаг третий.

Представим Солнце размером с бильярдный шар (7 см) . Тогда в этом масштабе:

- Меркурий будет от него находится в 2 м 80 см,
- Земля: 7 м 60 см (её размер 0.64 мм - как маковое зёрнышко), Луна 0.1мм с диаметром орбиты 3см,
- Плутон будет на расстоянии около 30метров.
- ближайшая звезда Проксима Центавра в этом масштабе будет от Солнца в 2000 км.
- размер Галактики будет 60 000 000 км.

Снова - многовато!

**Даже если сделать Солнце размером с 1 пиксель на LCD-мониторе, то чтобы увидеть сразу же и Проксиму Центавра, потребуется монитор с диагональю около 8 километров.**



# Расстояния: шаг четвертый.

Далее – чтобы лучше представить размер Галактики и Вселенной в целом – вновь уменьшаем масштаб, размер орбиты Земли до орбиты электрона в атоме водорода ( $0.53 \cdot 10^{-8}$  см).

Тогда ближайшая звезда будет находиться от Солнца на расстоянии 0.014 мм.

А диаметр самого Солнца – 0.0046 ангстрема.

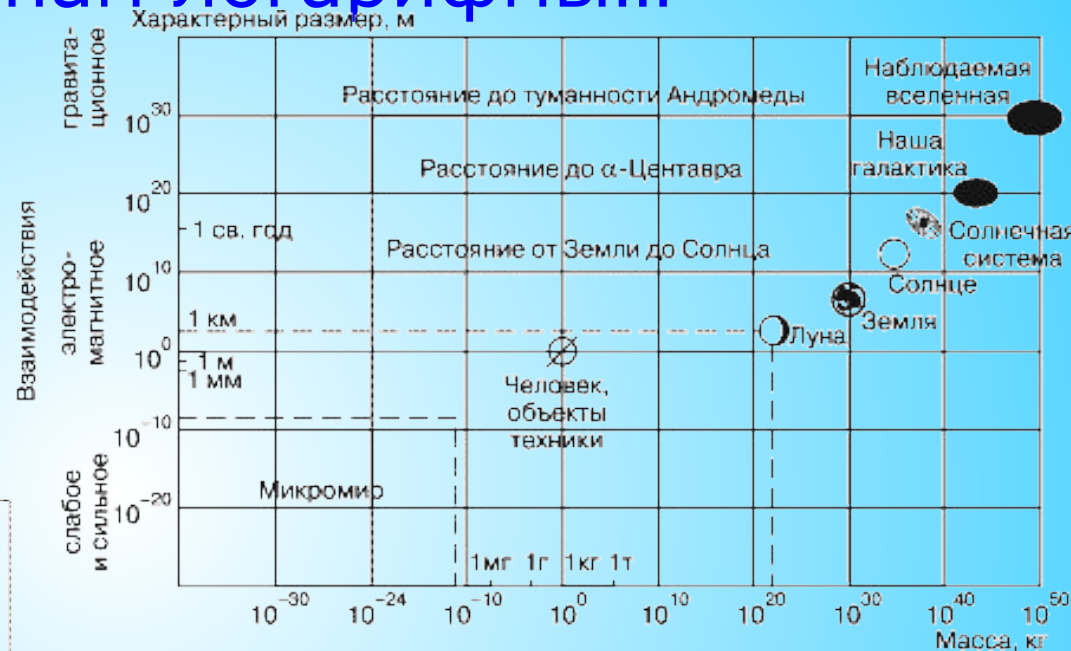
Размер Галактики станет около 35 см , а от Солнца до чёрной дыры в центре 10 см (рукой подать!) .

То есть, меняя масштабы, можно легко всё умозрительно представить, при последнем масштабе размер Вселенной (13.7 миллиарда св. лет) не такой большой, всего-то 47 км 950 м.

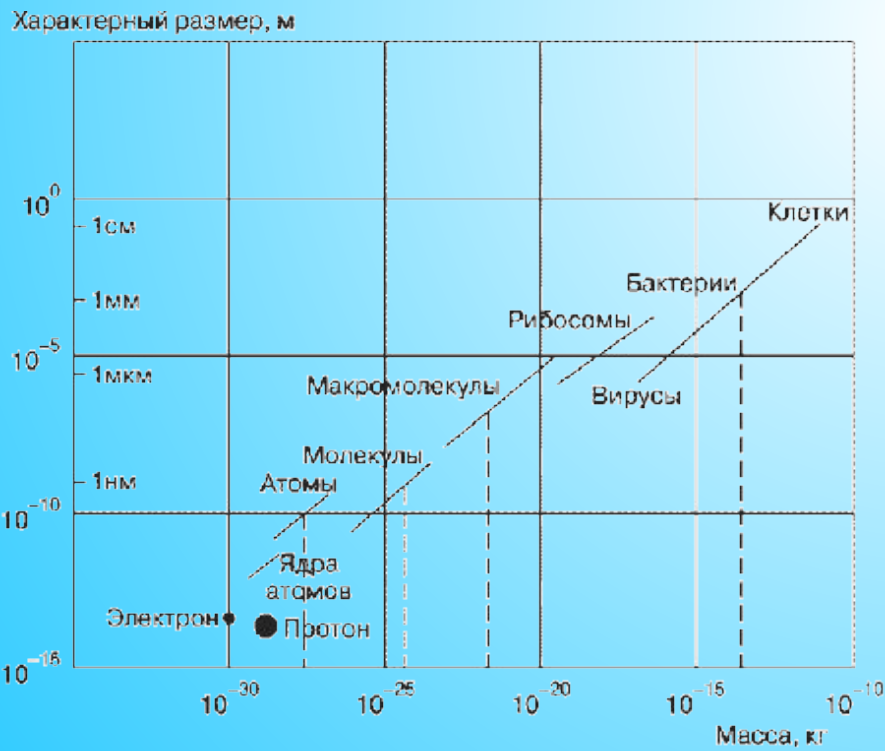
# Расстояния: от микромира до макромира – да помогут нам логарифмы...

