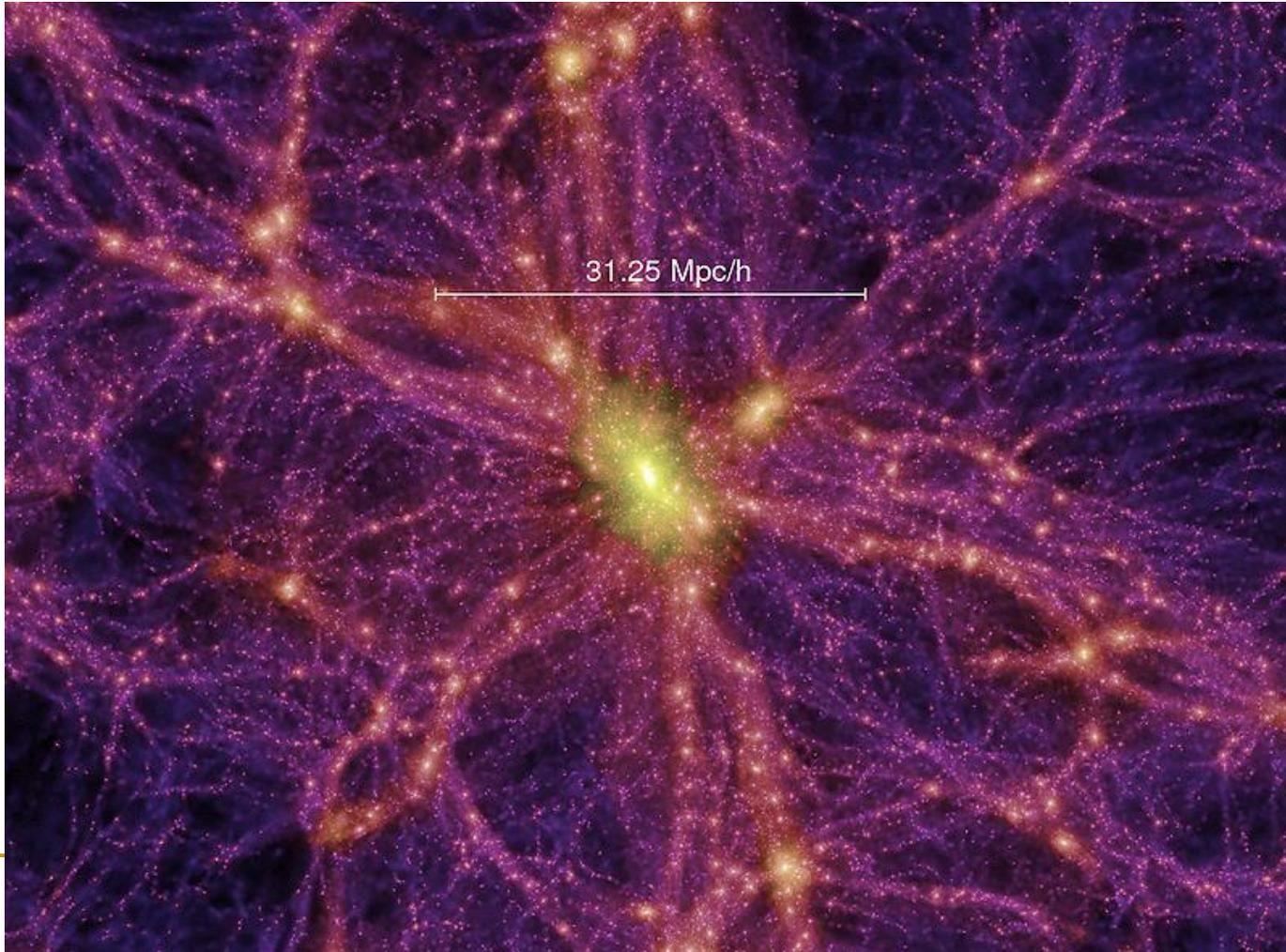


# СЕМИНАР

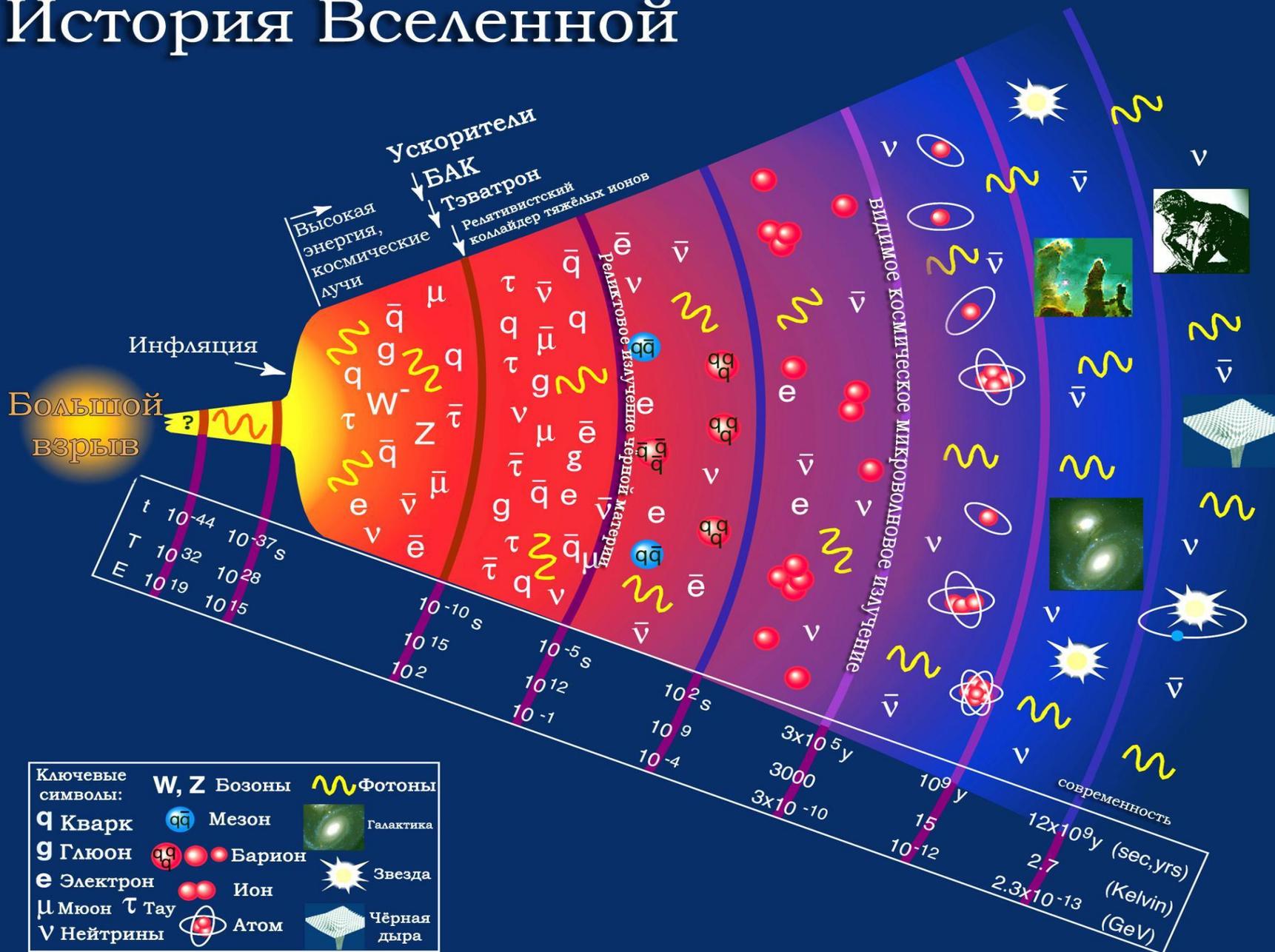
A visualization of the cosmic web, showing a complex network of dark matter filaments and galaxy clusters. The filaments are depicted as thin, interconnected lines of purple and blue, with numerous bright yellow and orange points representing galaxies. The overall structure is highly interconnected and fractal-like, illustrating the large-scale structure of the universe.

