

Планета Земля в Солнечной системе и космосе

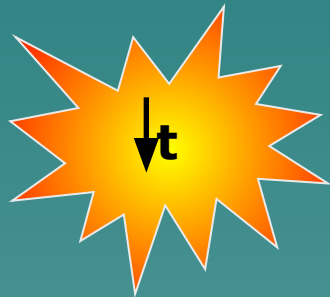
1. Гипотезы происхождения Вселенной и Солнечной системы.
2. Основные представления о Солнечной системе и планетах.
3. Солнце – одна из звезд нашей Галактики. Происхождение, состав, физические свойства.
4. Солнечно-земные связи.

1. Гипотезы происхождения Вселенной

Гипотезы происхождения Вселенной

Теория
Большого
взрыва

Жорж Эдуард Лемэтр,
Артур Стэнли
Эддингтон,
Джордж Гамов



Гиперболическа
я
Вселенная

Сжатие Вселенной стало
убыстряться и
постепенно нагревать
космическое
пространство, тем самым
создавая все более
высокие температуры в
сжимающемся веществе.
сжалось до предела.
вещество стало
выталкиваться наружу.



Пульсирующая
Вселенная

Аллан Рекс
Сендейдж

большие взрывы
происходят каждые 82
миллиарда лет

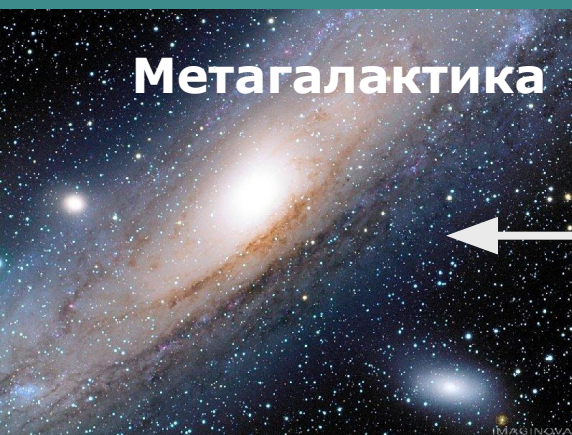
Альтернативна
я
Вселенная

Вселенная состояла из
очень разреженного
газа. Газ под
действием сил
начал
постепенно
стягиваться к центру.
Одновременно
происходила местная
концентрация
вещества, которая
привела к образованию
галактик. Однако
состояния илема
гигантское облако
так и не достигло.²

Общие сведения о закономерностях строения и структуре Вселенной

Космос (Вселенная) – весь существующий материальный мир. Он вечен во времени и бесконечен в пространстве. Материя во Вселенной сосредоточена в звездах, планетах, астероидах, спутниках, кометах и других небесных телах; 98% всей видимой массы сосредоточено в звездах. Вселенная является иерархической организацией.

Во Вселенной небесные тела образуют системы различной сложности.



2. Гипотезы происхождения Солнечной системы

ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ
ГИПОТЕЗА БЮФФОНА

КОСМОГОНИЧЕСКАЯ
ГИПОТЕЗА КАНТА

НЕБУЛЯРНАЯ ГИПОТЕЗА
ЛАПЛАСА

«ПЛАНЕТЕЗИМАЛИ»
МУЛЬТОНА И
ЧЕМБЕРЛИНА

ГИПОТЕЗА
ДЖИНСА

СОВРЕМЕННЫЕ
ГИПОТЕЗЫ

КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА БЮФФОНА

В середине 40-х годов XVIII века Парижская академия наук – Сорбонна – предприняла перевод на французский язык трудов великого Ньютона. Среди прочих переводчиков был и естествоиспытатель **Жорж Бюффон**. В то время астрономы уже знали, что планеты Солнечной системы (которых тогда было известно шесть: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн) движутся вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. Им также было известно, что общая масса планет в 750 раз меньше массы Солнца и что Солнце тоже вращается вокруг своей оси, причем в ту же сторону, что и планеты. Кроме основных обитателей Солнечной системы существовали еще и **кометы** – довольно большие небесные тела, которые могли двигаться в любых направлениях. Их «хвосты» протягивались на десятки миллионов километров, а «головы» могли превышать по размерам любую планету. Внимание Бюффона привлекли именно кометы. Проанализировав все известные данные, он положил их в основу своей гипотезы о происхождении Солнечной системы. Суть ее заключалась в следующем:

- ◆ **когда-то Солнце испытало удар огромной кометы;**
- ◆ **в результате такого удара от Солнца отделилось несколько сгустков раскаленного вещества, превратившегося потом в планеты,**
- ◆ **Солнце, ранее неподвижное, под действием удара стало вращаться вокруг своей оси.**

КОСМОГОНИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА КАНТА

В 1755 году, то есть через шесть лет после «отречения» Бюффона, появилась книга тогда еще молодого ученого, а впоследствии известного немецкого философа **Иммануила Канта** (1724-1804). Книга называлась *«Общая естественная история и теория неба»*, а подзаголовки к ней гласил: «Опыт об устройстве и механическом происхождении всего мироздания на основании ньютоновских законов».