Размеры Вселенной составляют около 30 миллиардов световых лет, или в метрах -  $3 \times 10^{26}$ .

Размеры наименьшей элементарной частицы физиками оценивается в  $10^{-16}$  м.



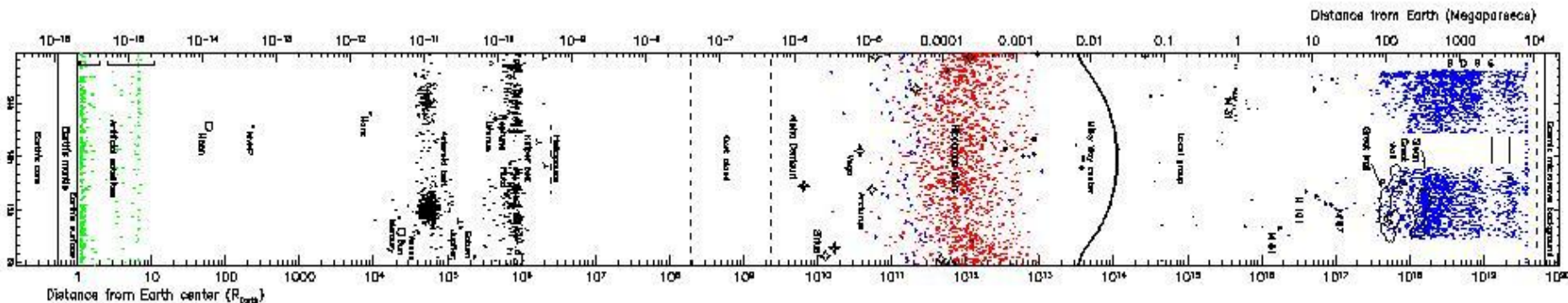
Общее количество атомов в нашем теле — около  $10^{28}$ , а полное количество элементарных частиц (протонов, нейтронов и электронов) в наблюдаемой части Вселенной — примерно  $10^{80}$ . Если бы Вселенная была плотно набита нейтронами, так, чтобы нигде в ней не оставалось пустого места, то она вместила бы всего  $10^{128}$  частиц



# Расстояния в картинках, карта Вселенной

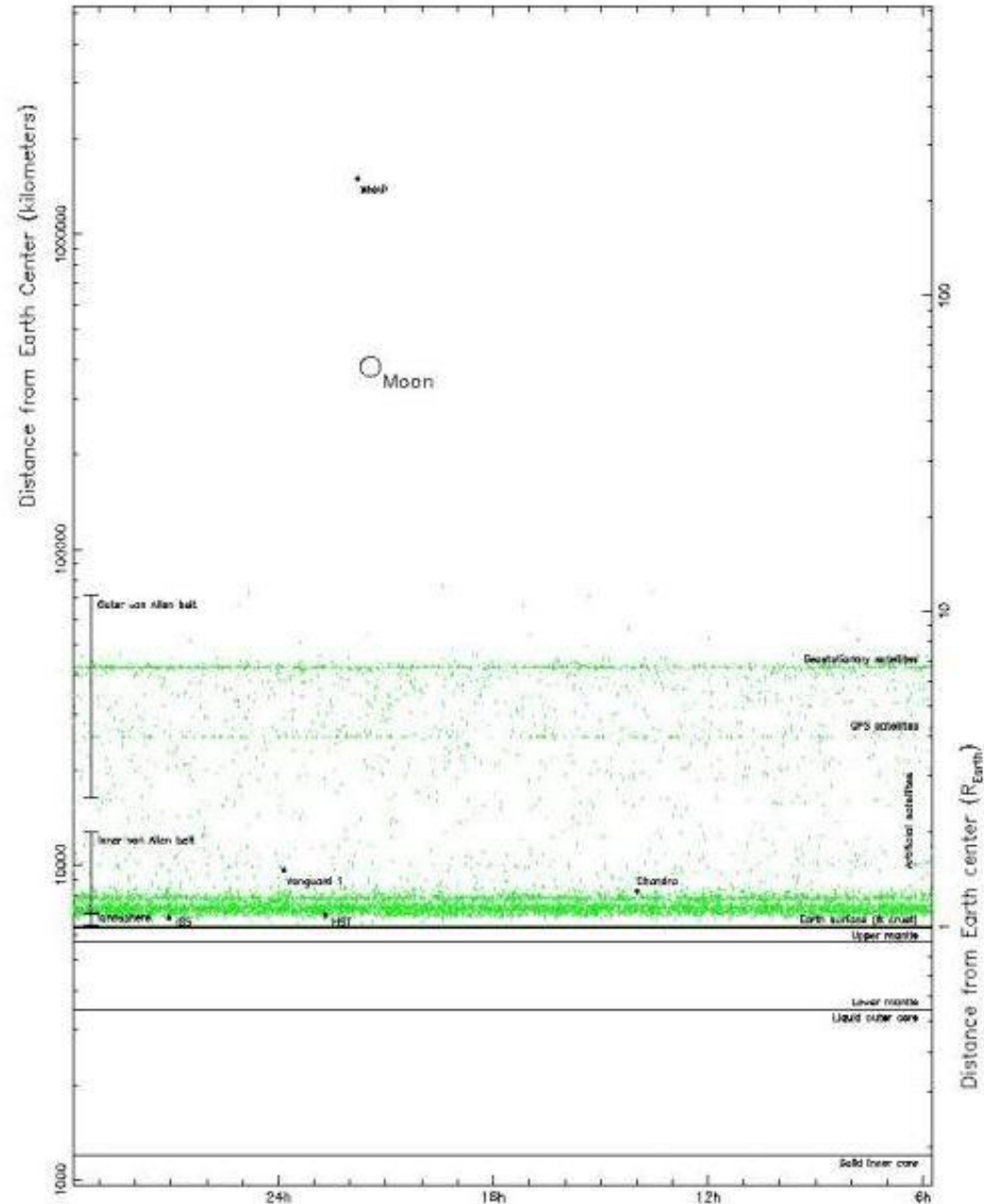
Размеры Вселенной составляют около 30 миллиардов световых лет, или в метрах -  $3 \times 10^{26}$ . Сведем его в одну карту, и рассмотрим ее потом повнимательнее.

