

Время от начала расширения в секундах (с) или годах (л)	Температура (К)	Эпоха	Характерные процессы
$10^{-43}$ с	$10^{32}$	Планка	Возникновение реликтовых гравитонов, для описания этой эпохи неприменима современная теория гравитации (неквантовая)
$10^{-35}$ с	$10^{28}$	барионов	Установление числа барионов, возникновение асимметрии между материей и антиматерией
$10^{-9}$ с	$10^{14}$	адронов	Кварки в тепловом равновесии
$10^{-3}$ с	$10^{12}$	лептонов	Возникновение фона реликтовых нейтрино
100 с	$10^9$	синтеза ядер	Становление первоначального химического состава Вселенной (H—70% He—30%)
$3 \cdot 10^5$ л	3500	начала прозрачной Вселенной	Нейтральный газ, пропускающий реликтовое излучение, остывает, начинается его деление на части, из которых позднее образуются сверхскопления галактик
$6 \cdot 10^9$ л*		звезд	Образование галактик, первые звезды в шаровых скоплениях
$11 \cdot 10^9$ л*		химической эволюции	Образование в звездах более тяжелых, чем гелий, химических элементов
$18 \cdot 10^9$ л*	2,7	твердых планет	Возникновение жизни

\* С точностью  $\pm 2 \cdot 10^9$  лет.

Расширение Вселенной, т. е. скорость разбегания скоплений галактик друг от друга (постоянная Хаббла)

55 (км/с)/Мпс

Средняя плотность вещества Вселенной (соответствует равномерному распределению видимого вещества в наблюдаемой части пространства):

$3 \cdot 10^{-31}$  Мг/м<sup>3</sup>

$1 \cdot 10^{-29}$  Мг/м<sup>3</sup>

$10^9$  фотонов на 1 нуклон

на основе наблюдений

теоретическая

Плотность излучения во Вселенной

Число галактик в наблюдаемой части Вселенной

$10^{11}$

Расстояние до самой удаленной наблюдаемой обыкновенной галактики

$5 \cdot 10^9$  св. лет

Расстояние до самого удаленного наблюдаемого квазара

$12 \cdot 10^9$  св. лет

**Космические плотности (Мг/м<sup>3</sup>)**

Вселенная	$10^{-29}$ (оценка)
Скопление галактик	$5 \cdot 10^{-28}$
Межзвездный газ	$3 \cdot 10^{-25}$
Галактика	$2 \cdot 10^{-24}$
Шаровое скопление	$4 \cdot 10^{-21}$
Красный гигант	$5 \cdot 10^{-8}$
Солнце	1,4
Белый карлик	$10^6$
Нейтронная звезда	$10^{14}$ (плотность атомного ядра)
Черная дыра (возникшая из звезды)	$5 \cdot 10^{93}$ (предполагаемая, т. н. плотность Планка)

**Астрономические постоянные и астрономические единицы**

Астрономическая единица (среднее расстояние от Земли до Солнца)	$1,49598 \cdot 10^{11}$ м $\approx$ 150 млн км
Световой год	$9,4605 \cdot 10^{15}$ м = 63 240 а. е. = = 0,3066 пс
Парсек	$3,0857 \cdot 10^{16}$ м = 3,2616 св. лет
Масса Солнца	$1,989 \cdot 10^{30}$ кг $\approx$ 333 000 масс Земли
Радиус Солнца	696 000 км = 109 радиусов Земли
Масса Земли	$5,976 \cdot 10^{24}$ кг = 81,3 массы Луны
Экваториальный радиус Земли	6378 км
Период повторяемости солнечных и лунных затмений (сарос)	18 лет 11,3 дня

**Время (сут — сутки, ч — час, мин — минута, с — секунда)**

Год — юлианский	365,25 средних солнечных суток
григорианский	365,2425 " " "
тропический (от равноденствия до равноденствия)	365,2421 " " "
сидерический (относительно неподвижных звезд)	365,2563 " " "
аномалистический (между последовательными прохождениями через перигелий)	365,2596 " " "
драконический (относительно затмений)	346,6200 " " "
лунный (12 синодических месяцев)	354,36 " " "
Месяц — календарный средний синодический месяц (от новолуния до новолуния)	30 сут 10 ч 29 мин 4 с
сидерический (относительно неподвижных звезд)	29,5305 средних солнечных суток
Сутки — эфемеридные	27,3216 " " "
средние солнечные	1 сут = 24 ч = 1440 мин = 86 400 с
звездные или сидерические	24 ч 03 мин 56,5554 с звездного времени
	23 ч 56 мин 04,0905 с среднего солнечного времени

## Галактики

**Сверхскопление галактик** — диаметр 40 мегапарсек, число галактик 10 000. Центр местного сверхскопления находится в направлении созвездия Девы на расстоянии 12 мегапарсек. Из 50 известных сверхскоплений ближайшие находятся в созвездиях Льва (расстояние 87 мегапарсек) и Геркулеса (расстояние 100 мегапарсек).

