

Общая и неорганическая химия
ЛЕКЦИИ

В.В.Загорский

Лекция 2. **Основные понятия химии.**
Химическая эволюция материи

Основные понятия химии

Химия

Д.И.Менделеев [1]: "Ближайший предмет химии составляет изучение однородных веществ, из сложения которых составлены все тела мира, превращений их друг в друга и явлений, сопровождающих такие превращения."

Комплект определений из Химической энциклопедии [2]:
(Более ранние определения см. в Дополнении 1)

Вещество – вид материи, которая обладает массой покоя. Состоит из элементарных частиц: электронов, протонов, нейтронов, мезонов и др. Химия изучает главным образом вещество, организованное в атомы, молекулы, ионы и радикалы. Такие вещества принято подразделять на простые и сложные (хим. соединения).

Простые вещества образованы атомами одного хим. элемента и потому являются формой его существования в свободном состоянии, напр. Сера, железо, озон, алмаз. **Сложные вещества** образованы разными элементами и могут иметь состав постоянный (стехиометрические соединения или *дальтониды*) или меняющийся в некоторых пределах (нестехиометрические соединения или *бертоллиды*).

Атом (от греч. atomos – неделимый), наименьшая частица химического элемента, носитель его свойств. Каждому химическому элементу соответствует совокупность определенных атомов.

Элементы химические, совокупности атомов с определенным зарядом ядра Z . Д.И.Менделеев определял Э.Х. так: "материальные части простых или сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств".

Формами существования Э.Х. в свободном виде являются простые вещества.

Молекула (новолат. molecula, уменьшит. от лат. moles – масса), микрочастица, образованная из двух или большего числа атомов и способная к самостоятельному существованию. Имеет постоянный состав (качественный и количественный) входящих в нее атомных ядер и фиксированное число электронов и обладает совокупностью свойств, позволяющих отличать одну молекулу от других, в т.ч. от молекул того же состава.

Ионы (от греч. ion – идущий), одноатомные или многоатомные частицы, несущие электрический заряд. Положительные ионы называют *катионами* (от греч. kation, буквально – идущий вниз), отрицательные – анионами (от греч. anion, буквально идущий вверх). В свободном состоянии существуют в газовой фазе (в плазме).

Валентность (от лат. valentia – сила), способность атома присоединять или замещать определенное число других атомов или атомных групп с образованием химической связи. Количественной мерой валентности атома элемента Э служит число атомов водорода или кислорода (эти элементы принято считать соответственно одно- и двухвалентными), которые Э присоединяет, образуя гидрид ЭН_x или оксид $\text{Э}_n\text{О}_m$.

Валентность элемента может быть определена и по другим атомам с известной валентностью. ...

В рамках электронной теории химической связи валентность атома определяется числом его неспаренных электронов в основном или возбужденном состоянии, участвующих в образовании общих электронных пар с электронами других атомов.

В химии понятие “валентность” так же **относительно**, как в физике – “энергия”. Попробуем оценить энергию стакана воды, стоящего на столе. Это, во-первых, потенциальная энергия 180 г воды (для простоты 10 моль). Но это и возможная энергия, которая выделится из протонов воды при нуклеосинтезе [3]:



1 эВ = 96,48 кДж/моль; 1 МэВ = 96480000 кДж/моль

Реакции химические (от лат. re- – приставка, означающая обратное действие, и actio – действие), превращения одних веществ (исходных соединений) в другие (продукты реакции) при неизменяемости ядер атомов.

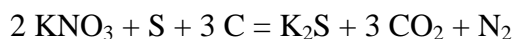
Исходные вещества иногда называют реагентами, однако чаще (особенно в органической химии) термин “реагент” используют по отношению к одному, наиболее активному исходному соединению, определяющему направление химической реакции.