На главном рисунке приведена "карманная карта Вселенной". Далее – на шести рисунках карта разрезана на равные части. По одной из осей откладывается расстояние от центра Земли. С одной стороны расстояние дано к единицам радиуса нашей планеты. С другой - в более привычных единицах: на карманной карте - это мегапарсеки, на шести отдельных листах шкала для удобства меняется (километры, астрономические единицы, парсеки, мегапарсеки).



## Расстояния в картинках, 1-я карта Вселенной

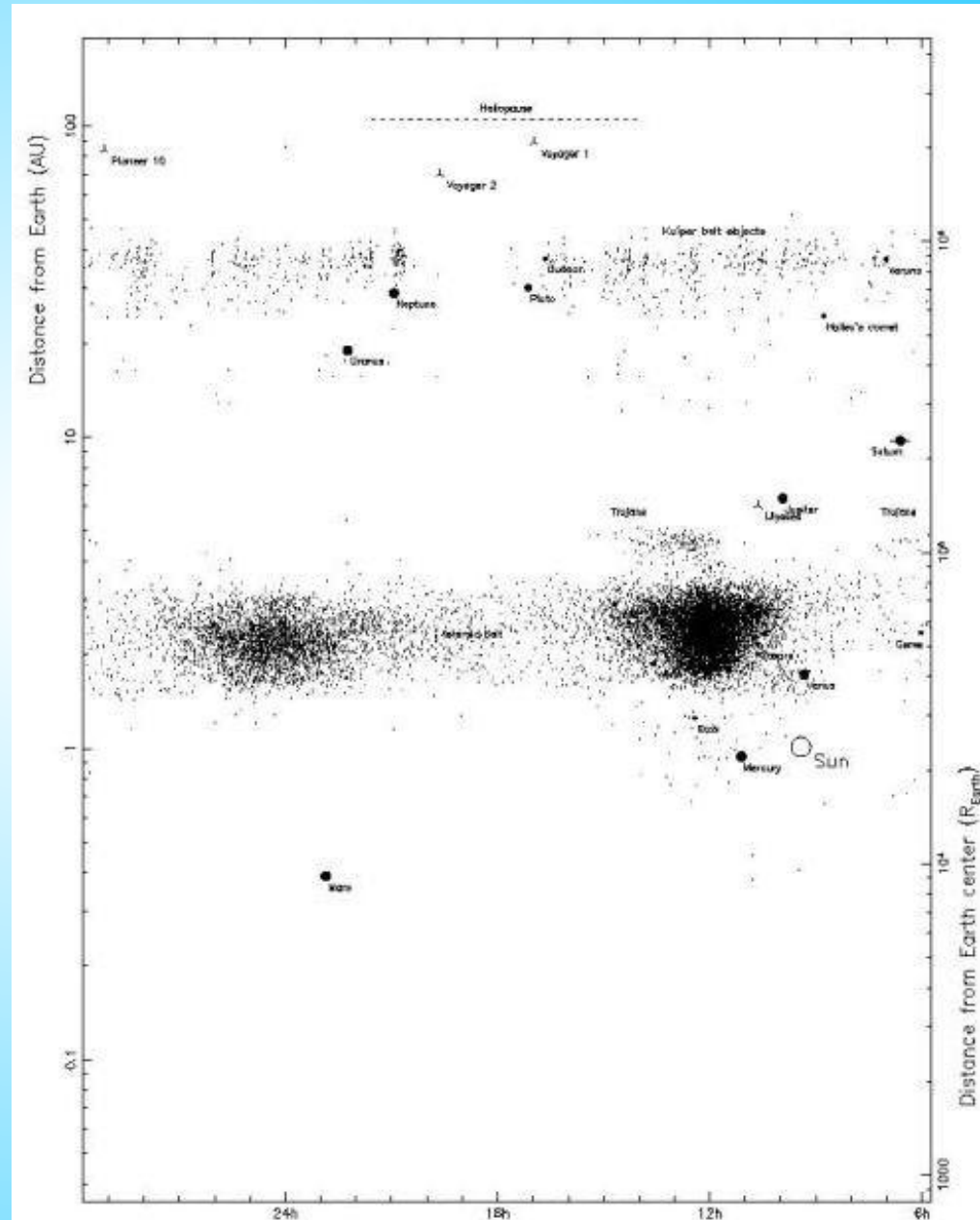
На первом листе мы видим Землю и ее ближайшие окрестности. Показаны основные деления внутреннего строения Земли. Над поверхностью мы видим множество точек - это искусственные спутники. Точки нанесены неслучайно, это реальные данные на момент полнолуния 12 августа 2003 г. Отдельно выделены МКС и Космический телескоп. Видна полоса спутников системы GPS и геостационарные спутники. Выше - Луна и спутник WMAP.





