

Астрономия

53-101

Схема 50. Развитие представлений о строении Вселенной

Основные идеи и достижения

- Идея о гелиоцентрической системе
- Теория Солнца и Луны система
- Геоцентрическая теория
- Определение радиуса Земли и Солнца
- Определения главных астрономических постоянных
- Гелиоцентрическая система
- Идея бесконечности Вселенной
- Открытие пятен на Солнце, фаз Венеры, гор на Луне, 4 спутников Юпитера
- Законы движения планет
- Законы небесной механики
- Звездно-космогоническая теория развития космической материи
- Определение расстояния до звезд
- Гипотеза о возникновении солнечной системы

Авторы

Аристарх Самосский (III в. до н.э.)
Гиппарх (II в. до н.э.)
К. Птолемей (90-168 гг.)
Бируни(973-1048гг.)

Улугбек (1394-1449 гг.)

Н. Коперник (1473-1543 гг.)
Д. Бруно (1548-1600 гг.)

Г. Галилей (1564-1642 гг.)
И. Кеплер (1571-1630 гг.)
И. Ньютон (1642-1727 гг.)

У. Гершель (1738-1822 гг.)
Ф.В. Бессель (1784-1846 гг.)

И. Кант (1724-1804 гг.)

- Идея о внутриатомной природе источников звездной энергии
- Теория звездной природы галактик
- Открытие зависимости между абсолютной звездной величиной и спектральным классом звёзд
- Модель расширяющейся Вселенной
- Теория горячей Вселенной
- Открытие квазаров
- Открытие пульсаров

- Д.Х. Джине (1877-1946 гг.)
- Э.П. Хаббл (1889-1953 гг.)
- Э. Герцшпрунг (1888-1925 гг.)
- А. Фридман (1873-1967 гг.)
- Г. Гамов (1904-1968 гг.)
- М. Шмидт, Т. Мэтьюз, Э. Сэндидж
- Э. Хьюиш (род. в 1924 г.)

Схема 51. Современные космологические теории эволюции Вселенной (основные теории)

Основные теории эволюции Вселенной



Теории стационарного состояния Вселенной

Теории нестационарного состояния Вселенной

Общим для них является представление о Стационарной Вселенной.
Стационарность означает:

- Вселенная не претерпевает эволюции
- изменяться могут отдельные космические объекты, но не мир в целом.

Общим для них является представление о нестационарном изотропном и однородном характере ее моделей.
Нестационарность означает:

- Вселенная и ее пространство расширяются с течением времени;
- либо Вселенная сжимается;

Пространство и время:
абсолютны (т.е. не зависят от
материальных
объектов и процессов),
метрически бесконечны,

однородны и изотропны

- либо во Вселенной чередуются циклы сжатия и расширения.

Изотропность означает:

- свойства Вселенной одинаковы во всех ее направлениях.

Однородность означает:

- свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках

Схема 52. Современные космологические модели Вселенной

(основные модели Вселенной)

Основные модели Вселенной

| Модель «постоянного состояния» | | Модель «горячей» Вселенной |
|--|--|---|
| <p>Модель «постоянного состояния», была выдвинута в 1948 г. Германном Бонди, Томасом Гоулдом, Фредом Хойлом. Она описывала постоянно расширяющуюся Вселенную, не имеющую ни начала, ни конца. Название модели говорит, что плотность вещества в ней имеет постоянную величину. В данной модели расширение системы при одновременном сохранении плотности вещества обеспечивается за счет непрерывного поступления нового вещества.</p> | | <p>Модель «горячей» Вселенной, была выдвинута в 1948 г. Георгием Гамовым. Она описывает расширяющуюся Вселенную с начального состояния (так называемой сингулярной точки): бесконечная плотность массы, бесконечная кривизна пространства и взрывное, замедляющееся со временем расширение при высокой температуре. Подтверждением данной теории считалось открытое в 1964 г. микроволновое фоновое излучение. Оно рассматривалось как остаточное явление ранней горячей стадии в развитии Вселенной. Однако по</p> |

Сформулировать процесс образования вещества, не нарушая законы сохранения массы и энергии, можно математически

другим исследованиям (Ф. Хойл, В.С. Реддиш и др.) такое излучение представляет собой переработанное излучение, поступающее главным образом от звезд

Схема 53. Современные космологические модели Вселенной (стандартная модель эволюции Вселенной)

Основные этапы космической эволюции:

- **Начальное состояние Вселенной:** первоначальное сингулярное, т.е. сверхплотное состояние вещества

93

-33

Вселенной составляло 10^{15} г/см³, а ее первоначальный размер составлял 10^{-27} см. В сингулярном состоянии Вселенная представляла собой микрообъект ничтожно малых масштабов.

- **Этап Большого взрыва:** от первоначального сингулярного состояния Вселенная перешла к расширению в результате Большого взрыва (около 20 млрд. лет назад). В результате Большого взрыва образовалась не только материя, но и само пространство - время. «Снаружи» не было ничего, даже пустого пространства, куда мог бы

расширяться Большой взрыв.

- **Этап первичного ядерного синтеза:** образование нейтральных атомов из свободных электронов и

новорожденных атомов.

- **Этап формирования галактики:** возникновение и эволюция звезд различных масс, в которых путем различного вида ядерных реакций создавались в разных пропорциях легкие, средние и тяжелые элементы.

- **Подтверждение данной теории:**

расширение Вселенной - разбегающиеся галактики (красное смещение);

реликтовое излучение фотонов и нейтрино, образовавшихся в ранней горячей стадии расширения Вселенной

**Схема 54. Современные космологические модели Вселенной
(альтернативные космологические теории)**

| Модели, включающие Большой взрыв | K | Пространство | Протяженность пространства | Характер эволюции |
|---|----------|---------------------|-----------------------------------|--|
| Эйнштейна - де Ситтера | 0 | Плоское | Открытое и бесконечное | Расширяется вечно |
| Фридмана - Леметра | -1 | Гиперболическое | Открытое и бесконечное | Расширяется вечно |
| Фридмана - Леметра | +1 | Сферическое | Закрытое и конечное | Расширение сменяется сжатием |
| Леметра | +1 | Сферическое | Закрытое и конечное | Расширяется вечно, имеется квазистатическая фаза |

| Модели, исключающие Большой взрыв | | | | |
|--|----|-------------|---------------------------|--|
| Эддингтона - Леметра | +1 | Сферическое | Закрытое и конечное | Сначала статистическ ая, затем расширяется вечно |
| Стационарная модель | 0 | Плоское | Открытое и бесконечное | Стационарна, но не статична |

¹ Примечание: К - постоянная кривизны (+1, -1 или 0).

Схема 55. Космическая шкала времени

От первоначального сингулярного состояния Вселенная перешла к расширению в результате Большого взрыва

| Космическое время | Эпоха | Температура (К) | Характерные процессы | Время от сегодняшнего момента |
|-------------------|---------------|-----------------|---|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | Сингулярность | | Большой взрыв | 20 млрд. лет назад |
| -43 10 сек | Планка | 32 10 | Рождение элементарных частиц. Во Вселенной доминирует излучение | |
| -33 10 сек | Барионов | 28 10 | Установление числа барионов, возникновение асимметрии между материей и антиматерией | |
| 4 10 сек | Андронов | 14 10 | Аннигиляция протон - антипротонных пар | |

| | | | | |
|------------------|----------------------|------|---|-------|
| -3 | Лептонов | 12 | Аннигиляция электронно-позитронных пар | |
| 10 сек | | 10 | | |
| 100 сек | Синтеза ядер | 109 | Становление первоначального химического состава Вселенной (H-70%, He-30%) | |
| 10000 лет | Вещества | | Во Вселенной начинает доминировать вещество | |
| 8 10 лет | Прозрачной Вселенной | 3500 | Отделение излучения от вещества | 19,7 |
| 1-2 млрд. лет | | | Начало образования галактик | 19-18 |
| 3 | | | Галактики начинают образовывать скопления | 17 |
| 4 | | | Сжатие нашей Протогалактики | 16 |
| 4,1 | | | Образование звезд | 15,9 |
| 15,2 | | | Образование межзвездного облака, давшего начало Солнечной системе | 4,8 |
| 15,4 | | 2,7 | Образование планет | |