## Облик и история Вселенной

- Расчётная структура Вселенной по данным Millennium simulation. Отмеченное белой линией расстояние составляет примерно 141 млн световых лет.
- Жёлтым обозначена материя, фиолетовым — тёмная материя (наблюдаемая лишь косвенно).
- Каждая жёлтая точка представляет собой одну галактику.



# История Вселенной

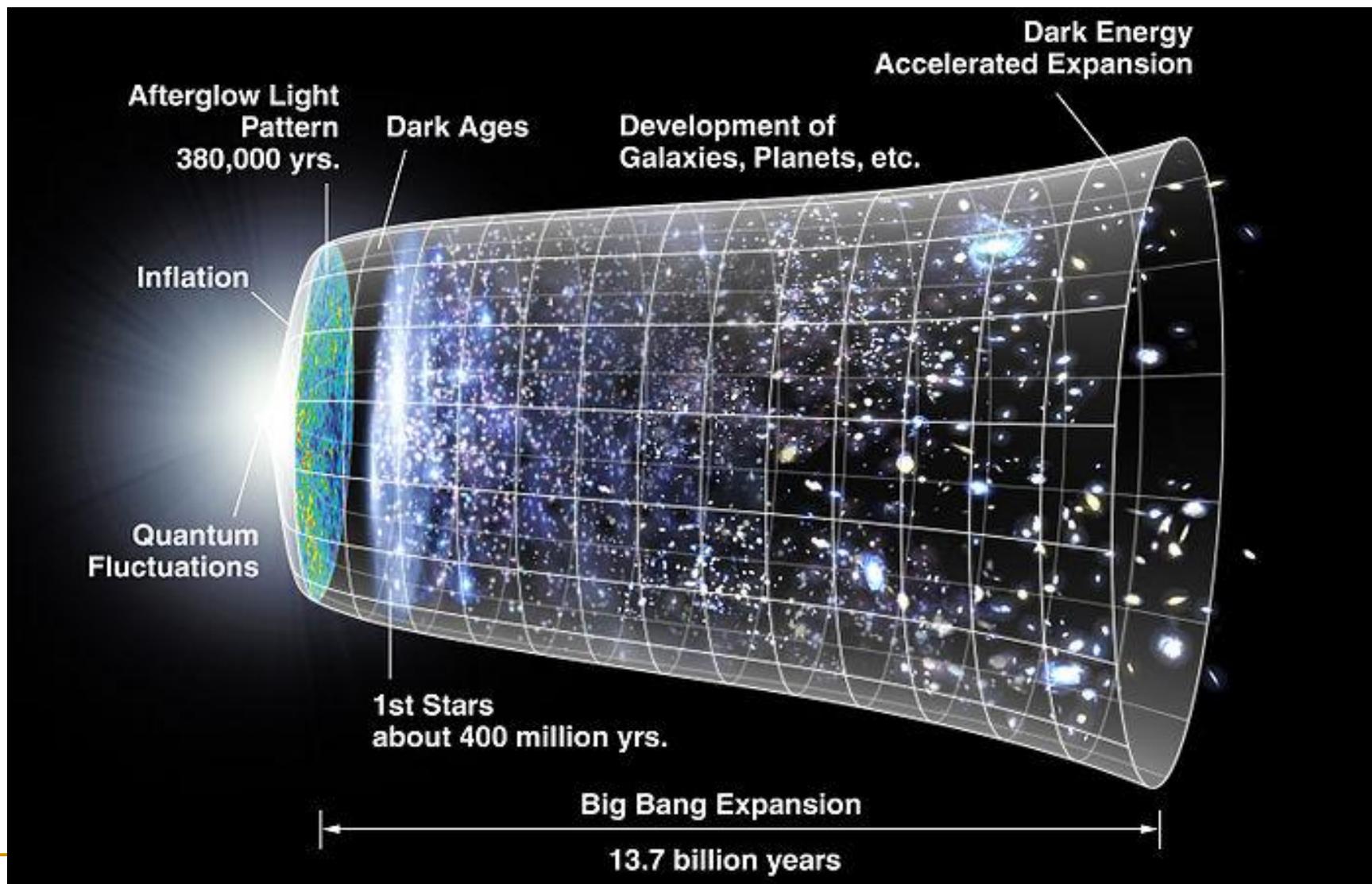


# От Большого Взрыва к человеку

(приблизительные даты)

1	лет назад	Большой взрыв, рождение Вселенной
2		Возникновение Солнечной системы и Земли
3		Зарождение жизни на Земле (примитивные одноклеточные организмы)
4		Появление клеток с ядрами
5		Первые многоклеточные организмы
6		Начало палеозойской эры, кембрийский взрыв
7		Появление первых позвоночных животных
8		Выход жизни на сушу
9		Начало мезозойской эры, появление динозавров
10		Начало кайнозойской эры, конец эпохи динозавров
11		Начало четвертичного периода (появился род Homo)
12		Появление первых Homo Sapiens (люди обрели современный вид)

# Облик Вселенной



# От Большого Взрыва к человеку

(приблизительные даты)