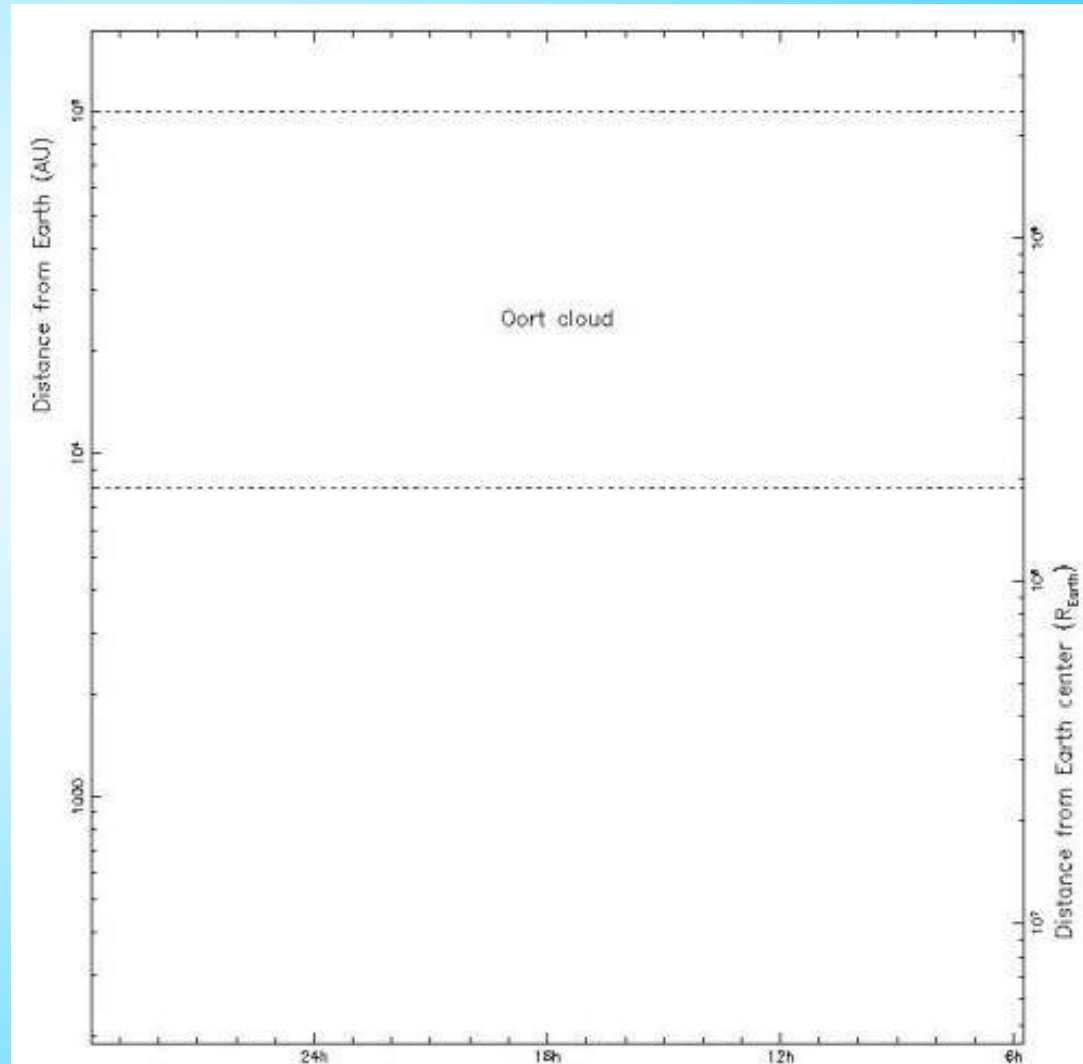
## Расстояния в картинках, 2-я карта Вселенной

На втором листе показана Солнечная система. Пояс астероидов представлен двумя сгущениями. Это связано с тем, что изображены лишь те малые планеты, что оказались вблизи небесного экватора. Т.к. плоскость эклиптики наклонена к экватору, то мы и видим два сгуста вблизи 12 и 24 часов. В самом верху условно показана граница гелиопаузы и спутники, подлетающие к ней. Показаны и объекты пояса Койпера. Отдельно выделена комета Галлея.