Уравнение химической реакции – модель и реальность

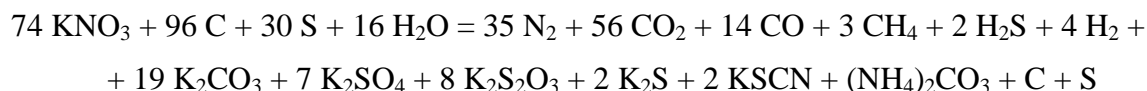
Далеко не всегда химические реакции строго соответствуют тщательно уравненным уравнениям. Скорее наоборот – в большинстве случаев уравнение отражает либо основной процесс, либо наиболее желательный.

Однозначным уравнением невозможно, например, описать реакции растворения в азотной кислоте многих металлов – одновременно идут процессы образования NO₂, NO, N₂O, N₂, NH₄NO₃ [4].

В некоторых учебниках и пособиях по химии можно встретить уравнение реакции горения черного (дымного) пороха – самого древнего боевого взрывчатого вещества:



Левая часть уравнения примерно отражает состав реальных порохов. Однако правая часть не согласуется с экспериментальными данными. В продуктах сгорания черного пороха обнаружено не менее 8 твердых и 6 газообразных веществ. Авторы книги, ориентированной на специалистов-практиков [5], предлагают уравнение, более соответствующее реальности, но не отвечающее принятым правилам записи (свободные углерод и сера слева и справа):



Наличие слева воды не удивительно, поскольку в буром древесном угле, используемом в производстве черного пороха, содержание углерода обычно не превышает 75%; такой уголь содержит фрагменты молекул целлюлозы. Кроме того, еще в XIX веке была обнаружена и исследована значительная зависимость состава продуктов горения черного пороха от давления – следовательно, уравнение зависит от условий осуществления реакции [6].

В целом традиция сводить химические процессы именно к уравнениям, а не схемам химических реакций (больше всего от этого страдают школьники и абитуриенты) соответствует только химии соединений постоянного состава

(дальтонилов). Подавляющее большинство химических реакций нельзя описать уравнениями на 100%, поэтому их обычно разделяют на главную и побочную реакции. Особенно это относится к органической химии.

Размерные эффекты. Нанохимия

Интернет-лекции по нанотехнологии: Наномир, в котором мы живем 13 апреля 2006
http://www.gazeta.ru/science/2006/04/13_a_586116.shtml

Технологические предпосылки возникновения «нанонаук».

В 1959 г. появился первый плоский транзистор. В 1965 г. уже выпускались микросхемы, состоящие из 50–60 транзисторов. 40 лет назад *Гордон Мур*, сооснователь фирмы Intel, предположил, что быстродействие компьютеров и обеспечивающее его число элементов на микросхеме будут удваиваться каждые 18 месяцев без существенного изменения цены. Согласно его прогнозу, эта тенденция должна была сохраниться в течение 10 лет, а в 1975 г. все обнаружили, что прогноз сбывается.

Атомно-молекулярная и электронная структура химических частиц и веществ – классическая проблема **химической физики** [7].

Из-за размерных эффектов выделяют химию малых частиц – **кластеров**, содержащих от нескольких атомов или молекул до нескольких десятков. Пример: потенциал ионизации молекулы воды, ее димера и льда составляют соответственно 12,6; 11,1 и 8,8 эВ. Подобные особые свойства малых ассоциатов воды несомненно имеют большое значение в живых объектах – во внутриклеточных процессах. Потенциал ионизации кластеров Na_n уменьшается медленно с ростом n , причем это падение сопровождается осцилляциями; четные члены ряда имеют более высокий потенциал, чем нечетные, но даже для кластера Na_{14} потенциал ионизации в полтора раза больше работы выхода электрона для металлического натрия [7, с.1601].