1	~14 млрд.лет назад	Большой взрыв, рождение Вселенной
2	4,6 млрд.лет назад	Возникновение Солнечной системы и Земли
3	4 млрд.лет назад	Зарождение жизни на Земле (примитивные одноклеточные организмы)
4	2 млрд.лет назад	Появление клеток с ядрами
5	1 млрд.лет назад	Первые многоклеточные организмы
6	542 млн.лет назад	Начало палеозойской эры, кембрийский взрыв
7	500 млн.лет назад	Появление первых позвоночных животных
8	444 млн.лет назад	Выход жизни на сушу
9	250 млн.лет назад	Начало мезозойской эры, появление динозавров
10	65 млн.лет назад	Начало кайнозойской эры, конец эпохи динозавров
11	2,5 млн.лет назад	Начало четвертичного периода (появился род Homo)
12	200 000 лет назад	Появление первых Homo Sapiens (люди обрели современный вид)

# От Большого Взрыва к человеку

(приблизительные даты)

1	13,75 млрд.лет назад	Большой взрыв, рождение Вселенной
2	4,57 и 4,54 млрд.лет назад	Возникновение Солнечной системы и Земли
3	4 млрд.лет назад	Зарождение жизни на Земле (примитивные одноклеточные организмы)
4	1,5 млрд.лет назад	Появление клеток с ядрами
5	1 млрд.лет назад	Первые многоклеточные организмы
6	542 млн.лет назад	Начало палеозойской эры, кембрийский взрыв
7	500 млн.лет назад	Появление первых позвоночных животных
8	444 млн.лет назад	Выход жизни на сушу
9	250 млн.лет назад	Начало мезозойской эры, появление динозавров
10	65 млн.лет назад	Начало кайнозойской эры, конец эпохи динозавров
11	2,5 млн.лет назад	Начало четвертичного периода (появился род Homo)
12	200 000 лет назад	Появление первых Homo Sapiens (люди обрели современный вид)

# Иерархия масштабов во Вселенной

- A diagram of our location in the Local Supercluster in a series of five star maps that show from left to right our location in the Solar System, in the Sun's neighborhood of stars, in the local area of the Milky Way galaxy, in the Local Group of galaxies, and in the Supercluster of galaxies.



[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe Reference Map ru.jpg?uselang=ru](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universe_Reference_Map_ru.jpg?uselang=ru)

# Относительные размеры объектов

1	световых лет во всех направлениях	Размер видимой Вселенной
2	св. лет	Диаметр нашей галактики Млечный путь
3	млрд. км а.е.	Солнечная система: Расстояние от Солнца до самой отдалённой планеты - Нептуна
4	млн.км а. е.	Расстояние от Земли до Солнца (большая полуось)
5	км	Диаметр Земли
6	диаметров Земли	Диаметр Солнца
7	$3 \cdot 10^{-8}$ м	Размер атома
8	$3 \cdot 10^{-14}$ м	Средний диаметр атомного ядра

# Единицы измерения расстояния в астрономии

Единица измерения	Определение	Значение	Область применения
<b>Световой год</b> внесистемная единица длины	= расстоянию, проходимому <u>светом</u> = расстоянию, проходимому светом за <u>год</u>	95 миллиардов триллионов км	Качеств.предст-ие масштабов расстояния в астрономии: от сек. до млрд св. лет
<b>Астрономическая единица</b>	= среднему расстоянию между <u>центрами масс</u> = среднему расстоянию между центрами масс <u>Земли</u> = среднему расстоянию между центрами масс Земли и <u>Солнца</u> 1а.е. = длине <u>большой полуоси</u> орбиты Земли.	~150 млн.км	Внутри Солнечной системы
<b>1 парсек</b>	Расстояние в 1 парсек соответствует смещению звезды на	3,26 светового года	Расстояние до не слишком далеких звезд

# Относительные размеры объектов

1	46 млрд. световых лет во всех направлениях	Размер видимой Вселенной
2	100 000 св. лет	Диаметр нашей галактики Млечный путь
3	4,5 млрд. км 30 а.е.	Солнечная система: Расстояние от Солнца до самой отдалённой планеты - Нептуна
4	150 млн.км 1 а. е.	Расстояние от Земли до Солнца (большая полуось)
5	13000 км	Диаметр Земли
6	109 диаметров Земли	Диаметр Солнца
7	$3 \cdot 10^{-10}$ м	Размер атома
8	$3 \cdot 10^{-15}$ м	Средний диаметр атомного ядра

# Облик Вселенной

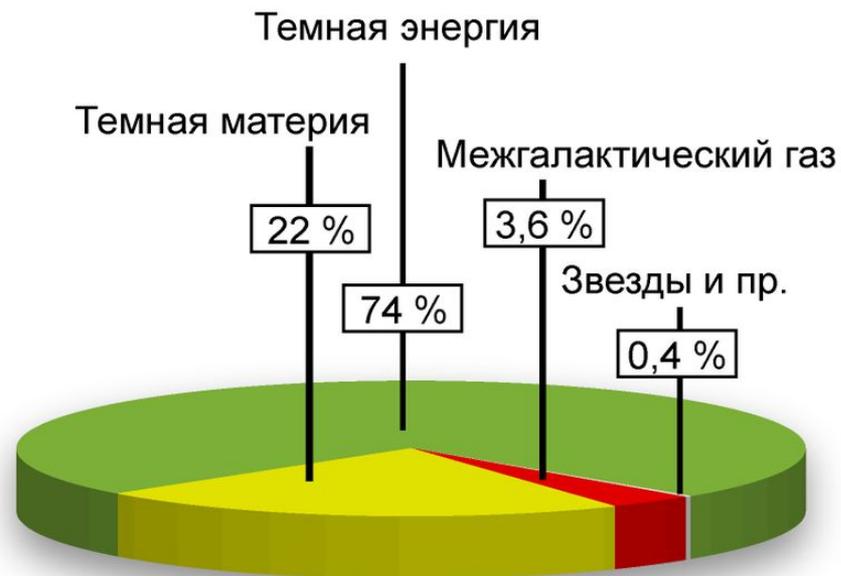
Химический состав	Средняя температура	Плотность
— 75 % — 23 % — 1 % — 0,5 %	К	$10^{-27}$ г/см <sup>3</sup> Состав Вселенной:

# Облик Вселенной

Химический состав	Средняя температура	Плотность
— 75 % — 23 % — 1 % — 0,5 %	К	$10^{-29}$ г/см <sup>3</sup> . Из них: Темная энергия — % Темная материя — % Барионное вещество — %

# Устройство Вселенной

1. **Барионное (видимое) вещество**
2. Тёмная материя Тёмная материя, проявляющаяся через гравитационное воздействие. Тёмная материя сосредоточена в галактиках.
3. Гипотетическая тёмная энергия является причиной ускоренного расширения Вселенной



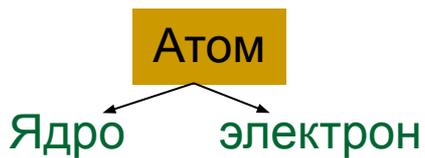
- Согласно расчётам:
- > 70 % массы во Вселенной приходится на тёмную энергию (**если перевести энергию в массу по формуле Эйнштейна**),
- > свыше 20 % — на тёмную материю
- и лишь ~5 % — на обычное вещество.