Первоначальным состоянием мира был **«хаос»**. На месте Солнечной системы роились пылевые частицы, беспорядочно двигавшиеся в различных направлениях. «Частицы сталкивались друг с другом, обмениваясь энергией и импульсом, притягивались друг к другу, объединялись в более крупные сгустки. Большая часть из них устремлялась к центру туманности: именно туда была направлена равнодействующая всех сил притяжения, влияющая на каждую частицу. Там, в центральной части, сформировалось ядро туманности – **будущее Солнце**. Другие частицы и их сгустки, продолжая двигаться, понемногу переходили от беспорядочного движения к упорядоченному – в том направлении, в каком двигалось большинство частиц. Из них сформировались **планеты**». Свое сочинение Кант заканчивает пророческими словами: «...Перед нами лежит обширное поле для открытий, и наблюдение одно только даст ключ к ним».

НЕБУЛЯРНАЯ ГИПОТЕЗА ЛАПЛАСА

Пьер Симон Лаплас (1749-1827) будучи блестящим математиком, механиком и астрономом написал книгу **«Изложение системы мира»** (1796 г.). В ней, наряду с описанием различных увлекательнейших для того времени вещей (начиная с законов, управляющих движениями небесных тел, и заканчивая историей астрономии) и изложена в популярной форме знаменитая **небулярная космогоническая гипотеза** о возможном образовании – прежде всего **под действием закона всемирного тяготения** – системы планет и спутников **из первоначальной обширной горячей и разреженной атмосферы Солнца**, вращавшейся вместе с ним. По мысли Лапласа, **при охлаждении и сжатии** такой атмосферы она должна была в соответствии с известными тогда законами механики **разделиться на ряд колец**, вещество которых, в свою очередь, постепенно должно было сгуститься в планеты. Аналогично представлялся процесс образования спутников – из обширных сгущающихся атмосфер планет.

Однако до полной победы небулярной гипотезе Лапласа было далековато. Еще при жизни автора обнаружили явления, явно ей противоречившие (к примеру, обратное движение Урана). В дальнейшем выявились ее расхождения с новыми открытиями как в астрономии, так и в теоретической механике.

«ПЛАНЕТЕЗИМАЛИ» МУЛЬТОНА И ЧЕМБЕРЛИНА

Английский астроном А. Биккертон заменил комету странствующей звездой. О прямом столкновении звезд, как причине формирования планет, писали многие, пока в начале XX века американский астроном Форест Рей Мультон и американский геолог Томас Краудер Чемберлин не опубликовали свою собственную гипотезу, в которой впервые рассматривалась возможность воздействия на Солнце звезды без непосредственного контакта с нею, но траектория которой каким-то образом пересеклась с траекторией нашего светила. При этом они исходили из предпосылки, что звезды в принципе могут сближаться и проходить на не очень большом расстоянии друг от друга. А если так, то приблизившаяся звезда вполне могла вызвать на поверхности Солнца приливы, столь мощные, что часть вещества была выброшена из Солнца по направлению к звезде. По мысли Мультона и Чемберлина, дальнейшие события должны были развиваться следующим образом. Возмущающая сила звезды (продолжавшей двигаться) придавала выброшенным массам движение в сторону за собой. В зависимости от скоростей этих масс и их направлений часть из них должна была упасть обратно на Солнце, другая часть – разлететься по гиперболическим орбитам, а третья – приобрести вращательное движение в одной плоскости и в одном направлении. Ну а дальше, согласно Мильтону и Чемберлину, вступал в действие аппарат небулярной гипотезы: первоначально выброшенное вещество представляло собой рой небольших, сравнительно плотных частиц, сгустившихся из масс газа – зародышей планет, которые они называли планетезималиями. Путем объединения планетезималей и образовались современные планеты. При этом все планеты (за исключением Юпитера) с самого начала были твердыми.