Схема 56. Космическая шкала времени (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|-----------------|---|---|----------------|
| 16,1 | Археозойская | | Образование самых древних земных пород | 3,9 |
| 17 | | | Зарождение микроорганизмов | 3 |
| 18 | Протерозойская | | Возникновение атмосферы, богатой кислородом | 2 |
| 19 | Рифей | | Зарождение макроскопических форм жизни | 1 |
| 19,4 | Венд | | Самые ранние окаменелости | 600млн. лет |
| 19,420 | Палеозой | | Иглокожие, трилобиты, | 580 |
| 19,425 | Ранний кембрий | | брахиоподы. | 575 |
| 19,49 | Поздний кембрий | | Фораминисферы, моллюски. | 510 |
| 19,575 | Ранний силур | | Челюстноротые Бесчелюстные | 450-425 425 |
| 19,580 | Поздний силур | | Первые растения на суше | 420 |
| 19,610 | Ранний девон | | Рыбы, папоротники, бескрылые насекомые | 390 |

| | | | | |
|--------|---------------|--|--------------------------|-----|
| 19,630 | Поздний девон | | Голосеменные. Крылатые | 370 |
| 19,690 | Поздний | | Насекомые. Зверообразные | 310 |
| 19,735 | карбон Ранняя | | Ящеры Динозавры Птицы. | 265 |
| 19,755 | пермь Мезозой | | Покрытосеменные Приматы | 245 |
| 19,850 | Ранний триас | | Злаки Грызуны | 150 |
| 19,880 | Поздняя юра | | | 120 |
| 19,939 | Ранний мел | | | 61 |
| 19,944 | Кайнозой | | | 56 |
| 19,955 | Палеоцен | | | 45 |
| 19,955 | Эоцен | | | |
| 19,998 | Плейстоцен | | Человек | 2 |

Схема 57. Галактики

| Галактики | | |
|--|---|--|
| Крупные системы, состоящие из звезд, газа и пыли | | |
| Сверхскопление галактик | Скопление галактик | Группа галактик |
| <p>Диаметр 40 мегапарсек, число галактик 10000.</p> <p>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)</p> | <p>Диаметр 5 мегапарсек, число галактик 100-500 (скопление в созвездии Девы 2500). Ближайшие скопления галактик находятся в созвездиях Пегаса и Рыбы (расстояние 65 мегапарсек)</p> | <p>Диаметр 1 мегапарсек, число галактик 5-30.</p> <p>Местную группу галактик (диаметр 2 мега-парсека) образуют 2 гипергалактики, внутри которых находятся гигантские галактики: Галактика и туманность Андромеды, окруженные 27 карликовыми галактиками.</p> <p>4 ближайшие группы находятся на расстоянии 2-4 мегапарсека</p> |
| <p><i>Вселенная - это сотни миллионов галактик, каждая из которых содержит миллиарды звезд. Галактики разделены друг от друга миллионами световых лет космического пространства. Все эти системы вращаются вокруг своей оси с периодами в сотни миллионов лет. Такова Большая Вселенная</i></p> | | |

Схема 58. Структура галактик

| Галактики | | |
|--|--|---|
| Спиральные | Неправильные | Эллиптические |
| <p>Наша Галактика (Млечный Путь) - типичный представитель спиральных галактик. Ее центральная часть имеет вид выпуклости в центре спирали. Два спиральных рукава отходят от центра, образуя плоский звездный диск. Спутник Млечного Пути, туманность Андромеды, - одна из самых массивных среди известных спиральных галактик. Ее масса равна 400 млрд. масс Солнца (не включая темную материю). Минимальная масса спиральной галактики - 1 млрд. солнечных масс</p> | <p>Галактики, имеющие массу менее 1 млрд. солнечных масс, не в состоянии сохранить правильный диск и устойчивые спиральные рукава. Их «растрепанный» вид дал основание назвать их «неправильными галактиками». Самые малые из неправильных галактик не намного больше, чем скопления звезд и газа, встречающиеся в рукавах спиральных галактик</p> | <p>Эллиптические галактики - шаровые скопления звезд, сферические или эллиптические по форме. В них содержится незначительное количество газа и пыли, поэтому в таких галактиках отсутствуют области, где могли бы зародиться звезды и нет молодых звезд. Рождение звезд в таких галактиках происходит одновременно с образованием самих галактик. Размеры их различны от самых больших и массивных, состоящих из миллиона миллионов (10^{12}) звезд, до самых слабых скоплений, содержащих менее миллиона звезд</p> |

Схема 59. 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 - 10^8 |
| Карликовые галактики и пигмеи | эллиптические | 10^7 - 10^6 |

Млечный Путь входит в группу, включающую около двадцати галактик, которую называют Местной. Помимо нашей Галактики в нее входят туманность Андромеды - гигантская спиральная галактика (М 31, расстояние до нее 670 килопарсек или 1,5 млн. световых лет, масса $3 \cdot 10$ массы Солнца), Малое Магелланово Облако - неправильная галактика, Большое Магелланово Облако - нечто промежуточное между спиральной и неправильной галактиками (расстояние до них соответственно 63 и 52 килопарсека, их масса соответственно $2 \cdot 10^9$ и $1 \cdot 10^{10}$ массы Солнца), и ряд малых неправильных и эллиптических галактик. Диаметр нашей Местной группы галактик 5 млн, световых лет.

Активные галактики

Активные галактики

Первый тип - «взрывающиеся» галактики

-спиральные или неправильные галактики, в которых большая часть межзвездного вещества сразу перешла в звезды. С 1983 г. были открыты тысячи взрывающихся галактик, причем тепловое излучение от некоторых из них в сотню раз превосходит световое

Второй тип - еще более активные галактики в центре которых имеется мощный источник энергии - активное ядро, являющееся мощным источником световых, радио- и рентгеновских волн. Это небольшая область - не больше Солнечной системы, выделяет столько же энергии сколько миллион миллионов (10^{12})

Солнц

Сейфертовские галактики (К. Сейферт) - спиральные галактики с крошечной яркой точкой свечения в центре. В центре таких галактик содержатся газы, движущиеся с высокими скоростями

У эллиптических галактик, имеющих активные ядра, но содержащих мало газа - горючим является звездный газ.

Процесс получения последнего следующий: гравитационное притяжение черной дыры может разрывать звезды, орбиты которых слишком близко

Квazarы - тип галактик. Размер ядра квазара в поперечнике равен размеру Солнечной системы, а излучение его более чем в тысячу раз превосходит излучение обычных галактик. Единственным источником такой концентрации энергии является мощное гравитационное поле вокруг черной дыры. При падении газа на черную дыру до 40% его массы может перейти в энергию. У спиральной галактики вполне хватает газа для того, чтобы «прокормить» черную дыру в центре квазара

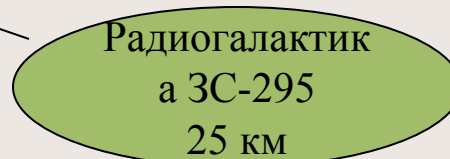
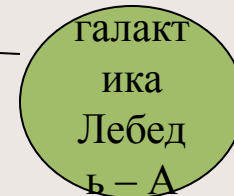
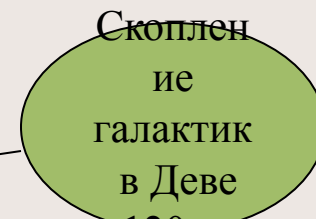
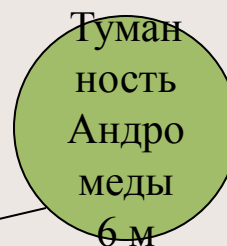
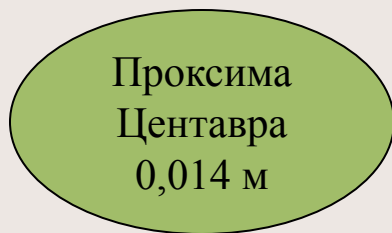
Схема 61. Космический круговорот вещества в галактике