Если хотя бы в одном из трех измерений частица вещества имеет размеры меньше 1000 нм (т.е. менее 10^{-6} м), то в ней существенно возрастает доля поверхностных атомов или молекул по сравнению с атомами (молекулами) в объеме; в этом случае говорят о **наночастицах**. Из школьного курса физики известно, что поверхностные атомы (молекулы) обладают некоторой избыточной энергией по сравнению с объемными, что обуславливает поверхностное натяжение и капиллярный эффект. В металлических наночастицах ограничена длина свободного пробега электрона по сравнению с обычным (“компактным”) металлом. В результате в материалах, состоящих из наночастиц, механические, электрические, магнитные, оптические свойства перестают быть константами – они зависят от размеров и формы частиц. Размеры деталей в современных микропроцессорах уже приблизились к 1000 нм (1 микрон), и конструкторам приходится заново исследовать все свойства материалов (металлов, полупроводников, изоляторов), применяемых в микроэлектронике [8, 9].

Химическая эволюция материи

Происхождение химических элементов и планеты Земля.

Химия в том виде, как она изучается в школе и в общеобразовательных вузовских курсах – наука исключительно земная. На поверхности Солнца нет смысла говорить о химии – из-за отсутствия молекул. В условиях космического вакуума и низких

температур, в глубине Земли многие реакции тоже сильно отличаются от тех, что идут в лабораториях при "стандартных условиях".

В современной науке **происхождение вещества** принято объяснять в рамках теории "Большого Взрыва".

До середины XX века ученые рассматривали вечное вещество в вечной в целом Вселенной. Сейчас предполагается не только в Библии, что Вселенная имела **начало**.

Современная картина Вселенной начала возникать только в 1924 г. Американский астроном Эдвин Хаббл (1889-1953) рассчитал расстояния до 9-ти разных галактик, экстраполируя светимость известных близких звезд на гораздо более дальние (точнее говоря, он обнаружил в дальних галактиках переменные звезды – цефеиды, для которых известна зависимость светимости от периода пульсаций) [10]. Сначала он определил размеры туманности Андромеды и расстояние до нее (около 2 млн. световых лет). В результате спектральных исследований света звезд в 1929 г. Хаббл обнаружил, что величина красного смещения спектров (к более длинным волнам) увеличивается с ростом расстояния от нас до звезд и галактик. Т.е. чем дальше галактика, тем быстрее она удаляется от нас! Подобное явление моделируется поведением точек на поверхности надуваемого шарика. Таким образом было открыто **расширение Вселенной**.

Сам Хаббл не смог сразу осознать, что он "сокрушил" неизменную Вселенную. Еще в 1934 г. он пытался постулировать неизвестный пока физический процесс, объясняющий кажущееся разбегание галактик. Первым осознал результаты Хаббла как доказательство существования **начала** аббат Жорж Леметр (1894-1966) в 1927 г., получивший из космологических уравнений Эйнштейна формулу для скорости расширения Вселенной. [11]

Однако теоретически расширение Вселенной предсказал в 1922 г Ал-др Ал-дрович Фридман (1888-1925) на основании общей теории относительности. Сам Эйнштейн вначале опровергал результаты Фридмана как "чисто спекулятивные" и признал их лишь в 30-е годы. Открытие Хаббла подтвердило модель Фридмана. Теория Фридмана позволила построить три модели:

- 1) Большой взрыв \Rightarrow Большой хлопок (расширение – сжатие);
- 2) Большой взрыв \Rightarrow расширение с убывающей до постоянной скоростью;
- 3) Большой взрыв \Rightarrow расширение с постоянно уменьшающейся скоростью.