ГИПОТЕЗА ДЖИНСА

Джеймс Хопвуд Джинс (1877-1946), 24-летний астроном, а впоследствии известный ученый и популяризатор науки, ознакомившись с катастрофической гипотезой Бюффона еще в 1901 году, пришел к выводу, что второе тело (в данном случае не комета, а звезда) не столкнулось с Солнцем, а образовало планеты приливным воздействием. *Мультон и Чемберлин об идее Джинса, высказанной несколько ранее, ничего не знали, хотя и рассмотрели ту же возможность, причем развили ее гораздо дальше. Однако предложенная ими схема его не устроила, и он разработал свою.* Отбросив все предположения, касавшиеся солнечных извержений и планетезималей, ученый нашел, что приливные явления сами по себе, без каких-либо добавочных допущений могли объяснить происхождение Солнечной системы.

В 1916 г. Джинс предложил новую гипотезу. Он считал, что планеты образовались из длинной струи вещества, вырванного из Солнца притяжением пролетающей мимо звезды. Любопытна форма струи, по мнению Джинса, она должна была напоминать сигару, поскольку в начале и в конце истечение вещества происходило слабо, а в середине, когда звезда была близка, – наиболее сильно. Это, в частности, объясняло, почему самые массивные планеты – Юпитер и Сатурн – расположены в середине, а менее массивные – на краях планетного ряда. Открытие маленького Плутона в 1930 году еще больше убедило ученых в справедливости гипотезы Джинса.

Фиаско гипотезы Джинса

В 1917 году была опубликована книга Джинса «Движение масс, находящихся под действием приливных сил, с дальнейшим приложением к космогоническим теориям» с изложением его гипотезы.

А уже в 1919-м вышло в свет фундаментальное сочинение ученого, названное «Проблемы космогонии и звездной динамики», в котором отражался весь прогресс астрофизики, небесной механики и математического анализа со времен Лапласа до второго десятилетия XX века.

Гипотеза Джинса об образовании Солнечной системы пользовалась широкой популярностью в 20-30-е годы XX века, но позже была доказана ее несостоятельность.

Американский астроном Генри Норрис Рассел (1877-1957), советский астроном Н.Н. Парийский и другие доказали, что **вырванное из Солнца вещество стало бы обращаться вокруг него на расстоянии нескольких солнечных радиусов, тогда как радиусы планетных орбит составляют сотни и тысячи радиусов Солнца. Кроме того, вырванное вещество, имея температуру в миллионы градусов, рассеялось бы в пространстве.** Окончательно эта гипотеза рухнула в конце 30-х годов, не выдержав математической проверки в основном пункте – том самом, который оказался «роковым» и для классических гипотез Канта и Лапласа. А именно, **все эти концепции не могли объяснить, как могло случиться, что 98 % момента количества движения Солнечной системы сосредоточено в планетах, суммарная масса которых составляет меньше одного процента массы системы...**

О СОВРЕМЕННЫХ ГИПОТЕЗАХ

Одна из таких гипотез была высказана в 1944 году **Отто Юльевичем Шмидтом**. Согласно этой гипотезе, планетные тела возникли из гигантского газопылевого облака, некогда окружавшего Солнце. В ходе эволюции облака в нем возникли многочисленные сгущения, наиболее крупные из которых стали «зародышами» будущих планет. Двигаясь в облаке, «зародыши» постепенно «вычерпывали» это вещество и быстро росли до планетных размеров. Таким образом, Земля и другие планеты **первоначально были холодными** и лишь впоследствии **разогрелись** за счет выделившегося в их недрах радиоактивного тепла.

Немецкий астроном Карл Фридрих **Вайцеккер** еще в 1943 году высказал предположение, что **туманность**, из которой возникла Солнечная система, **не вращалась как единое целое**. По мнению ученого, в ее наружных слоях должны были образоваться **вихревые движения** с меньшими вихрями внутри больших. В тех местах, где соседние вихри встречались, происходило столкновение частиц и слияние их во все более крупные частицы. В гипотезе Вайцеккера учтены многие первоначальные возражения против примитивных форм теории, выдвинутой Кантом и Лапласом. Тем не менее ее частности вызвали большие споры, продолжающиеся до сих пор.

Многие астрономы предлагают свои собственные версии, однако ни одна из них не получила всеобщего признания. Но, как бы то ни было, все они единодушны в одном: **Солнечная система образовалась в результате одного общего процесса. Другими словами, если Земля в ее нынешней форме существует 4,5–5 млрд. лет, то из этого следует, что и Солнечная система в целом (включая Солнце) существует 4,5–5 млрд. лет...**

Солнечная система состоит из центральной звезды

- ◆ Солнца,
- ◆ восьми планет,
- ◆ более 60 (100) спутников,
- ◆ более 40 000 астероидов,
- ◆ около 1 000 000 комет.

Радиус Солнечной системы до орбиты
Нептуна составляет 4,5 млрд км.