Схема 62. Модель Галактики и Метагалактики

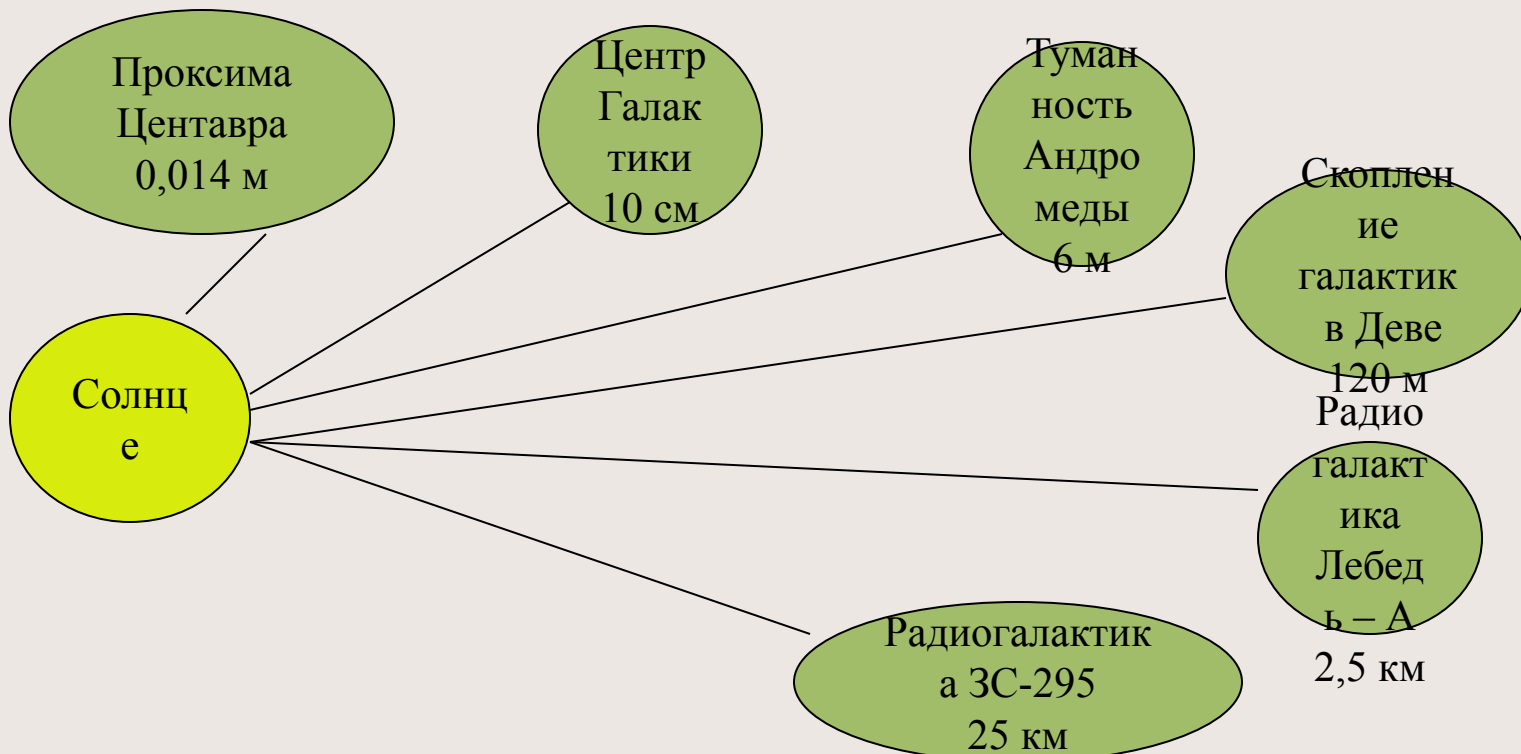
ГАЛАКТИКА

(Млечный Путь - звездная система, содержащая до 10^{11} звезд, к которой принадлежит Солнечная система)



МЕТАГАЛАКТИКА

(изученная часть Вселенной со всеми находящимися в ней галактиками и другими объектами)



Масштаб: земная орбита = внутренней орбите атома водорода в классической модели Бора (радиус этой орбиты равен $0,53 \cdot 10^{-8}$ см)

Галактика в этом масштабе:

- расстояние до ближайшей звезды Проксима Центавра будет 0,014 мм
- расстояние до центра Галактики около 10 см
размеры нашей звездной системы будут около 35 см.
- диаметр Солнца будет 0,0046 А (ангстрем - единица длины, равная 10^{-8} см)

Реальные размеры Галактики: диаметр - 120 тыс. световых лет, толщина 10 тыс. световых лет

Метагалактика в этом масштабе: •
расстояние до туманности Андромеды будет 6 м (реальное ее удаление 1,5 млн. световых лет); •
расстояние до центральной части скопления галактик в Деве, куда входит и наша местная система галактик будет 120 м, причем такого же порядка будет размер самого скопления (реальное удаление 50 млн. световых лет); •
расстояние до радиогалактики Лебедь - А будет 2,5 км; •
расстояние до радиогалактики ЗС-295 будет 25 км ... (реальное ее удаление 5 млрд, световых лет).
Скорость удаления радиогалактики Лебедь - А около 17 тыс. км/сек, радиогалактики ЗС-295 около 138 тыс. км/сек

Реальные размеры Метагалактики около 20 млрд, световых лет

Схема 63. Местная система галактик



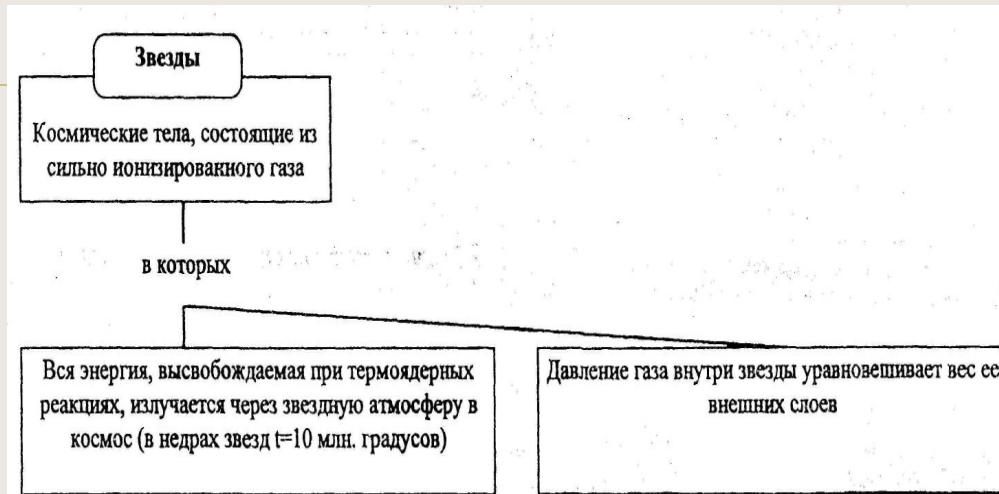
В Местной системе галактик выделяют две главные группы со сверхгигантами в каждой. Это наша Галактика (Млечный Путь) с ее спутниками - Магеллановыми Облаками и Андромеда (М 31) с ее несколькими эллиптическими спутниками. На две сверхгигантские системы приходится одна умеренная по размерам спираль (М 33 в Треугольнике), две компактные карликовые эллиптические галактики (NGC 205 и 221), две довольно разреженные (NGC 147 и 185), шесть сфероидальных крайне разреженных (в Печи, Скульпторе, Лев I, Лев II, в Малой Медведице, Драконе), неправильные галактики (Магеллановы Облака, NGC 6822, IC 1613, система Вольфа - Лундмарка, три системы Хольмберга и три карлика в Секстане, еще мало изученные). Итак, в Местной системе две гигантские спирали, одна средняя спираль и 17 - 20 карликов, преимущественно эллиптических и

Схема 65. Звездная система Млечный Путь - Галактика (общая характеристика)

| | |
|--|----------------------------------|
| Диаметр | 120000 световых лет |
| Толщина | 6500 световых лет |
| Масса | $1,4 \cdot 10^{11}$ массы Солнца |
| Масса газа и пыли от массы всех звезд | 5% |
| Расстояние спиральных рукавов от центра | 30000 - 40000 световых лет |
| Скорость вращения: | |
| • на расстоянии 3000 св. лет от центра | 200км/с |
| • на расстоянии 6000 св. лет от центра | 183 км/с |
| • на расстоянии 30000 св. лет от центра | 250км/с |
| • на расстоянии 100000 св. лет от центра | 150км/с |
| Скорость освобождения: | |
| • для центра Галактики | |
| • над Солнцем для края | 700км/с |
| • Галактики | 360км/с 240км/с |

Схема 68. Звездная форма бытия космической материи

Звезды «Звездная субстанция» составляет 97 % массы нашей Галактики



Примечание:

1. Граница между массами звезд и планет равна 0,02 массы Солнца, т.е. при массе меньше этой **границы**, термоядерной реакции не происходит (масса звезды Пласкетта = 90 массам Солнца)
2. Простейшие звездные системы - кратные системы, состоящие из двух и более звезд;
 - «рассеянные» системы, состоящие из несколько сотен отдельных звезд;
 - «шаровые» системы, состоящие из многих сотен тысяч звезд.