Для точного выбора модели надо очень точно знать нынешнюю скорость расширения и среднюю плотность Вселенной. Неопределенность в измерении расстояний и соответственно, скорости расширения – около 5%; средняя плотность определена гораздо менее точно (нет гарантии, что известны все формы материи, которым можно приписать массу). Определенная на сегодняшний день средняя плотность наблюдаемой Вселенной примерно в 100 раз меньше, чем требуется для пульсирующей модели (1). Альтернатива отсутствию массы для возможного последующего сжатия Вселенной – нарушение закона всемирного тяготения на больших расстояниях. Но гораздо легче психологически допускать не найденную пока массу, чем нарушение столь очевидного в солнечной системе закона. Вполне возможно допустить существование промежуточной между (1) и (2,3)-моделями Фридмана – постепенно затухающие пульсации. Однако даже в случае единичного расширения следует ожидать затухания малых звезд (типа Солнца) лишь через 10^{14} лет, что в 1000 раз больше возраста Вселенной. Диапазоны времен для других моделей еще больше.

Следовательно, наш мир имеет начало – 15-20 млрд. лет назад произошел Большой взрыв (измерения 1995 г. – 10-12 млрд. лет [12]). Теория взрыва была почти отвергнута в 1947 г, когда был достаточно надежно оценен возраст Земли (данные по распаду урана) – Земля оказалась почти вдвое "старше" вычисленного Хабблом времени начала разбегания галактик. Но к 1952 г были сделаны перекалибровки кривых цвет-светимость и несоответствие устранено.

В 1951 г. католическая церковь официально признала, что модель Большого взрыва согласуется с Библией. В 1981 г в Ватикане была организована очередная конференция по космологии, и глава католической церкви папа сказал, что область науки – все, что было после Большого взрыва, но ученым не следует вторгаться в сам Божественный акт Сотворения.

Первое независимое доказательство теории Большого взрыва было получено в 1965 г.

Возможны разные механизмы самого взрыва. Модель "горячей Вселенной" предложил амер. Георгий (Джордж) Антонович Гамов (1904-1968) – ученик А.А.Фридмана в 1940 г [13]. Свечение раскаленной ранней Вселенной может дойти до нас сейчас с сильным красным смещением – до сверхвысококачастотного (СВЧ) диапазона. Предсказанное Гамовым **реликтовое радиоизлучение** (фотоны чуть теплее 0 К) открыто в 1965 г. Американцы Арно Пензиас и Роберт Вильсон испытывали новый очень чувствительный СВЧ-детектор для связи с искусственными спутниками Земли и обнаружили уровень шума выше расчетного. После тщательных измерений стало ясно, что источник этого шума одинаков во всех направлениях и находится за пределами нашей Галактики. Это было доказательством гипотез Фридмана и Гамова о равномерном расширении Вселенной в результате горячего взрыва. В 1978 г. А.Пензиас и Р.Вильсон получили Нобелевскую премию.

Именно 1965 г следует считать началом крушения теории устойчивой Вселенной в умах большинства ученых.

Таким образом, модель вечной Вселенной пришлось заменить давно известной моделью (Бытие 1, 1-5):

В начале сотворил Бог небо и землю.

Земля же была безвидна и пуста, и тьма над бездною; и Дух Божий носился над водою.

И сказал Бог: да будет свет. И стал свет.

И увидел Бог свет, что он хорош; и отделил Бог свет от тьмы.

И назвал Бог свет днем, а тьму ночью. И был вечер, и было утро: день один.

Модели Фридмана предполагают **сингулярность** (что такое – неизвестно в принципе). Это точка, где плотность и кривизна пространства-времени бесконечны, т.е. нулевого размера. Теории Большого взрыва без сингулярности гораздо менее вероятны (Е.М.Лифшиц и И.М.Халатников, 1963-1970 гг).

Следует подчеркнуть, что теория Большого взрыва (сингулярность и начало времени) вытекает из общей теории относительности (теорема Роджера Пенроуза о сжатии звезды до черной дыры – 1965 г.; совместная теорема Стивена Хокинга и Пенроуза – 1970 г.). Но в сингулярности ОТО вступает в противоречие с требованиями квантовой механики (размеры бесконечно малы). Космология потребовала совместного учета этих несовместимых теорий.

Развитие Вселенной (по Дж.Гамову, 1948).