Если определять границу Солнечной системы по орбитам комет, вращающихся вокруг Солнца, то радиус Солнечной системы намного больше.

Планеты расположены от Солнца в такой последовательности



Все планеты имеют общие свойства и особенности

- ◆ все планеты имеют **шарообразную форму**;
- ◆ все планеты **обращаются вокруг Солнца** в одном направлении против часовой стрелки для наблюдателя, смотрящего со стороны Северного полюса Мира. Это направление называется прямым. В таком же направлении движутся почти все спутники и астероиды;
- ◆ **осевое вращение** большинства планет происходит в том же направлении – **против часовой стрелки**. Исключение составляют Венера и Уран, они вращаются по часовой стрелке;
- ◆ **орбиты** большинства планет **близки по форме к окружности**, эксцентриситет их мал. Поэтому планеты не подходят близко друг к другу, их гравитационное воздействие мало. Только у Меркурия орбиты сильно вытянуты;
- ◆ **орбиты** всех планет находятся примерно **в одной плоскости**, близкой к плоскости эклиптики. Причем каждая следующая планета – примерно в два раза дальше от Солнца, чем предыдущая.

Эту закономерность установили два ученых: И. Тициус (1729 – 1796) и И. Боде (1747– 1826). По правилу Тициуса–Боде, расстояние от Солнца до планеты r [а.е.] можно определить по

$$формуле: r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n,$$

где $n = 0$ для Венеры; $n = 1$ для Земли; $n = 2$ для Марса; $n = 4$ для Юпитера.

Планеты

Планеты земной группы

- ◆ **небольшие размеры**, диаметр Земли – составляет 12735 км.
- ◆ **большая плотность** (плотность Земли – $5,5 \text{ г/см}^3$). Основными их составляющими являются **силикаты** и **железо**. Следовательно, планеты земной группы – **твердые тела**.
- ◆ **медленно вращаются вокруг своей оси**. У Меркурия период вращения равен 58,7 земных суток. Из-за медленного вращения **полярное сжатие у планет небольшое**, т.е. они имеют близкую к шару форму.
- ◆ обладают **значительной скоростью орбитального движения**. Самая большая скорость у Меркурия – 48 км/с.
- ◆ **всего три спутника**: у Земли – Луна, у Марса – Фобос и Деймос.

Планеты-гиганты

- ◆ **огромные размеры**: диаметр Юпитера равен 142 800 км.
- ◆ **плотность планет небольшая**, у Юпитера она составляет $1,3 \text{ г/см}^3$. Наиболее распространенными элементами являются **водород и гелий**, Следовательно, это **газовые шары**.
- ◆ **большая скорость вращения вокруг своей оси**, период осевого вращения планет колеблется от 10 ч – у Юпитера, до 17 ч – у Урана. Благодаря быстрому вращению планеты имеют **большое полярное сжатие** (у Сатурна – $1/10$).
- ◆ **скорость орбитального движения у планет небольшая**, полный оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 11,86 года, а Нептун – за 165 лет.
- ◆ все планеты-гиганты **имеют кольца и большое количество спутников**. С каждым новым полетом космических аппаратов число вновь открытых спутников увеличивается, сейчас их известно более 60 (100).

Звездные аналоги Солнечной системы

- 55 Cancri,
- HD 114762,
- 70 Virginis,
- 47 Ursae Majoris,
- τ Bootis,
- ρ Coronae Borealis,
- и Andromedae,
- 16 Cygni B,
- 51 Pegasi.