## Расстояния в картинках, 3-я карта Вселенной

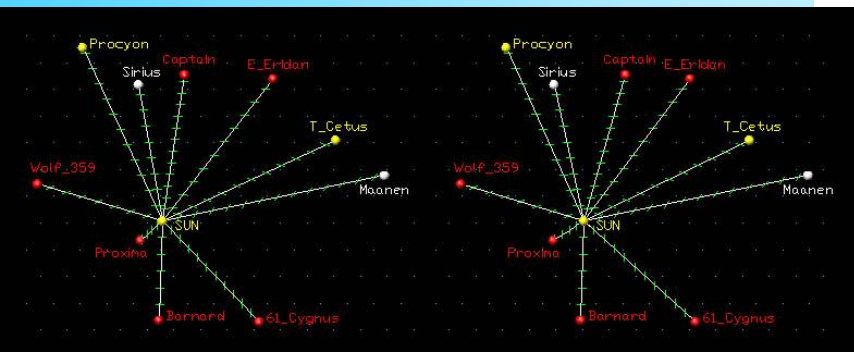
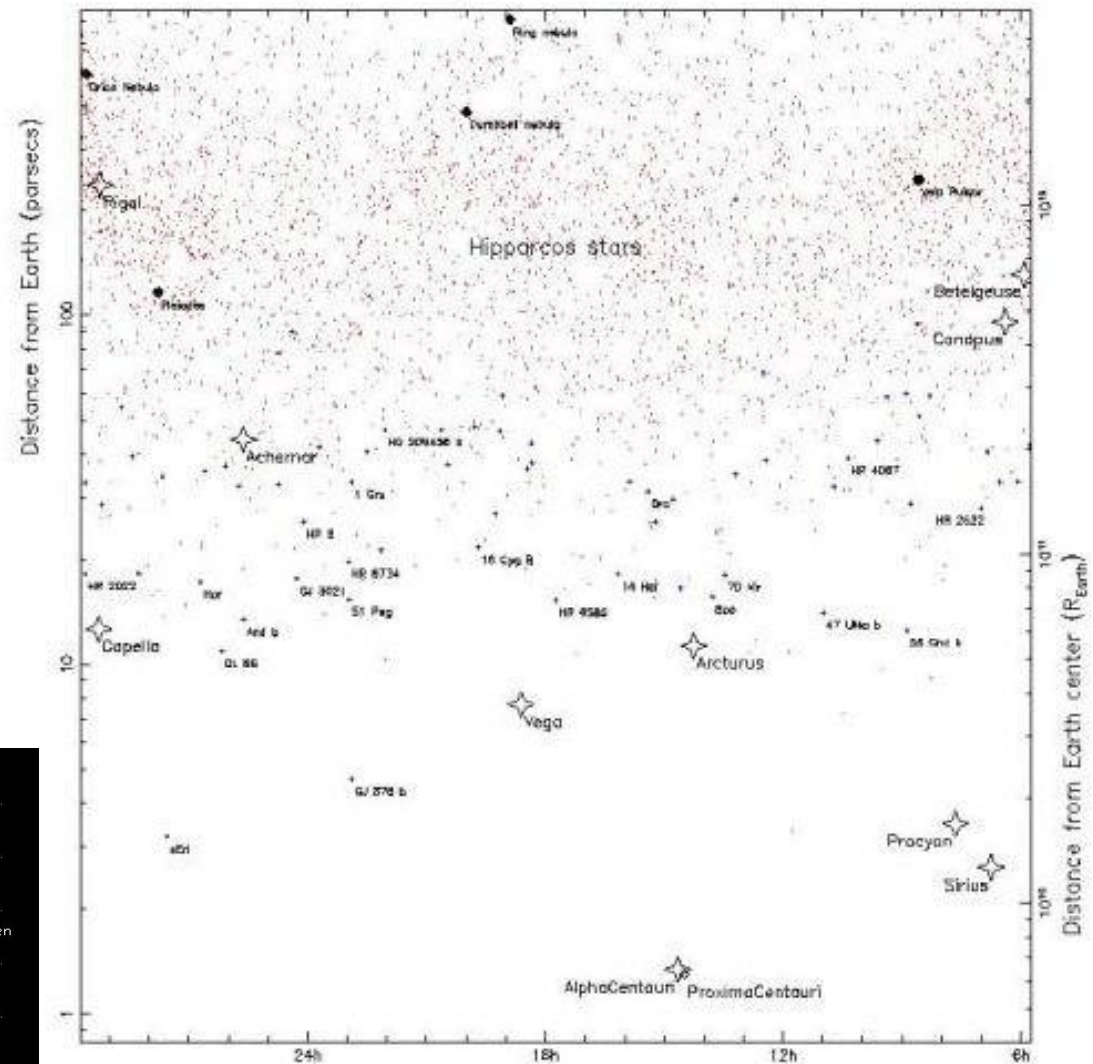
**Третий лист самый скучный. Пусто от Плутона до ближайших звезд. Лишь облако Оорта .... Да и то, о нем мы имеем лишь косвенную информацию. Зато видно, как далеко до звезд. Даже летая от планеты к планете внутри нашей системы, мы смотрим на звезды как на недостижимые (пока) светила.**



## Расстояния в картинках, 4-я карта Вселенной

Вот они - звезды! Показаны звезды каталога спутника Гиппаркос, попавшие в экваториальную зону, а также некоторые известные светила, скопления и туманности.