В момент Большого взрыва размеры Вселенной были нулевыми, а температура – бесконечно велика (10^{26} градусов – уровень "обратного счета", доступного теориям, соответствующий времени 10^{-43} секунды). Через секунду температура упала до десяти миллиардов градусов (такая t^0 возможна при взрыве водородной бомбы). Вселенная состояла тогда из фотонов, электронов и нейтрино, небольшого количества протонов и нейтронов и их античастиц.

Сначала был только "свет". Для того, чтобы излучение превратилось в вещество (процесс, обратный аннигиляции), энергия фотона, рождающего пару частица-античастица, должна быть больше $E = 2 mc^2$ (где m – масса покоя частицы). Температура, соответствующая такой энергии: $T = 2 mc^2/k$, где k – постоянная Больцмана =

0,00008617 эВ/К. Пороговая температура для рождения пар электрон-позитрон (масса e^- соответствует энергии 0,511 МэВ) – $6 \cdot 10^9$ К.

Процесс появления вещества из первичного излучения давно описан (Бытие 1, 6-10):

И сказал Бог: да будет твердь посреди воды, и да отделяет она воду от воды.

И создал Бог твердь; и отделил воду, которая под твердью, от воды, которая над твердью. И стало так.

И назвал Бог твердь небом. И был вечер, и было утро: день второй.

И сказал Бог: да соберется вода, которая под небом, в одно место, и да явится суша. И стало так.

И назвал Бог сушу землею, а собрание вод назвал морями. И увидел Бог, что это хорошо.

Тот же фрагмент в Торе (Брейшит 1, 6-8):

И сказал Всесильный: "Да будет пространство посреди воды и отделяет оно воду от воды".

И создал Всесильный пространство, и разделил между водою, которая под пространством, и между водою, которая над пространством; и стало так.

И назвал Всесильный пространство небом. И был вечер, и было утро: день второй.

Согласно расчетам Гамова, в первоначальной смеси частиц на каждый протон, нейтрон и электрон должно было присутствовать около 40 млн. фотонов. Начальный баланс частиц и античастиц отличался примерно на одну миллиардную (**десяти миллиардную**) **в пользу частиц**, что и привело к нашей Вселенной. Через сто секунд температура упала уже до миллиарда градусов, стали появляться первые атомные ядра – дейтерий, гелий, затем литий и бериллий). Через несколько часов после Большого взрыва новые элементы перестали образовываться.

Стандартная модель (станд. сценарий) – это подробно разработанная теория, начиная с 0,01 сек – времени возникновения равновесного "газа", в котором не видны более ранние стадии. Температура 10^{11} К, доля нейтронов ок. 46% от суммы протонов и нейтронов. В предположении, что размер Вселенной обратно пропорционален температуре (современная реликтовая темп. 3 К, а "длина окружности" около 125 млрд. свет. лет), получаем, что при 10^{11} К длина окружности – 4 световых года [¹⁴]. Т.е. скорость "расширения" – 0,65 световых года (радиус) за 0,01 секунду. Такое значительное превышение скорости света связано с тем, что происходит рождение самого пространства [¹⁵].

Примерно через 3 мин. 2 сек. температура понизилась до 1 млрд (10^9) градусов, начинают получаться ядра. Соотношение протоны/нейтроны = 8:1 и оно сохранилось. Следующие 500 тыс. лет – без изменений.

Вселенная представляет собой смесь лептонов (нейтрино и антинейтрино), реликтовое излучение (фотоны) и барионы (водород, гелий, очень мало их изотопов) [¹⁶]. Четыре фундаментальных взаимодействия не дают предпосылок для дальнейшего развития [¹⁷]. Структурирование Вселенной до образования звезд заняло до 3 млрд. лет [¹⁸].