Законы Кеплера

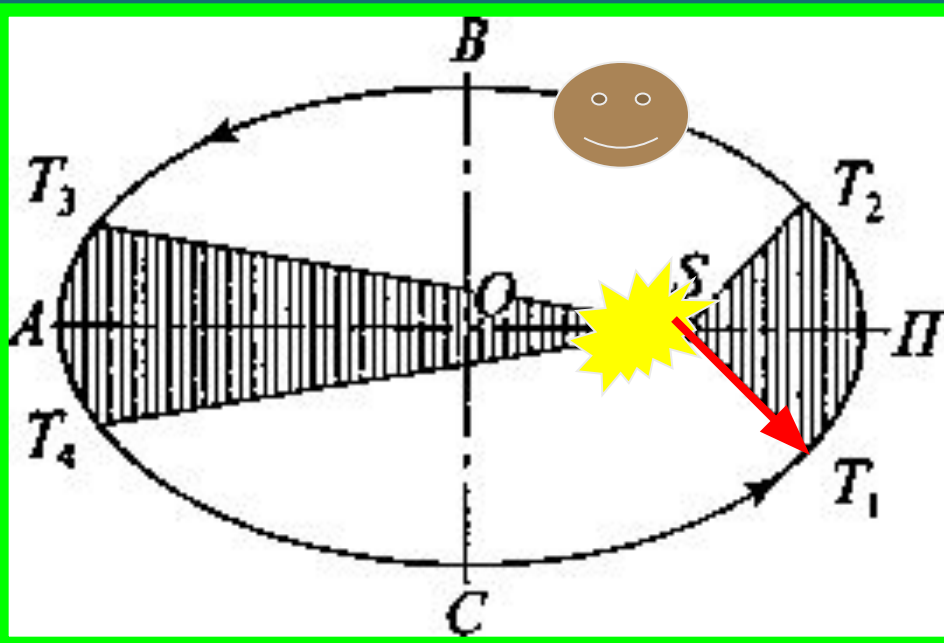


Рисунок 1 - К объяснению законов И.Кеплера

1. **Первый закон:** Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.
2. **Второй закон:** радиус-вектор планеты за равное время описывает равновеликие площади.
3. **Третий закон:** квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их орбит.

Закон Ньютона

сила тяготения прямо пропорциональна массам взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

где m_1, m_2 – массы тел; r – расстояние между телами; γ – гравитационная постоянная.

Солнце: происхождение, состав, физические свойства

Солнце – центральная звезда Солнечной системы. Это ближайшая к Земле звезда.

диаметр Солнца составляет **1,39** млн км,

масса – **$1,989 * 10^{30}$** кг.

спектральный класс Солнца **G2**, т.е. Солнце является желтым карликом, лежит на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга – Ресселла.

видимая звездная величина Солнца – **26,58^T**.

возраст Солнца оценивается в **5 – 4,6** млрд лет.

Солнце вращается вокруг своей оси против часовой стрелки.

Солнце вращается не как твердое тело: один оборот вокруг оси экваториальные области делают за 25 земных суток, области вблизи полюсов – за 30 суток.

Основное вещество, образующее Солнце, – **водород**. На его долю приходится 71 % массы светила. Почти 27% принадлежит **гелию**, остальные 2 % приходятся на более тяжелые элементы: углерод, азот, кислород, металлы.

Строение Солнца



♦ **Ядро** – центральная область Солнца. $T = 10\text{--}15$ млн К, $p = 300 \cdot 10^{14}$ Па. Сочетание сверхвысоких температур и давлений обуславливает течение ядерных реакций с выделением энергии.

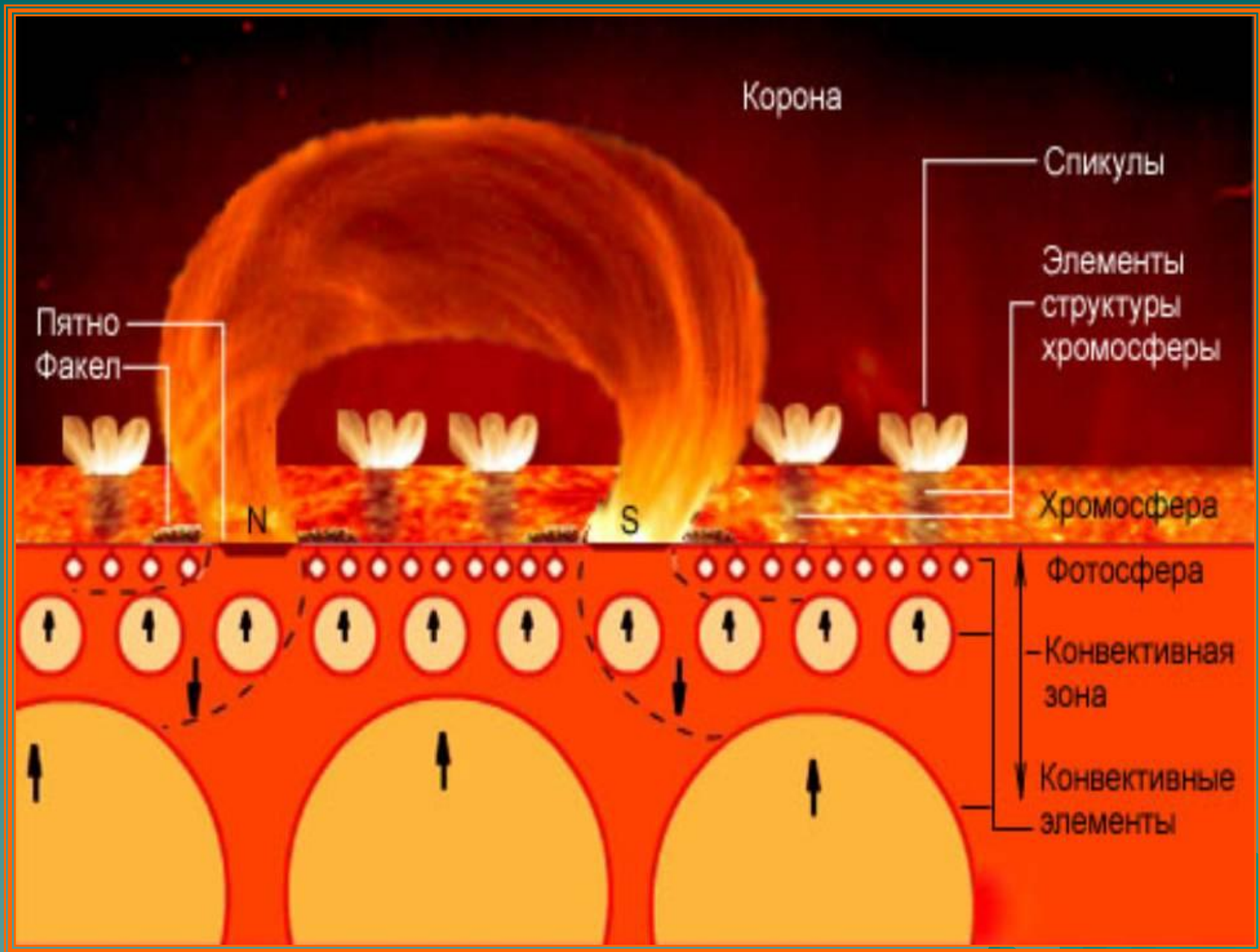
♦ **Зона лучевого переноса энергии** находится над ядром (на расстоянии около 0,2-0,7 радиуса Солнца от его центра). В этой области гамма-лучи преобразуются в рентгеновские.