# Облик Вселенной

Химический состав	Средняя температура	Плотность
Н — 75 % He — 23 % O — 1 % C — 0,5 %	2,725 К	$10^{-29}$ г/см <sup>3</sup> . Из них: Темная энергия — 74 % Темная материя — 22 % Барионное вещество — 4 %

# История возникновения химических элементов

## 1. Водород



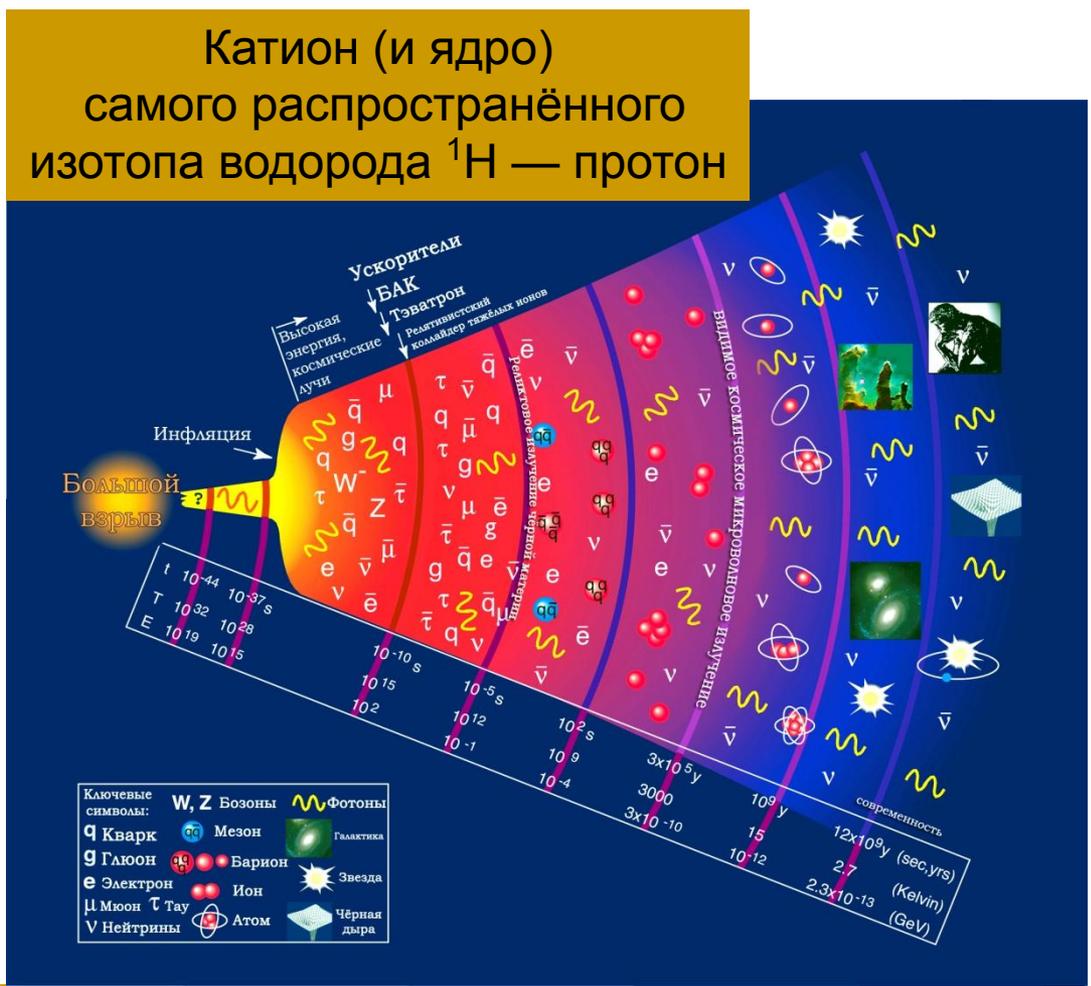
1. Один протон
2. Протон+ нейтрон
3. Протон + 2 нейтрона

→ изотопы:

$^1\text{H}$  — протий (H),

$^2\text{H}$  — дейтерий (D)

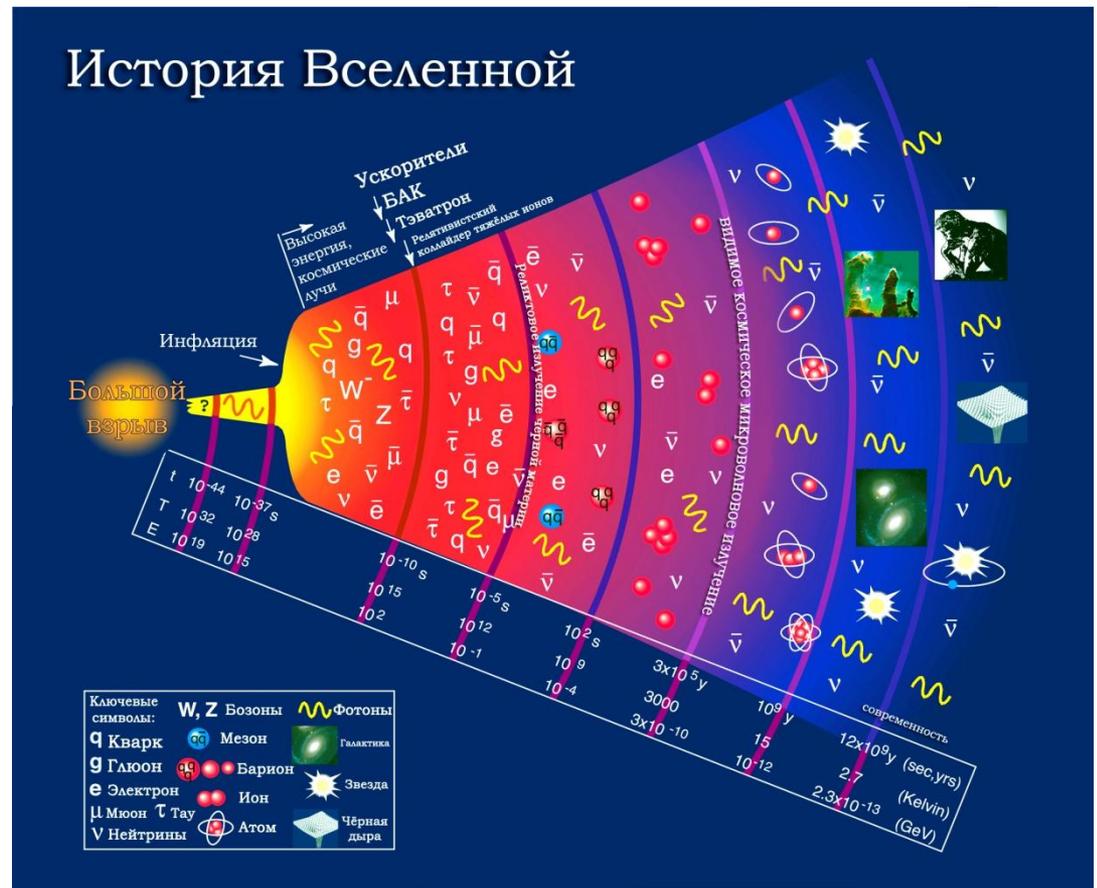
$^3\text{H}$  — тритий (T)