**Скопление галактик** — диаметр 5 мегапарсек, число галактик 100—500 (скопление в созвездии Девы 2500). Ближайшие скопле-

ния галактик находятся в созвездиях Пегаса и Рыбы (расстояние 65 мегапарсек).

**Группа галактик** — диаметр 1 мегапарсек, число галактик 5—30. Местную группу галактик (диаметр 2 мегапарсека) образуют 2 гипергалактики, внутри которых находятся гигантские галактики: Галактика и туманность Андромеды, окруженные 27 карликовыми галактиками. 4 ближайшие группы находятся на расстоянии 2—4 мегапарсека.

## Классификация галактик

Наименование	Тип	Масса в массах Солнца
Яркие сверхгигантские галактики	эллиптические	$10^{13}$
Сверхгигантские галактики	эллиптические и спиральные	$10^{12}$ — $10^{11}$
Гигантские и карликовые галактики	эллиптические, спиральные и неправильные	$10^{10}$ — $10^8$
Карликовые галактики и пигмеи	эллиптические	$10^7$ — $16^6$

## Энергия и мощность излучения галактик

Галактика	Оптическое излучение (Дж/с)	Радиоизлучение (Дж/с)	Полная энергия (Дж)
Солнце	$4 \cdot 10^{26}$	слабое, переменное	$7 \cdot 10^{41}$
Обыкновенная гигантская галактика	$10^{37}$	$10^{31}$	$10^{53}$
Радиогалактика	$10^{37}$	$10^{34}$ — $10^{38}$	$10^{53}$ — $10^{55}$
Квazar	$10^{39}$	$10^{37}$	$10^{53}$

**Ближайшие галактики** — неправильные карликовые спутники Галактики Большое и Малое Магеллановые облака, расстояние до них соответственно 52 и 63 килопарсека, их масса соответственно  $1 \cdot 10^{10}$  и  $2 \cdot 10^9$  массы Солнца.

**Ближайшая гигантская галактика** — М 31 (туманность Андромеды), расстояние до нее 670 килопарсек, масса  $3 \cdot 10^{11}$  массы Солнца.



## Звездная система Млечный Путь — Галактика

Диаметр	120 000 св. лет
Толщина	6 500 св. лет
Масса	$1,4 \cdot 10^{11}$ массы Солнца
Масса газа и пыли от массы всех звезд	5%
Расстояние спиральных рукавов от центра	30 000—40 000 св. лет

### Скорость вращения:

на расстоянии 3000 св. лет от центра	200 км/с
на расстоянии 6000 св. лет от центра	183 км/с
на расстоянии 30 000 св. лет от центра	250 км/с
на расстоянии 100 000 св. лет от центра	150 км/с

### Скорость освобождения:

для центра Галактики	700 км/с
над Солнцем	360 км/с
для края Галактики	240 км/с

## Подсистемы Галактики

Наименование	Число известных объектов	Предполагаемое общее число
Ядро (эллиптическое, размеры 50 · 100 св. лет) состоит примерно из $30 \cdot 10^6$ звезд В его центре предположительно находится компактный объект — — источник радиоизлучения Sgr A — — черная дыра (?) (масса $10^8$ — $10^9$ массы Солнца, диаметр 3 св. года)		
Подсистема сферической части Галактики (старая)		
красные карлики	300	$10^{11}$
сверхдолгопериодические цефеиды	300	$10^5$
короткопериодические цефеиды	3 000	170 000
шаровые скопления	125	500
Промежуточная подсистема:		
красные гиганты	400	30 000
неправильные переменные звезды	200	20 000
долгопериодические переменные звезды	3 000	$10^6$
белые карлики	150	$5 \cdot 10^9$
нейтронные звезды	300	$10^9$
черные дыры	2?	$10^9$
новые звезды	100	$10^6$
планетарные туманности	350	130 000