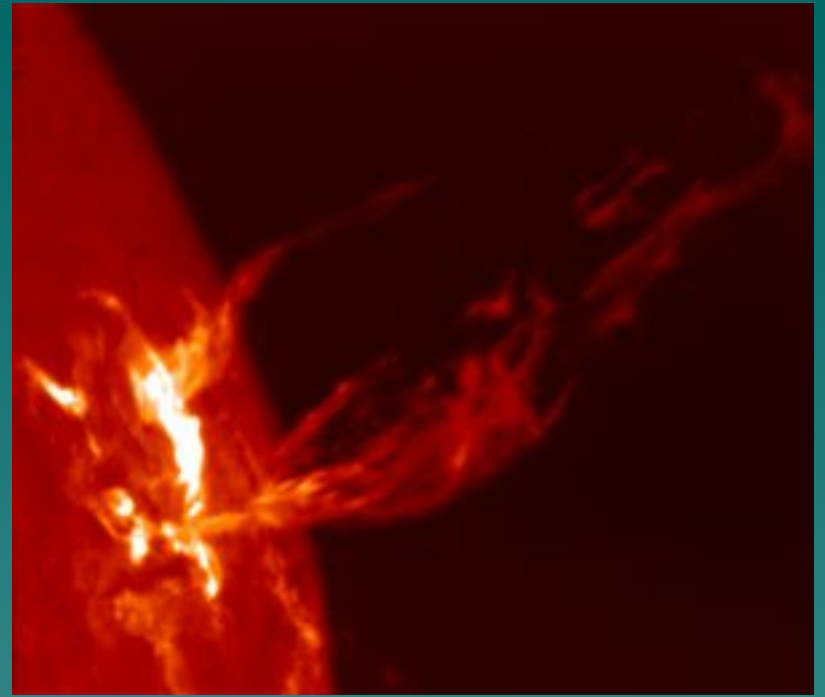
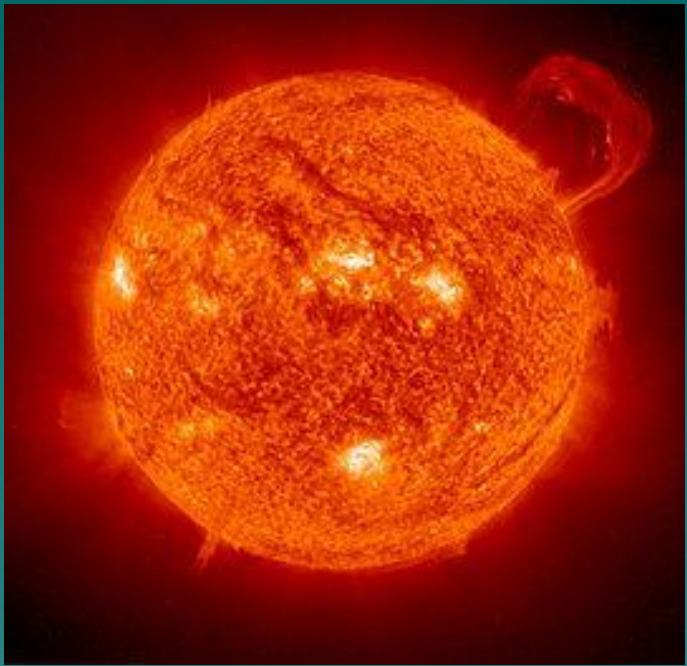
♦ **Конвективная область** располагается еще выше. Она образована невидимым раскаленным газом, находящимся в состоянии конвективного перемешивания.