# История возникновения химических элементов

2. Все химические элементы первоначально образовались из водорода

Гелий ( в ядре 2 протона) и литий ( 3) были также изначально синтезированы в очень малых количествах (возраст Вселенной ~ 200с)



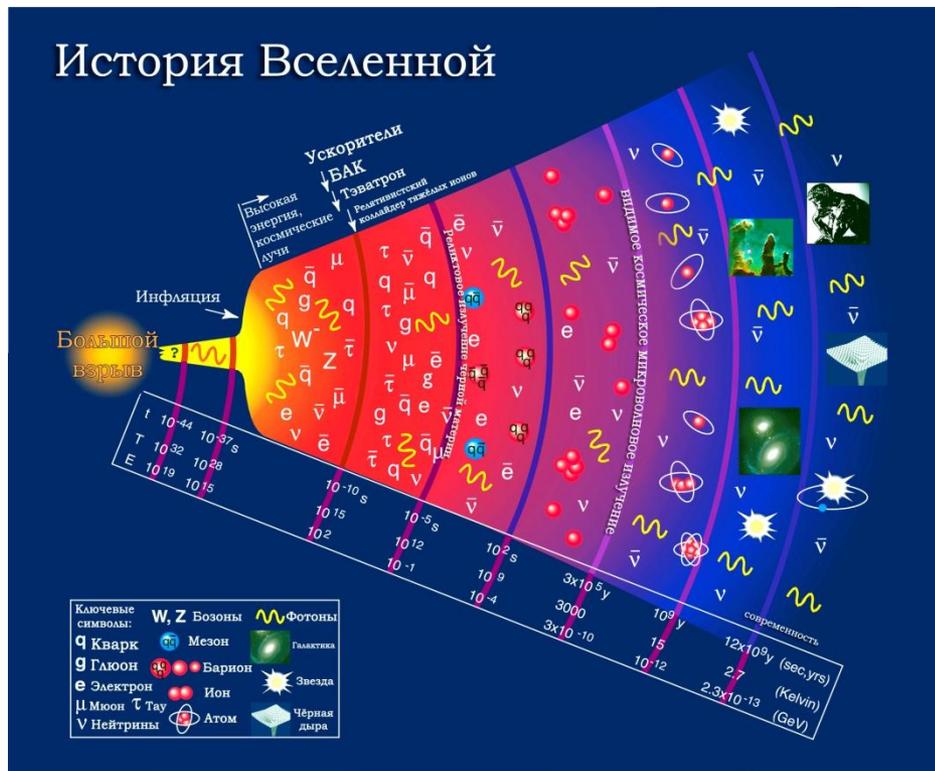
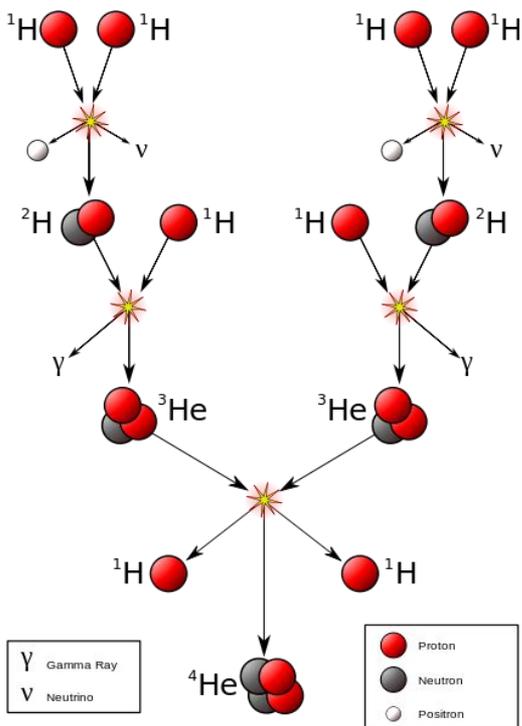
Жизнь зависит от более сложных х.э. Самый важный - углерод

# История возникновения химических

## ЭЛЕМЕНТОВ

### Этапы:

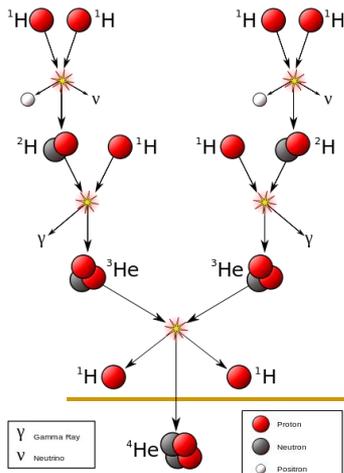
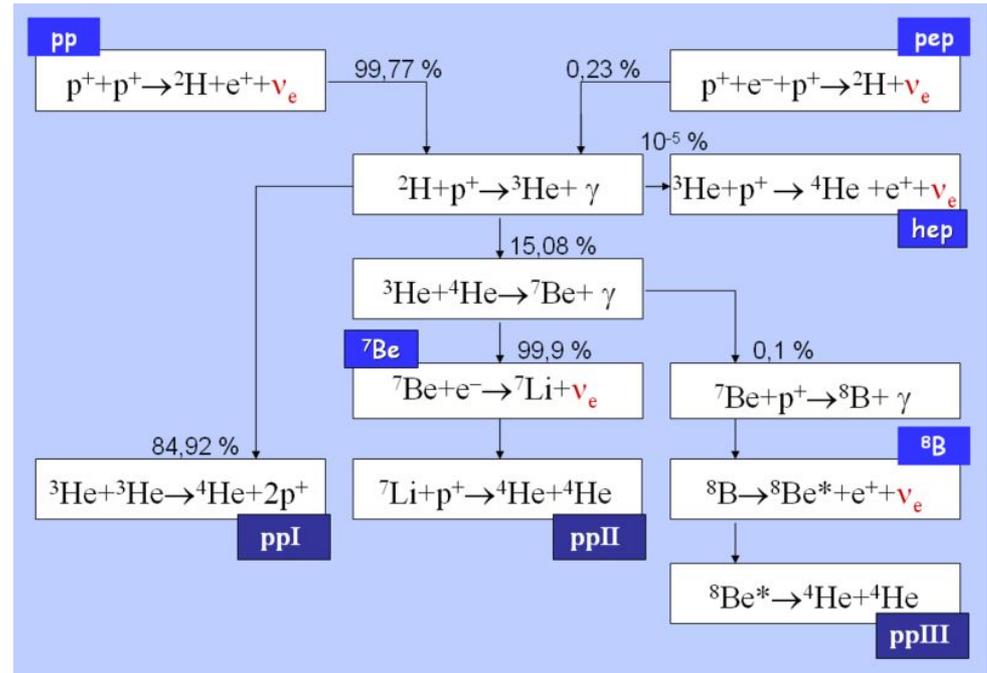
1) Более старые звезды стали накапливать гелий