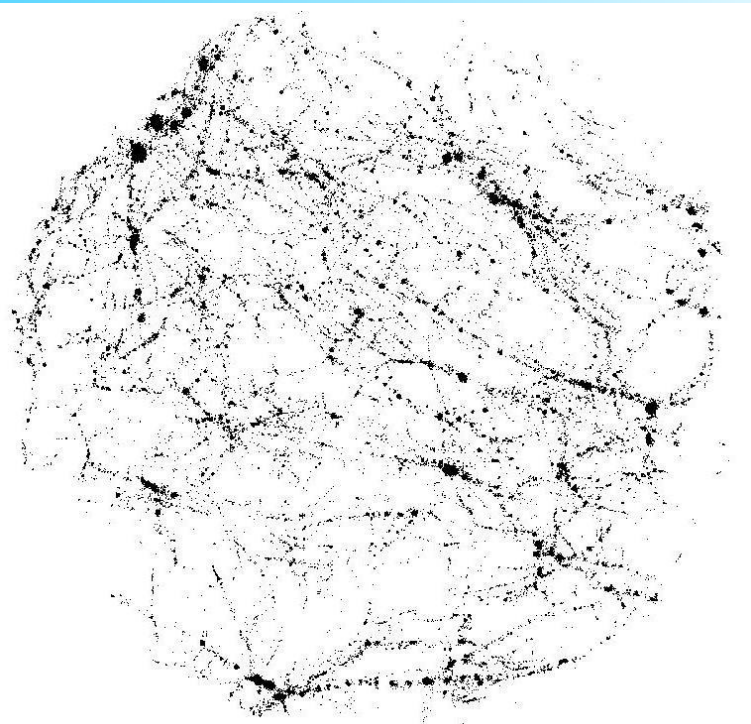
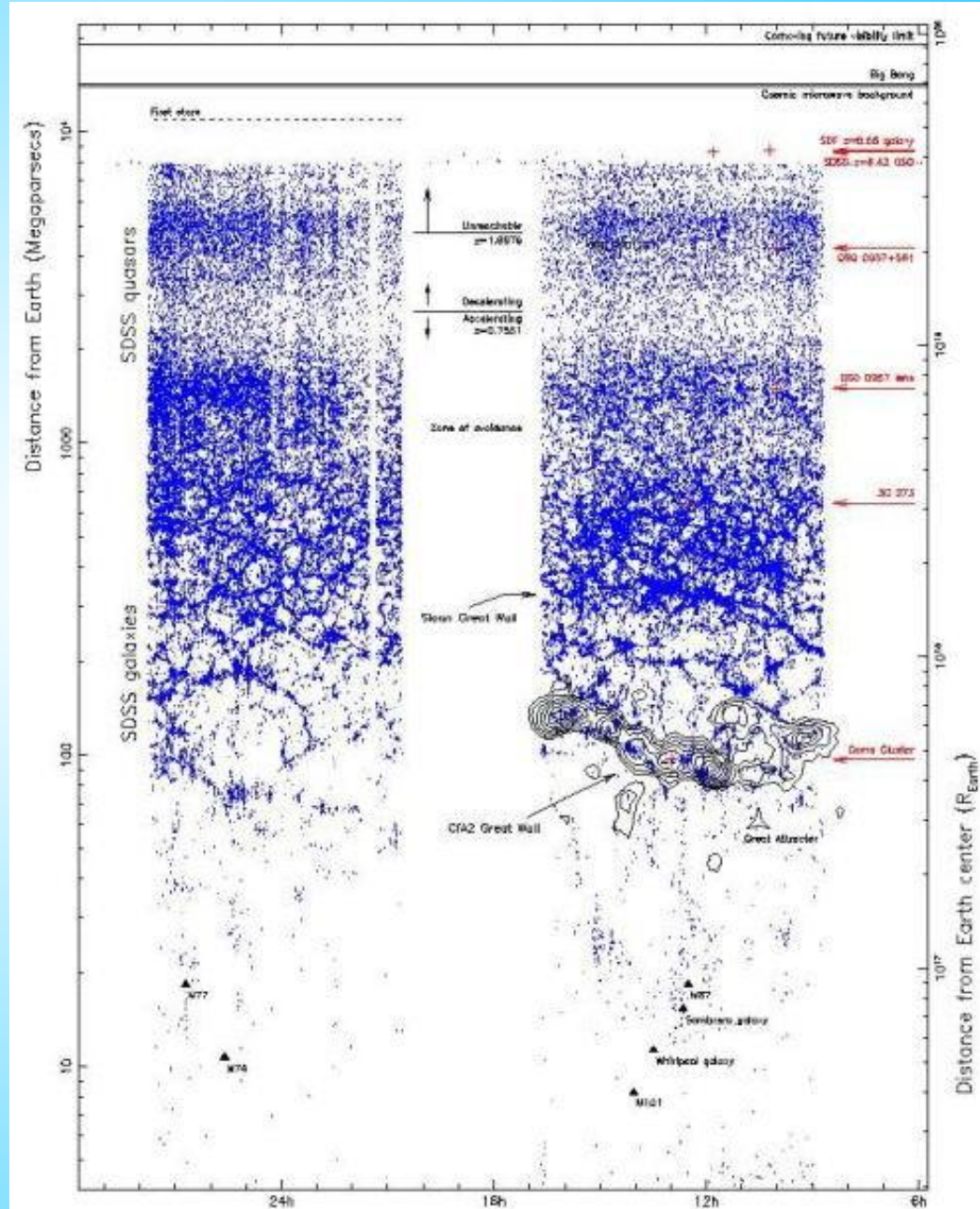
Для ближайших звезд мы можем построить и объемную карты – кто способен на трехмерное зрение, может рассмотреть, как они расположены в пространстве относительно Солнца





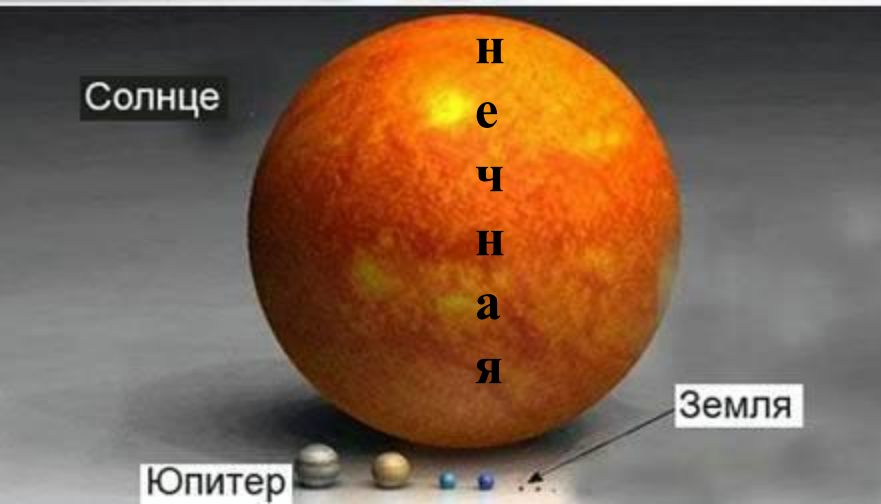
# Расстояния в картинках, 6-я карта Вселенной

Последняя картинка – космология, мир галактик. В самом низу наше скопление в Деве (справа, там где M87). Далекие объекты образовали как бы два столба. Это связано с тем, что в плоскости Млечного Пути поглощение света слишком велико, а потому далекие галактики и квазары мы видим лишь вне плоскости нашей Галактики. Благодаря тому, что карта конформная, детали крупномасштабной структуры переданы адекватно. Видна старая "Великая стена" и "Слоановская великая стена" - более далекая и длинная. Поскольку нанесены реальные объекты, то на больших расстояниях картина становится неполной - мы видим только самые яркие источники (квазары Слоановского цифрового обзора, например). Внизу – крупномасштабная структура Вселенной в трехмерном виде.