Строение Солнца



- ♦ **Фотосфера** – первая оболочка атмосферы Солнца, ее воспринимают как поверхность Солнца. $T_{\text{ср}} = 6000 \text{ К}$.
- ♦ **Хромосфера** – вторая оболочка атмосферы Солнца. Общая протяженность хромосферы 10–15 тыс. км. В хромосфере наблюдается повышение температуры от 6000 до 10000 К. Скорость тепловых движений частиц возрастает, учащаются столкновения между ними и атомы теряют свои электроны. Вещество становится горячей ионизированной плазмой.
- ♦ **Солнечная корона** – внешняя атмосфера Солнца. Она образована наиболее разреженным ионизированным газом. Простирается на расстояние 5 диаметров Солнца, слабо светится. Корональные газы имеют температуру около 1 млн К.





Протуберанец



Солнечная корона

Солнце излучает два ОСНОВНЫХ ПОТОКА ЭНЕРГИИ

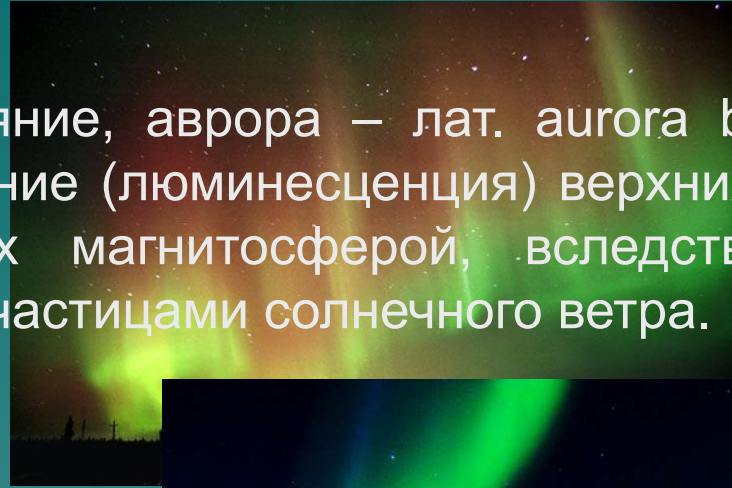
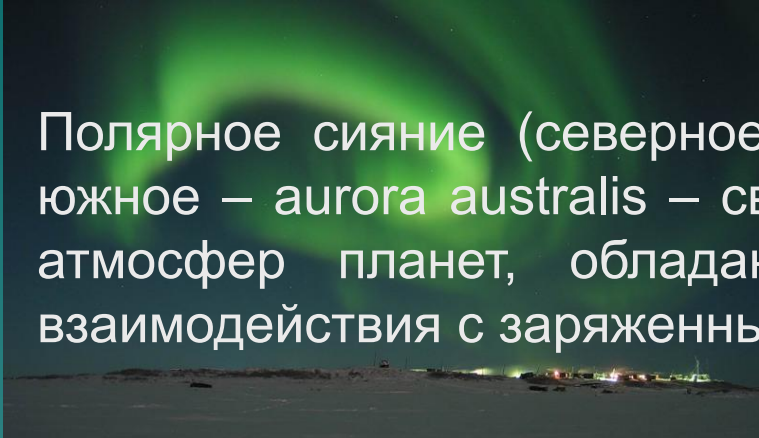
– **электромагнитное** (солнечная радиация) излучение. Тепловое поле поверхности планет Солнечной системы создается солнечной радиацией. **Электромагнитное излучение** распространяется со скоростью света и за 8,4 мин достигает поверхности Земли. В спектре излучения выделяют невидимую ультрафиолетовую радиацию (около 7%), видимую световую радиацию (47%), невидимую инфракрасную радиацию (около 46%). Доля самых коротких волн и радиоволн составляет менее 1% излучения.

На верхнюю границу атмосферы подходит определенное количество солнечной радиации. Эта величина называется **солнечной постоянной**.