**Протон-протонный цикл** - совокупность термоядерных реакций.  
Водород Водород превращается в гелий Водород превращается в гелий в звёздах,

# История возникновения химических элементов

- Цикл принято делить на три основных цепочки:
  - ppI,
  - ppII,
  - ppIII.
- Существенный вклад в энерговыделение вносят только первые две



**Ветвь ppI – доминирует при температурах от 10 до 14 млн. градусов**

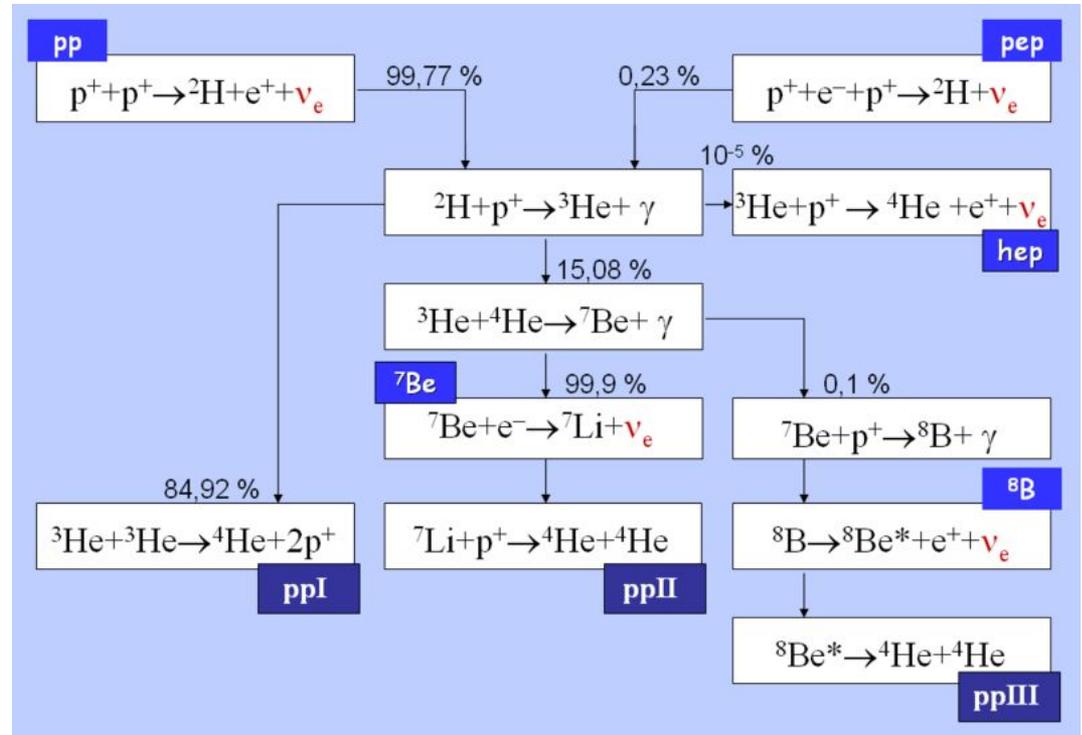
1 - 2 протона сливаются, образуя дейтрон - 2 протона сливаются, образуя дейтрон, позитрон - 2 протона сливаются, образуя дейтрон, позитрон и электронное нейтрино;

2 - дейтрон сливается с протоном, образуя ядро  ${}^3\text{He}$ ;

3 - 2 ядра атома гелия-3 - 2 ядра атома гелия-3 сливаются, образуя ядро атома гелия-4

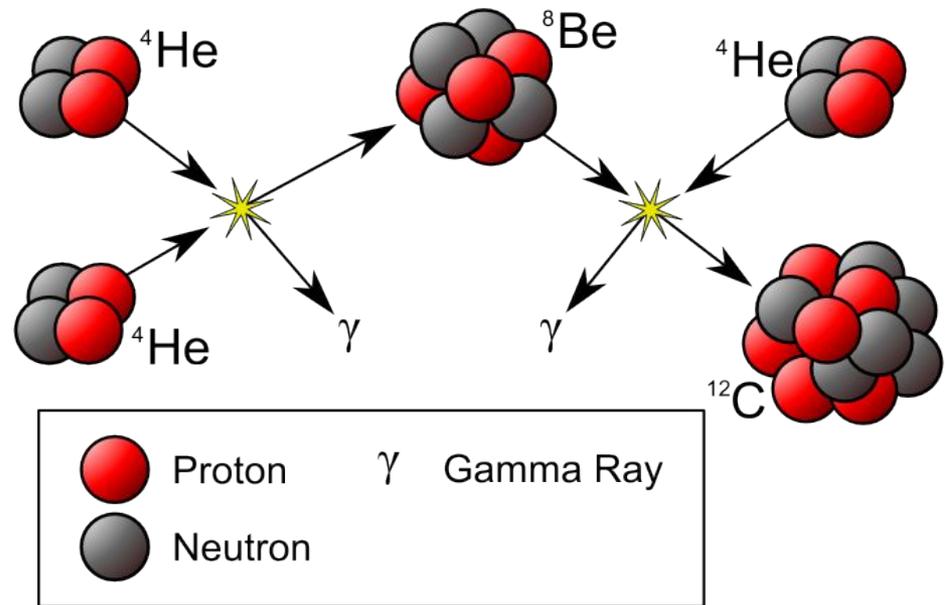
# История возникновения химических элементов