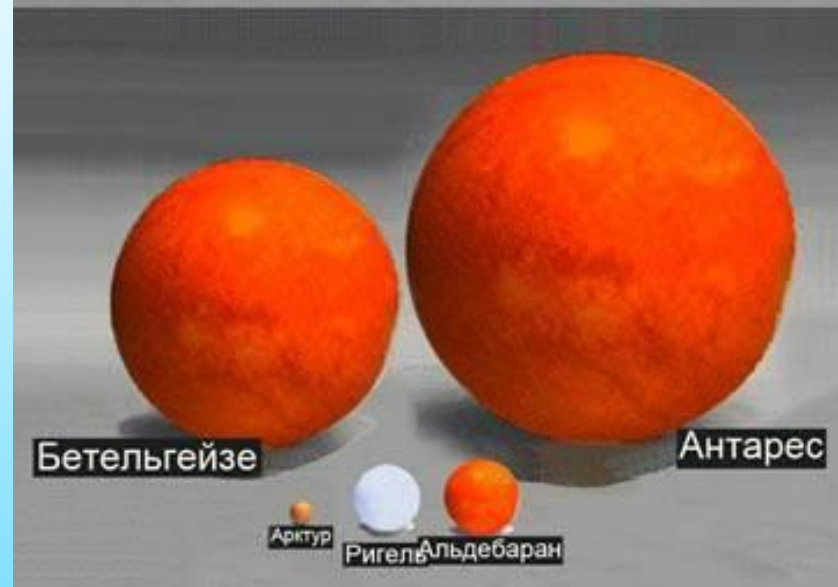


# Размеры – что такое большое и что такое маленькое во Вселенной

## Солнечная система



## Звезды



# Расстояния и размеры, повторение:

Далее – чтобы лучше представить размер Галактики и Вселенной в целом – вновь – к наименьшему масштабу:

– размер орбиты Земли до орбиты электрона в атоме водорода ( $0.53 * 10^{-8}$  см).

– диаметр Солнца – 0.0046 ангстрема.

Тогда ближайшая звезда будет находиться от Солнца на расстоянии 0.014 мм.

Размер Галактики станет около 35 см , а от Солнца до чёрной дыры в центре 10 см (рукой подать!) .

В таком масштабе размер Вселенной (13.7 миллиарда св. лет) не такой большой, всего-то 47 км 950 м.

# Массы – есть градации?

Вся масса наблюдаемой Вселенной --  $10^{56}$  г;  
сверхскопления галактик (по Вокулеру) --  $10^{52}$  г;

гигантские скопления галактик, которые входят в сверхскопление, -- ...  $10^{48}$  г.

Средняя масса отдельной галактики сейчас оценивается как величина ...  $10^{44}$  г.

как гигантские пылевые облака с порядком массы  $10^{40}$  г,

звездные скопления обладают средней массой порядка  $10^{36}$  г.

звезды, несмотря на их ошеломляющее разнообразие, все-таки концентрируются по величине массы в пределах  $10^{32}$  г.

О планетах представление более расплывчато, поскольку нам известна, к сожалению, только одна семья планет. Но если отбросить крайние значения (Юпитер и Плутон), взять усредненную величину, то таким полномочным представителем окажется Уран  $8,8 * 10^{28}$  г.

спутники планет имеют массу порядка  $10^{24}$  г.

астероиды на диаграмме их распределения -- в интервале  $10^{20}$  г для крупных и  $10^{16}$  -- для мелких.

.....

Хотя существуют еще ледяные кольца Сатурна с наиболее частым поперечником 0,6 метра и, следовательно, с порядком массы  $10^{-4}$  г.

Но еще более удивительно, что и на другом конце мировой шкалы в микромире показатели степени подчиняются такой же закономерности.

Масса электрона --  $9,1 * 10^{-28}$  г,

масса протона и нейтрона --  $1,6 * 10^{-24}$ .

И даже масса покоя нейтрино, по предварительным результатам имеет порядок величины  $10^{-32}$  грамма.



# Времена

Карл Саган -- известный американский ученый – составил ставший чрезвычайно популярным "космический календарь». Он разместил всю историю Вселенной, включая развитие жизни на Земле, на шкале условного космического года. При этом история собственно человеческой цивилизации охватывает практически один миг такого календаря – сотые доли секунды. Вот как это выглядит на трех таблицах.

## Таблица 1

### Додекабрьские даты

- **Большой Взрыв – 1 января**
- **Возникновение галактики Млечного Пути – 1 мая**
- **Возникновение Солнечной системы – 9 сентября**
- **Образование планеты Земля – 14 сентября**
- **Появление жизни на Земле – 25 сентября**
- **Образование древнейших земных гор – 2 октября**
- **Время образования древнейших ископаемых (бактерий и сине-зеленых водорослей) – 9 октября**
- **Возникновение полового размножения – 1 ноября**
- **Древнейшие фотосинтезирующие растения – 12 ноября**
- **Эукариоты (первые клетки, содержащие ядра) – 15 ноября**