- **корпускулярное** (солнечный ветер) излучение. **Корпускулярное излучение** – поток заряженных частиц (электронов и протонов), идущий от Солнца. Скорость его 1500 – 3000 км/с, он достигает магнитосферы за несколько суток. Магнитное поле Земли задерживает корпускулярное излучение и заряженные частицы начинают двигаться по магнитным силовым линиям.

Полярное сияние

Полярное сияние (северное сияние, аврора – лат. *aurora borealis*, южное – *aurora australis* – свечение (люминесценция) верхних слоёв атмосфер планет, обладающих магнитосферой, вследствие их взаимодействия с заряженными частицами солнечного ветра.



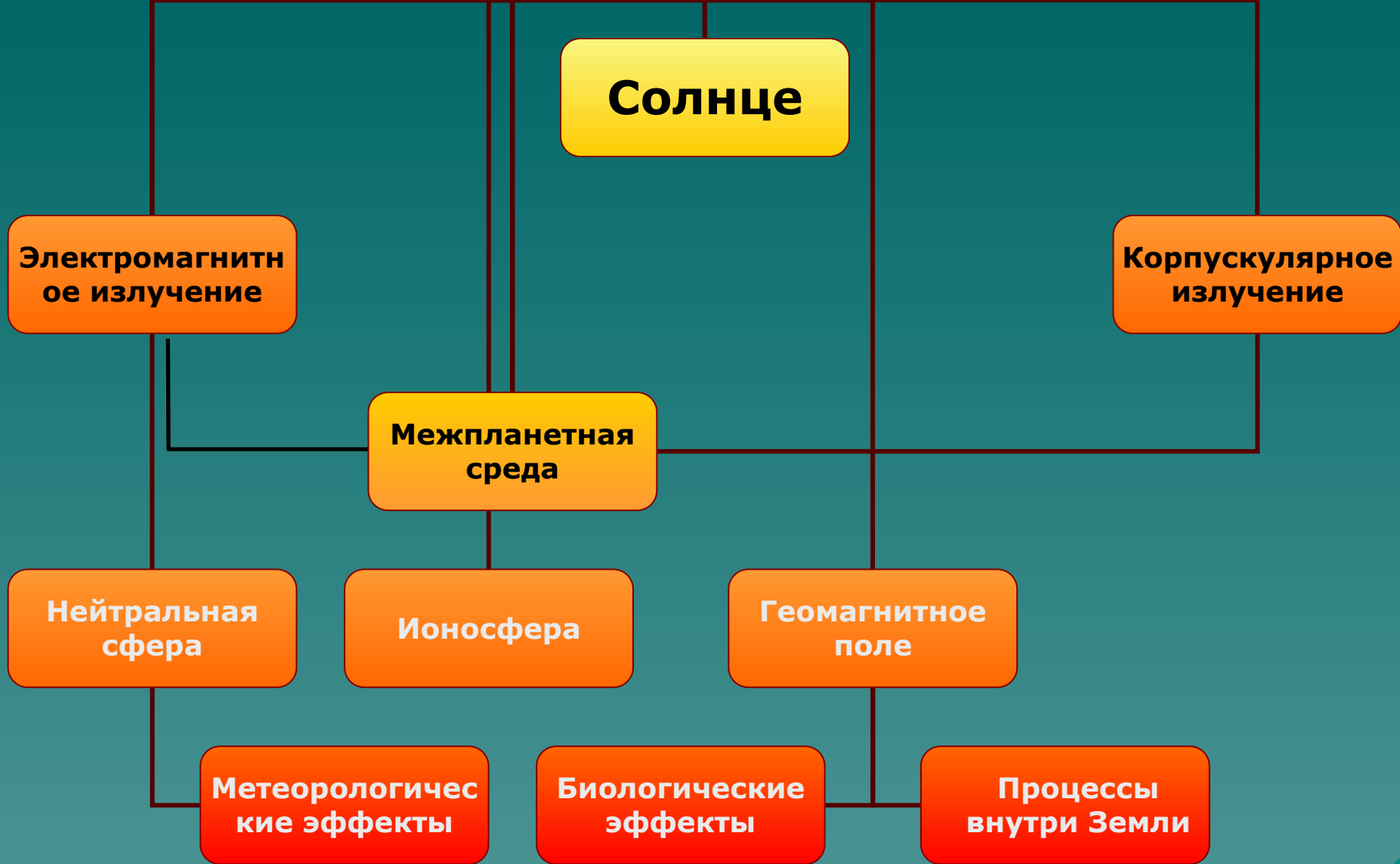


Схема солнечно-земных связей (по Л. И. Мирошниченко, 1981)