- Когда появился бериллий, он мог слиться с третьим ядром гелия, создавая углерод
- Однако этого не происходит - изотоп Be распадается



# История возникновения химических элементов

- 2) У звезд начинает заканчиваться водород → образуется гелиевое ядро
- Ядро звезды сжимается до тех пор, пока температура в его центре не достигнет ~ 100 млн. градусов Кельвина
  - Ядра сталкиваются столь часто, что ядра Be, не успев распасться, встречаются с ядрами He



**Тройная гелиевая реакция (тройной альфа-процесс)**

Светимость звезды  $\uparrow$ , внешние слои расширяются, т-ра поверхности  $\downarrow$   
— звезда становится красным гигантом

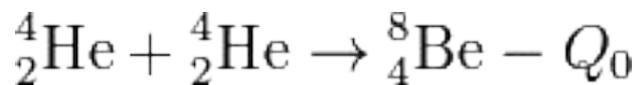
# Периодическая система элементов

Группа → Период ↓	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1	1 <u>H</u>																2 <u>He</u>	
2	3 <u>Li</u>	4 <u>Be</u>										5 <u>B</u>	6 <u>C</u>	7 <u>N</u>	8 <u>O</u>	9 <u>F</u>	10 <u>Ne</u>	
3	11 <u>Na</u>	12 <u>Mg</u>										13 <u>Al</u>	14 <u>Si</u>	15 <u>P</u>	16 <u>S</u>	17 <u>Cl</u>	18 <u>Ar</u>	
4	19 <u>K</u>	20 <u>Ca</u>	21 <u>Sc</u>	22 <u>Ti</u>	23 <u>V</u>	24 <u>Cr</u>	25 <u>Mn</u>	26 <u>Fe</u>	27 <u>Co</u>	28 <u>Ni</u>	29 <u>Cu</u>	30 <u>Zn</u>	31 <u>Ga</u>	32 <u>Ge</u>	33 <u>As</u>	34 <u>Se</u>	35 <u>Br</u>	36 <u>Kr</u>
5	37 <u>Rb</u>	38 <u>Sr</u>	39 <u>Y</u>	40 <u>Zr</u>	41 <u>Nb</u>	42 <u>Mo</u>	43 <u>Tc</u>	44 <u>Ru</u>	45 <u>Rh</u>	46 <u>Pd</u>	47 <u>Ag</u>	48 <u>Cd</u>	49 <u>In</u>	50 <u>Sn</u>	51 <u>Sb</u>	52 <u>Te</u>	53 <u>I</u>	54 <u>Xe</u>
6	55 <u>Cs</u>	56 <u>Ba</u>	*	72 <u>Hf</u>	73 <u>Ta</u>	74 <u>W</u>	75 <u>Re</u>	76 <u>Os</u>	77 <u>Ir</u>	78 <u>Pt</u>	79 <u>Au</u>	80 <u>Hg</u>	81 <u>Tl</u>	82 <u>Pb</u>	83 <u>Bi</u>	84 <u>Po</u>	85 <u>At</u>	86 <u>Rn</u>
7	87 <u>Fr</u>	88 <u>Ra</u>	**	104 <u>Rf</u>	105 <u>Db</u>	106 <u>Sg</u>	107 <u>Bh</u>	108 <u>Hs</u>	109 <u>Mt</u>	110 <u>Ds</u>	111 <u>Rg</u>	112 <u>Cn</u>	113 <u>Uut</u>	114 <u>Uuq</u>	115 <u>Uup</u>	116 <u>Uuh</u>	117 <u>Uus</u>	118 <u>Uuo</u>

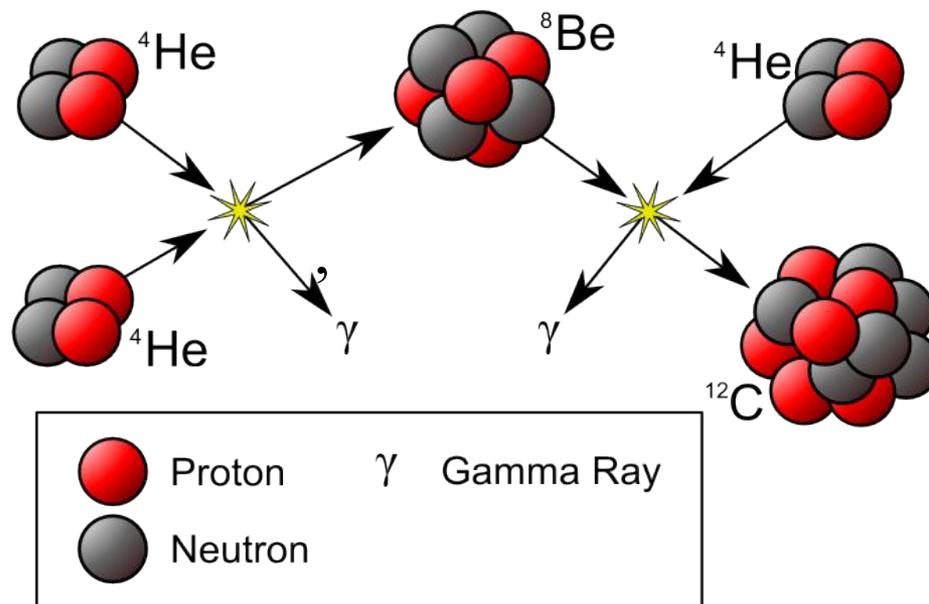
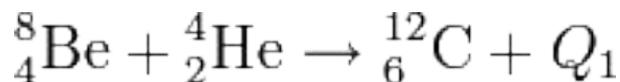
# История возникновения химических элементов

2 этапа тройной гелиевой реакции:

**1** - Образование нестабильного ядра бериллия-8 (период полураспада  $10^{-16}$  с)



**2** - образование возбуждённого ядра углерода-12



**Тройная гелиевая реакция (тройной альфа-процесс) — условное название ядерной реакции слияния ядер гелия-4 в недрах звёзд.**