Схема 69. Виды звезд



Схема 70. Виды звезд (продолжение)

Звезды

Красные карлики

Звезды, диаметр которых в 2-3 раза меньше диаметра Солнца, их средняя плотность в 4-5 раз больше плотности воды и втрое больше плотности Солнца

Красные гиганты

Звезды большой светимости: диаметр их в сотни раз больше диаметра Солнца; плотность в тысячи раз меньше плотности воздуха

Белые карлики

Электронные постзвезды: масса такого типа звезды порядка массы Солнца, а радиус - 0,01 радиуса Солнца; плотность Ют/см³. Светимость 10⁻⁴ светимости Солнца

Черные дыры

Звезды, сжатые до величины гравитационного радиуса (для Земли величина гравитационного радиуса равна 1 см, для Солнца - 3 км). В них вещество находится в состоянии сингулярности (плотность выше 10⁷⁴ г/см³). Черная дыра имеет и другие названия: «коллапсар», «флуктуар», «отон», «застывшая звезда», «гравитационная

Нейтронные

Звезды, состоящие из огромного сгустка нейтронов, силы гравитации разрушили в них сложные ядра и вещество снова стало состоять из отдельных элементарных частиц. Масса их близка к массе Солнца; радиус 1/50000 от солнечного (10-30 км); плотность до 100 млн.т/см³

Пульсары

Пульсирующие космические источники радио-, оптического, рентгеновского и гамма-излучений

У радиопульсаров (быстро вращающихся нейтронных звезд) периоды импульсов - 0,03-4 сек; у рентгеновских пульсаров (двойных звезд, где к нейтронной звезде перетекает вещество от второй, обычной звезды) периоды составляют несколько секунд и более

Квazarы

Квазизвездные источники радиоизлучения; космические объекты чрезвычайно малых угловых размеров. Отдаленность от Солнца несколько тысяч мегалареек. Это образования окраин Вселенной. Они излучают в десятки раз больше энергии, чем самые мощные галактики. Масса ядра 10⁸-10⁹ масс Солнца; размеры 10¹⁶-10¹⁷ см

Схема 71. Общая характеристика звезд

Звезды (сверхгиганты - I, гиганты - III, карлики - V)

| Цвет | Спектральный класс* | Эффективная температура (К) | | | Масса в массах Солнца | | | Радиус в радиусах Солнца | | | Светимость в единицах светимости Солнца | | |
|------------------|---------------------|-----------------------------|------|-------|-----------------------|------|-----|--------------------------|-----|------|---|--------|--------|
| | | I | III | V | I | III | V | I | III | V | I | III | V |
| Голубой | O5 | | | 40000 | 150 | 40 | | | | 18 | | 500000 | |
| Голубовато-белый | B0 | 30000 | | 28000 | 50 | 17,5 | | 20 | 15 | 7,4 | 250000 | 20000 | |
| | B5 | 24000 | | 15500 | 25 | 6,5 | | 30 | 10 | 3,8 | 60000 | 800 | |
| Белый | A0 | 12000 | | 9900 | 15 | 3,2 | | 40 | 6 | 2,5 | 20000 | 80 | |
| | A5 | 9200 | | 8500 | 13 | 2,1 | | 50 | | 1,7 | 10000 | 20 | |
| Желто-белый | F0 | 7000 | | 7400 | 12 | 1,7 | | 60 | | 1,35 | 8000 | 6 | |
| | F5 | 6300 | | 6580 | 11 | | 1,3 | 80 | 4 | 1,2 | 6300 | 2,5 | |
| Желтый | G0 | 5700 | 5600 | 6030 | 10 | 2,5 | 1,1 | 100 | 6 | 1,05 | 6300 | 30 | 1,3 |
| | G5 | 4850 | 5000 | 5520 | 11 | 3 | 0,9 | 125 | 10 | 0,93 | 6300 | 50 | 0,8 |
| Оранжевый | K0 | 4100 | 4500 | 4900 | 12 | 4 | 0,8 | 200 | 15 | 0,85 | 8000 | 80 | 0,4K5 |
| | K5 | 3500 | 3800 | 4130 | 13 | 5 | 0,7 | 400 | 25 | 0,74 | 15000 | 200 | 0,15 |
| Красный | M0 | | 3200 | 3480 | 15 | 6 | 0,5 | 500 | 100 | 0,63 | 30000 | 400 | 0,06 |
| | M5 | | 2500 | 2800 | | | 0,2 | | 250 | 0,30 | 50000 | 1000 | 0,008 |
| | M8 | | 2400 | | | | 0,1 | | 500 | 0,12 | | | 0,0008 |

* Последовательность спектров звезд обозначается буквами: O, B, A, F, C, K, M - от самых горячих к очень холодным.

Схема 72. Общая эволюция звезд

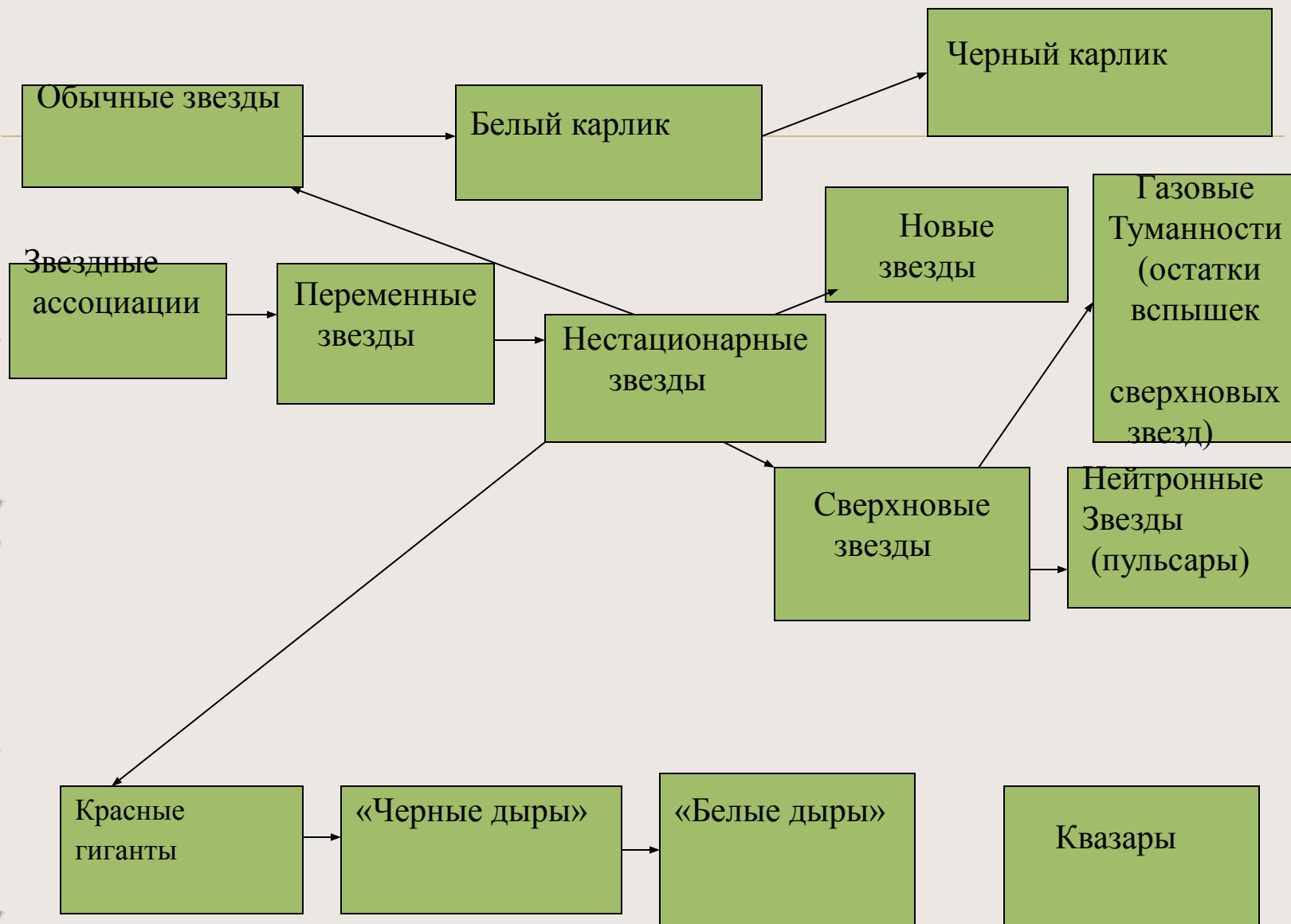
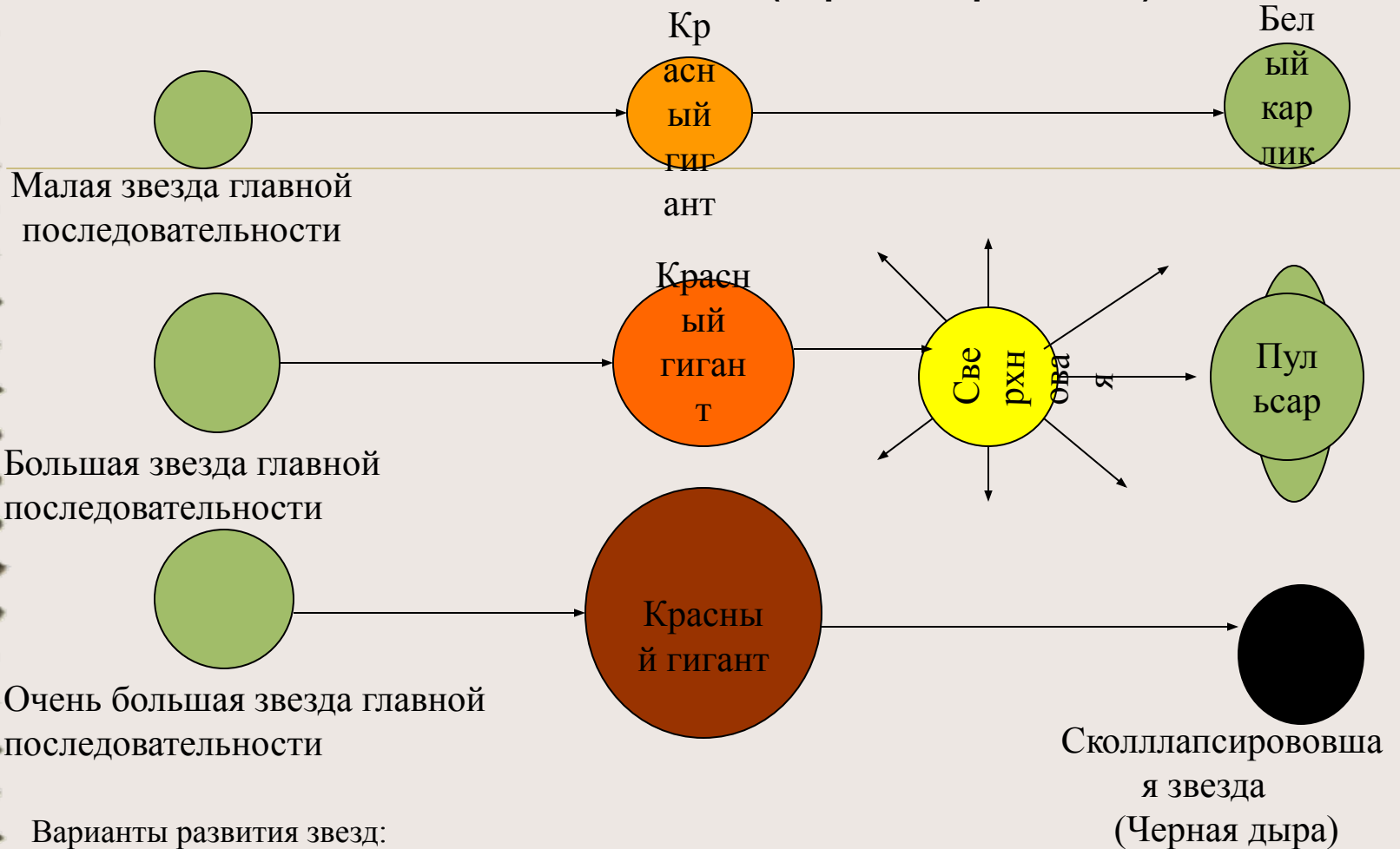