# Времена

## Таблица II

### Космический календарь

#### Д е к а б р ь

#### Ч и с л а

- 1 Образование кислородной атмосферы на Земле.
- 5 Интенсивное извержение вулканов и образование каналов на Марсе.
- 16 Первые черви.
- 17 Конец докембрийского периода. Палеозойская эра и начало кембрийского периода. Возникновение беспозвоночных.
- 18 Первый океанический планктон. Расцвет трилобитов.
- 19 Период ордовика. Первые рыбы, первые позвоночные.
- 20 Силур. Первые споровые растения. Растения завоевывают сушу.
- 21 Начало девонского периода. Первые насекомые. Животные колонизируют сушу.
- 22 Первые амфибии. Первые крылатые насекомые.
- 23 Каменноугольный период. Первые деревья. Первые рептилии.
- 24 Начало пермского периода. Первые динозавры.
- 25 Конец палеозойской эры. Начало мезозойской эры.
- 26 Триасовый период. Первые млекопитающие.
- 27 Юрский период. Первые птицы.
- 28 Меловой период. Первые цветы. Вымирание динозавров.
- 29 Конец мезозойской эры. Кайнозойская эра и начало третичного периода. Первые китообразные. Первые приматы.
- 30 Начало развития лобных долей коры головного мозга у приматов. Первые гоминиды. Расцвет гигантских млекопитающих.
- 31 Конец плиоценового периода. Четвертичный (плейстоцен и голоцен) период. Первые люди.

# Времена

## Таблица III

31 декабря, Ч а с ы, м и н у т ы, с е к у н д ы

- Появление проконсула и рамапитека –возможных предков обезьян и человека 13.30.00
- Первые люди 22.30.00
- Широкое использование каменных орудий 23.00.00
- Использование огня пекинским человеком 23.46.00
- Начало последнего периода оледенения 23.56.00
- Заселение Австралии 23.58.00
- Расцвет пещерной живописи в Европе 23.59.00
- Открытие земледелия 23.59.20
- Цивилизация неолита -- первые города 23.59.35
- Первые династии в Шумере и Египте, развитие астрономии 23.59.50
- Открытие письма; государство Аккад; Законы Хаммурапи в Вавилонии; Среднее царство в Египте 23.59.52
- Бронзовая металлургия; Микенская культура; Троянская война: Ольмекская культура; изобретение компаса 23.59.53
- Железная металлургия; первая Ассирийская империя; Израильское царство; основание Карфагена финикийцами 23.59.54
- Династия Цинь в Китае; империя Ашоки в Индии: Афины времен Перикла; рождение Будды 23.59.55
- Евклидова геометрия; Архимедова физика; астрономия Птолемея; Римская империя; рождение Христа 23.59.56
- Введение нуля и десятичного счета в индийской арифметике; упадок Рима; мусульманские завоевания 23.59.57
- Цивилизация майя; династия Сун в Китае; Византийская империя; монгольское нашествие; крестовые походы 23.59.58
- Эпоха Возрождения в Европе; путешествия и географические открытия, сделанные европейцами и китайцами времен династии Мин, введение экспериментального метода в науку 23.59.59

# Времена, сейчас и будущее

Широкое развитие науки и техники; появление всемирной культуры; создание средств, способных уничтожить род людской, первые шаги в освоении космоса и поиски внеземного разума -- Настоящий момент и в первые секунды Нового года

Звездная эра эволюции Вселенной закончится примерно через  $10^{14}$  лет. Этот срок в 10 тысяч раз больше времени, прошедшего якобы от начала расширения Вселенной до наших дней. Дальше наступит очередь галактик, состоящих из сотен и сотен миллиардов звезд. В центрах галактик, находятся сверхмассивные "черные дыры. Для будущего галактик существенны очень редкие в наше время события, когда какая-либо звезда в результате гравитационного взаимодействия с другими звездами приобретает большую скорость, покидает галактику и превращается в межгалактического странника.

Звезды постепенно будут покидать галактику, а ее центральная часть будет понемногу сжиматься, превращаясь в очень компактное звездное скопление. В таком скоплении звезды будут сталкиваться друг с другом, превращаясь в газ, и этот газ в основном будет падать в центральную сверхмассивную дыру, увеличивая ее массу. Конечный этап -- это сверхмассивная "черная дыра", поглотившая остатки звезд центральной части галактики, и рассеивание около 90% всех звезд внешних частей в пространстве. Процесс разрушения галактик закончится примерно через  $10^{19}$  лет, все звезды к этому времени давно погаснут и потеряют право именоваться звездами.

# Времена, сейчас и будущее

Среднее время жизни протона оценивается примерно в  $10^{32}$  лет. Конечный продукт распада протона -- один позитрон, излучение в виде фотона, нейтрино и, возможно, одна или несколько электронно-позитронных пар.

Итак, примерно через  $10^{32}$  лет ядерное вещество полностью распадется. Из мира исчезнут даже погасшие звезды. Спустя  $10^{32}$  лет все ядерное вещество полностью распадется, звезды и планеты превратятся в фотоны и нейтрино.

И "черные дыры" не вечны. В поле тяготения вблизи "черной дыры" происходит, как мы знаем, рождение частиц; причему "черных дыр" с массой порядка звездной и больше возникают кванты излучения. Такой процесс ведет к уменьшению массы "черной дыры", она постепенно превращается в фотоны, нейтрино, гравитоны. «Черная дыра» с массой в 10 масс Солнца испарится за  $10^{69}$  лет, а сверхмассивная "черная дыра", масса которой еще в миллиард раз больше, -- за  $10^{96}$  лет. Вследствие расширения Вселенной плотность излучения, как уже говорилось, падает быстрее плотности электронно-позитронной плазмы, и через  $10^{100}$  лет станет доминирующей именно эта плазма, и, кроме нее, во Вселенной не останется практически ничего. В возрасте Вселенной  $10^{100}$  лет в мире останутся практически только электроны и позитроны, рассеянные в пространстве с ужасающе ничтожной плотностью: одна частица будет приходиться на объем, равный  $10^{185}$  объемам всей видимой сегодня.