# История возникновения химических элементов

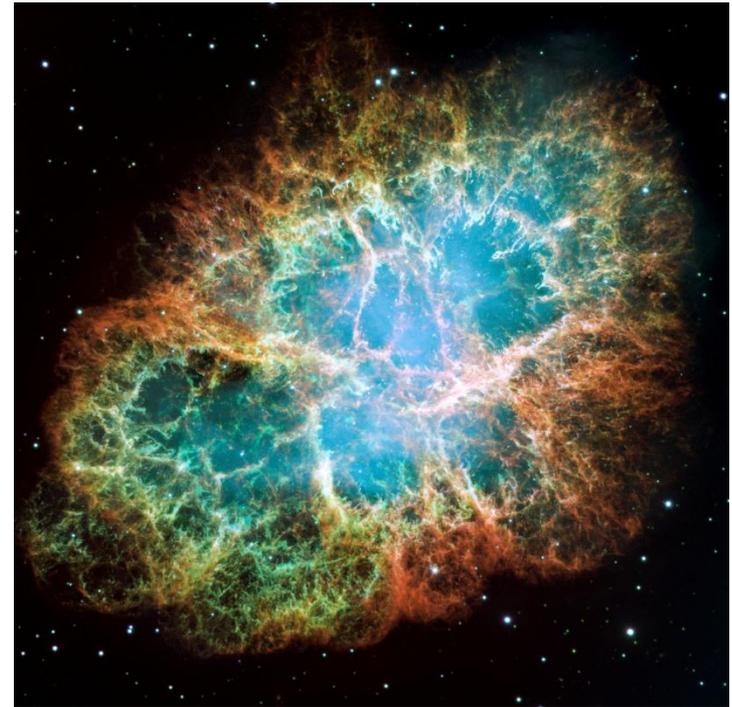
3) - если звезда достаточно массивна:  
возрастающая при сжатии температура может вызвать дальнейшее термоядерное превращение гелия в более тяжёлые элементы

- гелий — в углерод,
  - углерод — в кислород,
  - кислород — в кремний,
  - Кремний — в железо
- На этом этапе дальнейший термоядерный синтез становится невозможен



# Образование более тяжелых элементов

- Звезда с массой большей, чем пять солнечных → стадия красного сверхгиганта → термоядерные реакции от гелия до железа
- Когда железное ядро звезды достигает определённого размера коллапс ядра → взрыв сверхновой звезды
- Струи нейтрино и вращающееся магнитное поле выталкивают большую часть накопленного звездой материала, включая Fe и более лёгкие элементы.
- Разлетающаяся материя бомбардируется вырывающимися из ядра нейтронами, захватывая их.
- Создается набор элементов тяжелее железа, включая радиоактивные, вплоть до урана (возможно, даже до калифорния)
- Крабовидная туманность, разлетающиеся остатки взрыва сверхновой, произошедшего почти 1000 лет назад



# Влияние величины фундаментальных взаимодействий на законы природы

- Компьютерное моделирование зависимости тройного альфа-процесса от величины фундаментальных взаимодействий :

- при изменении величины

- сильного ядерного взаимодействия на 0,5% или
- электромагнитной силы на 4%

во всех звездах  
был бы разрушен  
почти весь C,  
либо же весь O

утратилась бы  
возможность  
возникновения  
жизни

# Влияние величины фундаментальных взаимодействий на законы природы

- при изменении величины слабого ядерного взаимодействия:

□ намного слабее →

весь H, имеющийся в космосе, превратился бы в He

□ намного сильнее →

Сверхновые звезды не сбрасывали бы свою внешнюю оболочку

Законы природы формируют точно настроенную систему.  
Очень мало что в физических законах может быть изменено без уничтожения возможности для развития жизни.

- Космологическая константа  $\Lambda$  в уравнения Эйнштейна

$$R_{ab} - \frac{R}{2}g_{ab} + \Lambda g_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ab}$$

Если бы была гораздо больше, чем она есть, то наша Вселенная разлетелась бы еще до того, как успели образоваться галактики → Жизнь была бы невозможна.

# Фундаментальные физические постоянные

постоянные, входящие в уравнения, описывающие фундаментальные законы природы и свойства материи

Слово «постоянная» в физике употребляется в двойном смысле:

численное значение величины не зависит от каких-либо внешних параметров и не меняется со временем

изменение числ. значения некоторой величины несущественно для рассматриваемой задачи

# Фундаментальные физические постоянные

постоянные, входящие в уравнения, описывающие фундаментальные законы природы и свойства материи

размерные

численные значения  
зависят от выбора  
единиц измерения

безразмерные

численные значения  
не зависят от систем единиц и  
должны определяться чисто  
математически  
в рамках единой теории

ФФП - константы, которые не образуют между собой безразмерных комбинаций  
Их максимальное число равно числу основных единиц измерения

# Фундаментальные физические постоянные

Величина	Символ	Значение
<u>скорость света</u> скорость света в <u>вакууме</u>	$c$	$299\,792\,458\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$
<u>гравитационная постоянная</u>	$G$	$6,673\,84(80)\cdot 10^{-11}\text{ м}^3\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{с}^{-2}$
<u>постоянная Планка</u> (элементарный квант действия)	$h$	$6,626\,069\,57(29)\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}$
<u>постоянная Планка</u> (приведенная)	$\hbar = h/2\pi$	$1,054\,571\,726(47)\cdot 10^{-34}\text{ Дж}\cdot\text{с}$
<u>элементарный заряд</u>	$e$	$1,602\,176\,565(35)\cdot 10^{-19}\text{ Кл}$
<u>постоянная Больцмана</u>	$k$	$1,380\,6488(13)\cdot 10^{-23}\text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}$
космологическая константа (в космологии)	$\Lambda$	$<10^{-29}\text{ г/см}^3$

# Некоторые другие физические постоянные

Величина	Символ	Значение
масса <u>электрона</u>	$m_e$	$9,109\ 382\ 15(45) \cdot 10^{-31}$ кг
масса <u>протона</u>	$m_p$	$1,672\ 621\ 637(83) \cdot 10^{-27}$ кг
масса <u>нейтрона</u>	$m_n$	$1,674\ 927\ 211(84) \cdot 10^{-27}$ кг
<u>стандартное ускорение свободного падения</u> на поверхности Земли	$g_n$	$9,806\ 65$ м·с <sup>-2</sup>

Протоны на 2% тяжелее – распались бы на нейтроны, дестабилизируя ядро

# Планковские величины (размерные комбинации постоянных $c$ , $G$ , $h$ , $k$ )

Фунд. физ. постоянные являются естественными масштабами физ. величин  
Переход к ним в качестве единиц измерения лежит  
в основе построения естественной (планковской) системы единиц.

Величина	Символ	Значение
Планковская масса	$m_p$	$2,176\ 44(11) \cdot 10^{-8}$ кг
Планковская длина	$l_p$	$1,616\ 252(81) \cdot 10^{-35}$ м
Планковская время	$t_p$	$5,391\ 24(27) \cdot 10^{-44}$ с
Планковская температура	$T_p$	$1.416785(71) \cdot 10^{32}$ К

Система «естественных» единиц измерения предложена в 1899 году Система