Схема 73. Эволюция звезд (варианты развития)

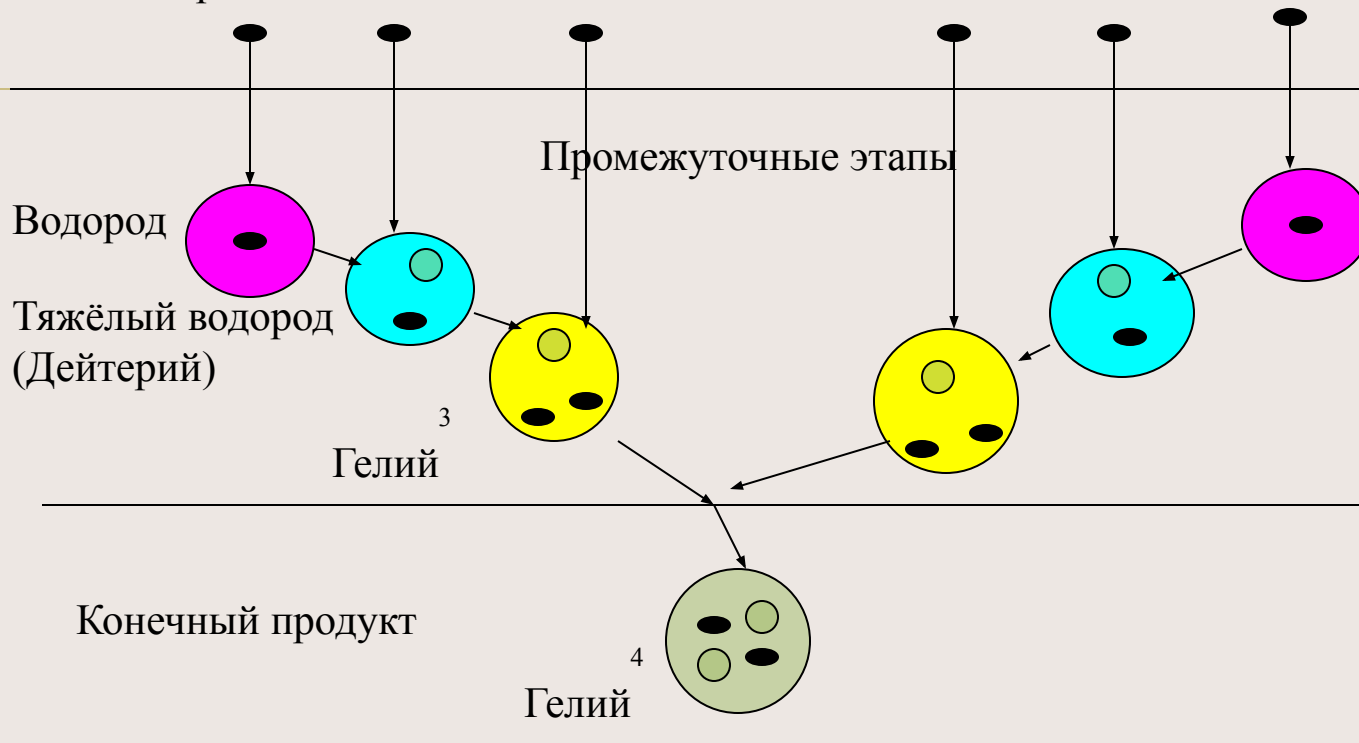


Варианты развития звезд:

- I. Звезды массой от 1 до 1,2 массы Солнца эволюционируют к белому карлику, который остывая, превращается в черного карлика
- II. Звезды с массой 2,0 массы Солнца эволюционируют к нейтронной звезде: последняя, если сможет захватить межзвездный па или вещество двойной звезды, превращается в черную дыру.
- III. Звезда с массой более 2,0 массы Солнца эволюционирует к черной дыре через коллапс звезды.

Схема 74. Внутризвездные процессы Процесс преобразования водорода в гелий в звезде:

Атомы водорода



Солнце, как звезда главной последовательности, представляет собой сферическую массу раскаленной материи диаметром 1392000 км. Это кипящий котел, в котором при 13 млн. градусов по Цельсию водород, составляющий большую часть Солнца, теряет электроны и его ядра сталкиваются и сливаются воедино в цепочке ядерных реакций, дающих в результате гелий. Солнце, как звезда главной последовательности, находится в самой середине своего жизненного пути; примерно через 5,5 млрд. лет оно израсходует запас водорода и прекратит существование.

Схема 75. Гипотезы об образовании Солнечной системы

| Основная идея гипотезы | Год | Автор |
|--|------|-----------------|
| Вихревое движение - единственная устойчивая форма движения, из первичных и вторичных вихрей образовались Солнце и планеты со спутниками | 1644 | Р. Декарт |
| Гигантская комета столкнулась с Солнцем и вырвала из него вещество из которого образовались планеты | 1745 | Ж.Л.Л. Бюффон |
| Конденсировалось вращающееся облако межзвездного газа | 1755 | И. И. Кант |
| Объяснение предыдущей гипотезы: облако стягивалось и каждый раз, когда центробежная сила оказывалась достаточно большой, от облака отделялось газовое кольцо, из которого образовывалась планета | 1796 | П.С. Лаплас |
| Солнце прошло близко от звезды и из него вырвалось вещество | 1878 | А. Бикертон |
| Солнце прошло близко от звезды и вещество выплеснулось из приливной волны | 1901 | Т.К. Чемберлин |
| В магнитном поле Солнца из ионов, выброшенных Солнцем, образовались газовые кольца | 1912 | О. Биркеланд |
| Солнце столкнулось со звездой, после столкновения звезда распалась остались Солнце и длинный газовый хвост, из которого образовались планеты | 1913 | С. А. Аррениус |
| Звезда задела Солнце и образовался длинный хвост | 1916 | Х. Джеффрис Дж. |
| Звезда прошла близко от Солнца, вещество вырвалось из приливной волны и образовало длинные хвосты | 1917 | Х. Джине |

Схема 76. Гипотезы об образовании Солнечной системы (продолжение)

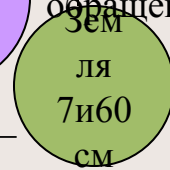
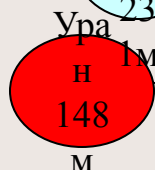
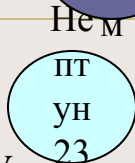
| Основная идея гипотезы | Год | Автор |
|--|------|----------------|
| Из частиц, выброшенных Солнцем, образовался газовый диск Солнце было двойной звездой, второй компонент был разрушен третьей звездой | 1930 | Х.П. Берлаге |
| Солнце было тройной звездой, система неустойчивой, два компонента отделились и оставили часть своего вещества | 1935 | Г.Н. Рассел |
| Солнце встретилось с газовым облаком, атомы газа ионизировались и начали двигаться в магнитном поле | 1936 | Дж. Литлтон |
| Солнце встретилось с газовым облаком и захватило его, в результате соударений частиц образовались планеты | 1942 | Х.О. Альфвен |
| Из вихрей во внешних слоях сжимающегося протосолнца образовались планеты и их спутники | 1943 | О.Ю. Шмидт |
| Солнце было двойной звездой, второй компонент которой вспыхнул сверхновой звездой, выбросил газовое облако и покинул систему | 1944 | К. Вейцеккер |
| Протосолнце захватило газовое облако, у которого был достаточно большой момент количества движения | 1944 | Ф. Хойл |
| Планеты образовались в турбулентных верхних слоях протосолнца | 1947 | Ф.Л. Уиппл |
| Планеты образовались в газовом облаке, окружавшем Протосолнце, в результате гравитационных возмущений | 1948 | Д. Тер Хар Дж. |
| | 1949 | П. Койпер |

Схема 77. Модель Солнечной системы

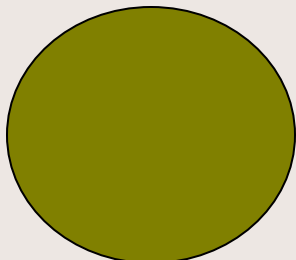
Размеры Солнечной системы равны 500-100 астрономическим единицам (около 10 млрд. км). Эта величина в 1 млн. раз превосходит диаметр Земли

Самый долгий период обращения - 250 лет

Масштаб схемы: диаметр Солнца - 7 см



Ближайшая звезда Проксима Центавра



Световой год - 300 тыс. км/сек (10000 млрд. км)

Реальное расстояние до

Расстояние от Солнца до центра Галактики 14300000 км (реальное расстояние около 30 тыс. световых лет)

ближайшей Галактики в созвездии Андромеды (1,5 млн. световых лет)

Размеры Галактики 60 млн. км

Диаметр Земли - 0,5 мм
Диаметр Луны - 0,1 мм
Орбита Луны - 4 см

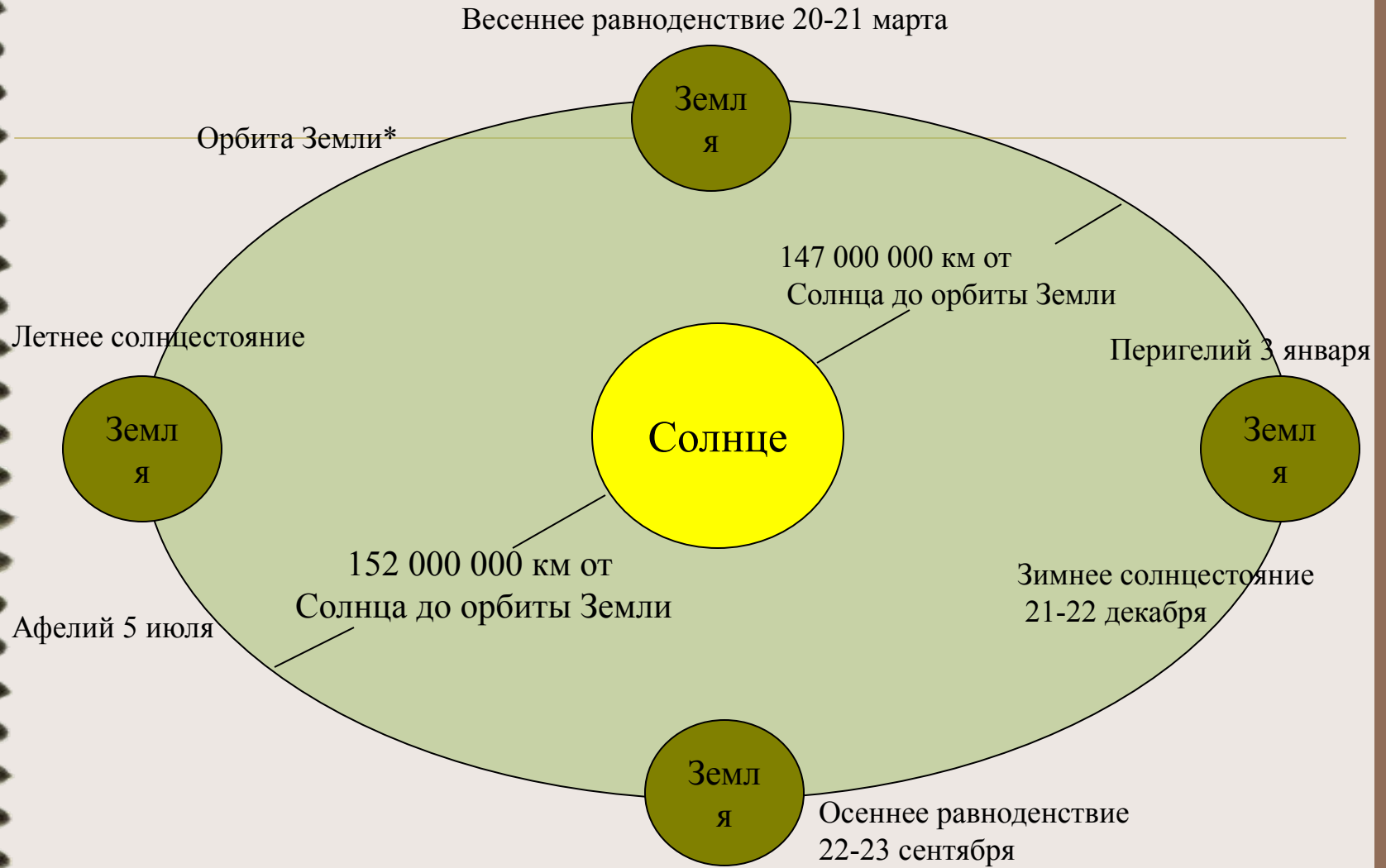
Самый короткий период обращения - 88 сут

(в данном масштабе)

Схема 78. Общая характеристика Солнца

| | |
|---|--|
| Радиус | $6,9599 \cdot 10^8$ м |
| Объем | $1,4122 \cdot 10^{27}$ м ³ |
| Площадь поверхности | $6,087 \cdot 10^{18}$ м ² |
| Масса | $1,989 \cdot 10^{30}$ кг |
| Скорость освобождения на поверхности | 617,7 км/с |
| Линейная скорость вращения на экваторе | 2,025 км/с |
| Эффективная температура поверхности | 5770 К |
| Скорость движения относительно ближайших звезд | 19,5 км/с (движется в направлении созвездия Геркулеса) |
| Расстояние до центра Галактики | 28000 св. лет |
| Расстояние от плоскости Галактики | 50 св. лет |
| Скорость обращения вокруг галактического центра | 250 км/с |
| Период обращения вокруг галактического центра | 200 млн. лет |
| Возраст | 5 млрд, лет |
| Температура в центре | 15 млн. К |
| Плотность в центре | 160 Мг/м^3 |
| Давление в центре | $3,4 \cdot 10^{16}$ Па |
| Химический состав (по массам) | Н- 71%, He -26,5%, ост. - 2,5% |
| Уменьшение массы в результате излучения | 4,3 млн. т/с |

Схема 80. Годовое движение Земли вокруг Солнца



•Орбита Земли эллиптическая. Ближайшая точка орбиты называется перигелием, а наиболее далекая - афелием.

Схема 87. Атмосфера Земли

| | |
|------------------------------|---|
| Экосфера – | внешний, наиболее разреженный слой атмосферы от верхней границы термопаузы и выше, характеризующийся постоянством температуры с высотой |
| Термопауза – Термосфера - | промежуточный слой между термосферой и экзосферой слой верхней атмосферы (в среднем от 80 до 300-800 км), расположенный между верхней границей мезосферы (мезопаузой) и термопаузой. В термосфере происходит рост температуры до 1500° С |
| Ионосфера - | слой верхней атмосферы, расположенный на высоте от 50-80 км до нескольких тысяч километров и характеризующийся высоким содержанием молекулярных и атомных ионов и свободных электронов |
| Мезосфера - | средний слой атмосферы, лежащий над стратосферой на высотах от 50 до 80-85 км. Температура на нижней границе - 0° С, на верхней до - 90° С |
| Стратопауза – | пограничный слой между стратосферой и мезосферой на высоте порядка 50-55 км |
| Стратосфера — | слой атмосферы между тропосферой и мезосферой (на выс. от 8-16 до 45-55 км). Температура на нижней границе от - 40 до - 80 С, на верхней границе она близка к 0° С |
| Тропопауза – | переходный слой от тропосферы к стратосфере толщиной от нескольких сотен метров до 2-3 км |
| Тропосфера - | простирается до высоты 8-10 км в полярных широтах, до 10-12 км в умеренных и до 16-18 км в тропических. Содержит около 80% атмосферного воздуха и почти весь водяной пар. Температура воздуха понижается с высотой на 6 С на каждые 1000 м |

Схема 88. Атмосфера Земли (моделирование состава атмосферы)

Моделирование состава атмосферы выявило сильную зависимость ее эволюции от расстояния между Землей и Солнцем:

1. Если бы Земля оказалась ближе к Солнцу, то при повышенной массе атмосферы и значительном парниковом эффекте за счет накопления термодинамически активных газов (метан, углекислый газ и т.п.) мог бы создаться «разгоняющийся» в сторону разогревания тип атмосферы (пример планета Венера: быстрое накопление углекислого газа привело к сильному парниковому эффекту, это вызвало прекращение конденсации водяного пара в атмосфере, дождей и испарению первичного океана; в результате сильный разогрев поверхности, безводная суша и тяжелая углекислая атмосфера).
2. Если бы Земля находилась чуть дальше от Солнца, то на ранних стадиях формирования атмосферы и гидросферы проявился бы эффект «разгоняющегося» похолодания. При меньшем потоке солнечного тепла в сравнительно тонкой атмосфере водяной пар замерзал бы и выпадал в виде снега: в результате планета бы оледенела (температура на поверхности упала бы до -90°C). Предполагается, что таким путем развивался Марс с его тонкой атмосферой и шапками оледенений на полюсах.

Примечание: Зона, в которой на такой планете, как Земля, вода может существовать сразу в трех состояниях - жидком, твердом и газообразном, составляет очень узкую полосу вокруг Солнца. Ширина ее равна всего 0,06 расстояния Земли от Солнца, а граница полосы лежит в пределах 0,95 и 1,01 этого расстояния, т.е. смещение орбиты всего на 1% может погрузить Землю в вечную спячку под толстым слоем льда, а смещение на 5% - вызвать смертоносный для биосферы разогрев утяжеляющейся углекислой атмосферы.

Схема 89. Концепции развития Земли

В XIX веке в геологии сформировались две концепции развития Земли

«Теория катастроф»

Развитие осуществляется
посредством скачков,
катастроф
(Жорж Кювье –
«теория катастроф»)

Эволюционная теория

Развитие осуществляется
посредством
небольших изменений,
осуществляющихся в одном
и том же направлении.
Суммируясь эти изменения
приводят к значительным
результатам
(Чарльз Лайель –
«принцип униформизма»)

Схема 90. Геологическая история Земли (концепции движения материков)

I Первая гипотеза мобилнзма (А. Вагнер, 1912)

В Карбоне (геологический период) существовал единый массив суши - Пангея. Пангея раскололась на Лавразию и Гондвану. 135 млн. лет назад Африка отделилась от Южной Америки, а 85 млн. лет назад Северная Америка - от Европы; 40 млн. лет назад Индийский материк столкнулся с Азией и появились Тибет и Гималаи. Основание:

- сходство очертаний материков, как частей расколовшегося когда-то единого праматерика Пангеи;
- эмпирическое обнаружение в конце 50-х годов расширения дна океана; сходство геологического строения, верхнепалеозойской флоры и фауны приатлантических континентов (особенно Африки и Южной Америки)

II. Вторая гипотеза мобилизма (новая глобальная тектоника)

Литосфера разбита на крупные гагаты, которые перемещаются по астеносфере (слой пониженной вязкости в верхней мантии Земли; вероятно, в ней происходит перетекание вещества, которое вызывает вертикальное и горизонтальное движение участков блоков литосферы) в горизонтальном направлении. Близ срединно-океанических хребтов литосферные плиты наращиваются за счет вещества, поднимающегося из недр, и расходятся в стороны. В глубоководных желобах одна плита подвигается под другую и поглощается мантией. Там, где одна плита сталкивается с другой плитой, образуются складчатые участки блоков литосферы

Схема 91. Геологическая история Земли (концепция эволюции океана и атмосферы)

Модель эволюции океана и атмосферы¹:

- Океан и атмосфера - продукт дегазации вулканических лав, выплавлявшихся из верхней мантии Земли и формировавших земную кору
- При плавлении мантия разделялась на легкоплавкую и тугоплавкую фракции
- Первая представлена в основном базальтами с растворенными в них газами и водой. Как более легкая, она поднималась к поверхности и изливалась через жерла вулканов и трещины разломов, выбрасывая газы и пары воды, т.е. океан и первичная атмосфера образовались через вулканические жерла

Основания:

- Расчеты и эксперименты показали, что в расплавленном базальте (при $t = 1000^\circ \text{C}$ и давлении равном давлению на глубине 17-35 км под поверхностью Земли) наличие 7- 8% воды и 1% газов
- За всю историю Земли вулканы выбросили $2,86^{25}$ г вещества, которое должно было выделить не менее $2 \cdot 10^{24}$ г воды (сейчас в океане - $1,37 \cdot 10^{23}$ г) и $2,5 \cdot 10^{23}$ г газов (сейчас масса атмосферы - $5,3 \cdot 10^{21}$ г), т.е. материала с избытком хватило на сушу, океан и атмосферу

Схема 92. Геологическая история Земли (трансгрессия и регрессия океана)

Общепланетарные явления - трансгрессия (наступление) и регрессия (отступление) океана, в результате которых меняется конфигурация океана и суши, глубина океанов и соотношение размеров суши и моря

Регрессия океана

Площадь суши на Земле возрастает и наша планета становится ярче в связи с тем, что суша обладает значительно большей отражательной способностью (большим альбедо).
А это приводит к понижению температуры

Трансгрессия океана

Площадь суши на Земле сокращается в результате затопления водами океана (до 40% по сравнению с современной). Планета тускнеет, так как уменьшается ее альбедо; поверхность разросшегося океана поглощает больше солнечных лучей, что приводит к общему повышению температуры

Причинами крупнейших трансгрессий и регрессий океана являются:

- процессы в недрах Земли, вызывающие движение литосферных плит и изменения конфигурации, размеров и глубины океана
- процессами наступления и отступления ледниковых покровов

Схема 93. Геологическая история Земли (ледниковая теория - гляциализм¹)

Концепции гляциализма

Дрифтовая теория

Теория, согласно которой валуны, встречающиеся в четвертичных отложениях северных районов Евразии и Северной Америки, были занесены туда айсбергами гипотетического моря, покрывавшего огромные пространства в высоких широтах (выдвинута в I-й половине XIX в. Ч. Лайелем)

Теория материковых оледенений

Теория, согласно которой большинство фактов, лежащих в основе дрифтовой теории, объясняется геологической деятельностью ледниковых покровов прошлого (выдвинута в сер. XIX в. Л. Агассисом, У. Баклендом и др.)

Моногляциализм

Теория однократности покровного оледенения в четвертичном (антропогенном) периоде

Полигляциализм

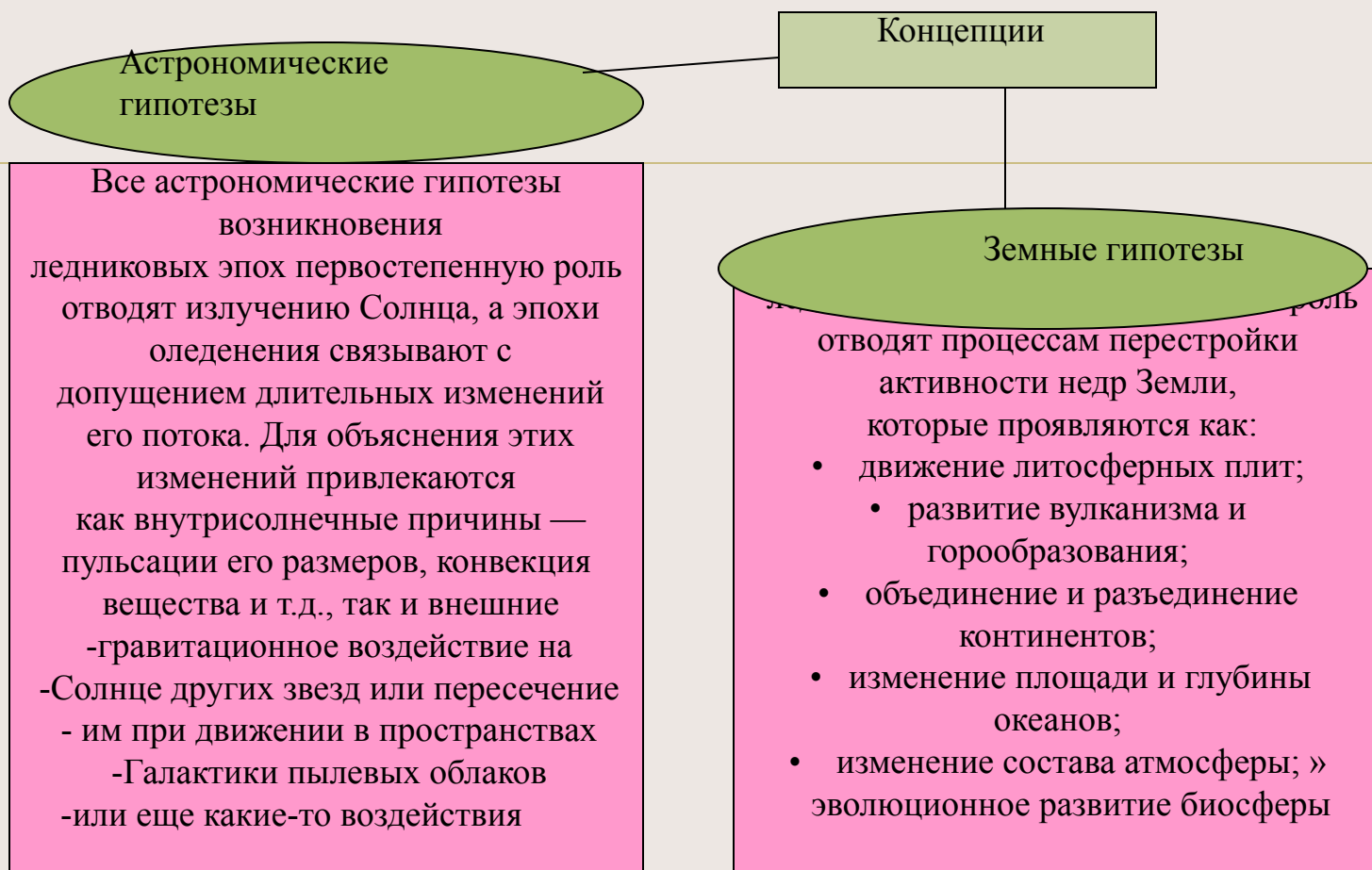
Теория многократности и покровных оледенений в Четвертичном периоде. Опирается на свидетельства чередования теплых и холодных климатов в умеренных широтах Земли

¹ Гляциализм - система научных представлений о древних оледенениях Земли.

Схема 94. Геологическая история Земли (ледниковые эпохи)

| Абсолютный возраст, млн лет назад | Эра | Период (система) | Эпоха оледенения | Время от сегодняшнего момента | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|--|-------------------------------|------------------------|--|---|--------------|--|--|--|
| 3000-2000 | Археозойская Протерозойская | Не расчленена | Гуронская эпоха оледенения Гнейссесская эпоха оледенения Стертская эпоха оледенения Варангская эпоха оледенения | 2,34-1,95 млрд. лет назад | | | | | | | |
| 2000-570 | | | | | | | | | | | |
| 1000 | Палеозойская | Рифей | Ордовикская эпоха оледенения Гондванская эпоха оледенения | 950-900 млн. лет назад | | | | | | | |
| 625-600 | | Венд | | 810-715 млн. лет назад | | | | | | | |
| 580-260 | | Кембрий Ордовик Силур Девон Карбон Пермь | | | 680-570 млн. лет назад | | | | | | |
| 580-480 | | | | | | 460-410 млн. лет назад | | | | | |
| 480-420 | | | | | | | 340-240 млн. лет назад | | | | |
| 420-400 | | | | | | | | | | | |
| 400-320 | | | | | | | | | | | |
| 320-270 | | | | | | | | | | | |
| 270-225 | | | | | | | | | | | |
| 225-70 | | | | | | | | | | | |
| 225-185 | | | | | | | | | | | |
| 185-140 | | | | | | | | | | | |
| 140-70 | | | | | | | | | | | |
| 70-0 | | | | | | | | | | | |
| 70-25 | | | | | Мезозойская | Общая продолжительность ледниковых эпох за последние 2,5 млрд. лет составит одну треть времени без учета фаз начального развития и завершения оледенения | | | | | |
| 25-1 | | | | | | | Триас Юра Мел | | | | |
| 1-0 | | | | | | | | Кайнозойская | | | |
| 70-0 | | | | | | Кайнозойская эпоха оледенения | начало - 40 млн. лет назад | | | | |
| 70-25 | Палеоген Неоген | | | | | | За последние 3 млн. лет было 18 полных ледниковых циклов За последний 1 млн. лет было 7 полных ледниковых циклов Последний ледниковый период - валдайский (Россия), вюрмский (Европа), висконсинский (США) - начался 120 тыс. лет назад | | | | |
| 25-1 | | Аитропоген | | | | | | | | | |
| 1-0 | | | | | | | | | | | |

Схема 97. Геологическая история Земли (концепции возникновения ледниковых эпох¹)



¹ Ледниковая эпоха (ледниховье, гляцнал)- отрезок времени в геологической истории Земли, характеризующийся сильным похолоданием климата и развитием обширных материковых ледников. Ледниковые эпохи разделялись эпохами почти полного исчезновения льдов - межледниковьями (интергляциалами).

Схема 98. Геологическая история Земли (теории колебаний оледенений Земли)

Теории колебаний оледенений Земли

Астрономическая

Полушария Земли в результате изменения элементов ее движения получают разное количество солнечной радиации, что отражается на глобальной температуре. Таких элементов три:

- колебания земной оси; она описывает в пространстве круг за время приблизительно 25 тыс. лет;
- изменение наклона земной оси по отношению к плоскости орбиты (эклиптики)
 - Земли; изменения достигают 3° ;
 - периодичность их - 41 тыс. лет;
- изменение формы орбиты; каждые 100 тыс. лет она изменяется от круговой до эллиптической. Периодичность элементов движения соответствует трем циклам изменения климатической системы Земли. Периодичность резких изменений
 - 100 тыс. лет; менее выраженных
 - 42 тыс. лет; небольших - 24 тыс. лет.
- Изменение положения земной поверхности по отношению к Солнцу оказывает влияние
 - на развитие оледенений (выдвинута
 - в 20-х годах XX в. М. Миланковичем)

Функциональная

системы. Функциональной модели системы атмосфера - океан - оледенение свойственны автоколебания. Колебания возникают между

двумя большими инерционными звеньями системы — оледенением и океаном, которые выступают как осцилляторы. Инерционные свойства океана обусловлены большой теплоемкостью и значительной массой океана, а оледенения - малой скоростью массообмена (таяния и накопления льда).

Эти два звена объединены функциональными связями, которые осуществляются благодаря переносу тепла и влаги в атмосфере. Возбудителем колебаний является северное полушарие. Данная модель воспроизводит картину колебаний ледниковых покровов, что согласуется с палеоклиматическими

данными (авторы - В. Я. Сергин и С. Л.