Отдельные области начали через миллион лет снова сжиматься, образуя газовые скопления, затем внутри этих скоплений (будущих галактик) начали появляться звезды. Более тяжелые звезды иногда взрывались (сверхновые), снабжая галактики тяжелыми элементами. Затем снова начинался процесс сжатия облаков космического газа. Наше Солнце – звезда второго или третьего поколения, образовавшаяся около пяти

миллиардов лет назад. Температурные диапазоны **синтеза элементов** (ядер) [19] следующие: при температуре центра Солнца около 15 млн С° идет только синтез гелия из водорода; при 100 млн С° ядра гелия сливаются в углерод; при дальнейшем росте температуры в центре звезды до 600 млн С° из углерода начинает синтезироваться магний; при 200 млн С° из магния образуется сера, а при 4000 млн С° из атомов серы синтезируется железо (процессы сложны и многоступенчаты). Однако уже к окончанию синтеза водорода из гелия звезда тратит около 2/3 своей ядерной энергии. Синтез более тяжелых элементов требует уже притока энергии, который возникает при быстром коллапсе до белого карлика, особенно на стадии его взрыва (сверхновая) [20].

Возникновение химических элементов по стандартной модели

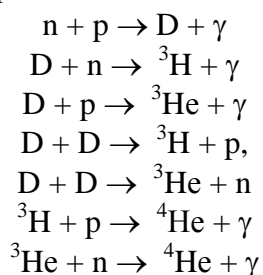
Таблица 1*. Первичный нуклеосинтез

Возраст Вселенной	Температура, К	Состояние и состав вещества
10^{-2} с	10^{11}	$n, p, e^-, e^+, \nu, \bar{\nu}$ в тепловом равновесии; n и p в одинаковом количестве
10^{-1} с	$3 \cdot 10^{10}$	Те же частицы, что и выше, но отношение числа нейтронов к числу протонов $n : p = 3 : 5$
1 с	10^{10}	$\nu, \bar{\nu}$ отделяется от остальных частиц; e^-, e^+ начинают аннигилировать; $n : p = 1 : 3$
13,8 с	$3 \cdot 10^9$	Начинается образование D и ${}^4\text{He}$; исчезают e^-, e^+ ; есть также свободные n и p
35 мин	$3 \cdot 10^8$	Фиксируется количество D и ${}^4\text{He}$ по отношению к числу протонов и электронов; ${}^4\text{He} / \text{H} \sim 22\text{-}28\%$ (по массе)
$7 \cdot 10^5$ лет	$3 \cdot 10^3$	Образуются устойчивые нейтральные атомы. Теперь Вселенная прозрачна для излучения. Вещество начинает доминировать над излучением

Обозначения: n - нейтрон, p - протон, e^- - электрон, e^+ - позитрон, ν - нейтрино, $\bar{\nu}$ - антинейтрино, D - дейтерий, H - водород, He - гелий.

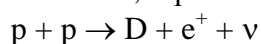
* Ю.Э.ПЕНИОНЖКЕВИЧ, Ядерная астрофизика, СОЖ, 1998, № 10, с. 68–76.

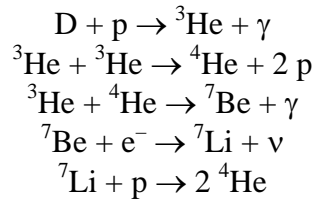
Температура $3 \cdot 10^9 \div 3 \cdot 10^8$ К, время - до 35 минут с момента Большого Взрыва, первичный синтез гелия:



В итоге получается ${}^4\text{He} / (\text{H} + {}^4\text{He}) \sim 22\text{-}28\%$ (по массе)

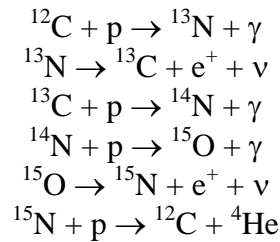
В звездах при температуре ниже $2 \cdot 10^7$ К, протон-протонный цикл синтеза гелия:



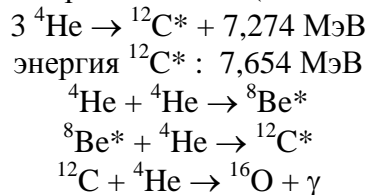


суммарный процесс $4 {}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + 26,7 \text{ МэВ}$
 (1 эВ = 96,48 кДж/моль; 1 МэВ = 96480000 кДж/моль)

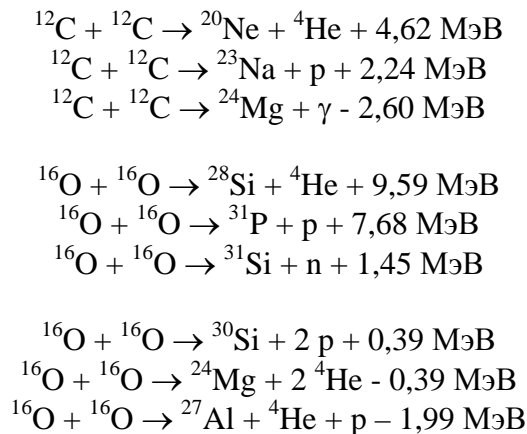
Каталитический CNO-цикл синтеза гелия:



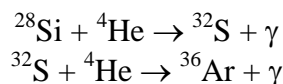
При температуре выше 10^8 К «горение» гелия (${}^{12}\text{C}^*$ - возбужденное ядро углерода):



При температуре выше $5 \cdot 10^8 \text{ К}$ «горение» углерода, кислорода, неона и кремния:



Горение неона характеризуется короткой стадией и заключается в фотодиссоциации ${}^{20}\text{Ne}$ под действием высокоэнергетических γ -квантов с отрывом α -частицы. Освободившиеся α -частицы взаимодействуют с неоном и другими ядрами до тех пор, пока не исчерпается запас неона.



Нерешенные проблемы:

- 1) Каково массовое отношение углерода к кислороду после гелиевой вспышки (это отношение чрезвычайно важно для дальнейшей эволюции массивных звезд)?
- 2) Где именно протекает r -процесс (от англ. rapid – быстро) быстрого захвата нейтронов?

3) Какие нуклиды, обязанные протонным процессам, рождаются в различных эпизодах нуклеосинтеза?

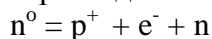
4) Каков относительный вклад сверхновых с коллапсирующим ядром, с одной стороны, и порожденных СО-взрывом, с другой, в образование железа и прочих тяжелых элементов?

(энциклопедия Кругосвет <http://www.krugosvet.ru/articles/20/1002099/1002099a1.htm>)

Основные парадоксы существования планеты Земля

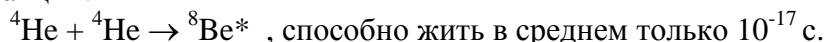
До сих пор не существует научной теории, объясняющей, откуда в земной коре появился именно этот набор химических элементов. Наука не может объяснить причины возникновения именно такого материального мира, который нас окружает. Вот некоторые примеры пределов научного знания о происхождении вещества:

1. Из-за ничтожной разницы в массах протона (1,00797 а.е.м.) и нейтрона (1,00867 а.е.м.) протон (ядро атома водорода) оказался стабильной частицей, а нейтрон – неустойчивой (вне атомного ядра) с периодом полураспада 11,7 мин (702 секунды) [21]. Нейтрон распадается на протон p^+ , электрон e^- и антинейтрино $\bar{\nu}$:



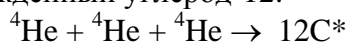
При самом незначительном уменьшении разницы масс протона и нейтрона протон стал бы нестабильным и вся картина мира изменилась бы. Не имеет научного объяснения и различие масс протона и электрона в 1870 раз [22].

2. Согласно теории "Большого взрыва", на стадии первичного ядерного синтеза процесс остановился на ядрах гелия. Вероятный состав ранней Вселенной: 22-28% гелия, остальное – водород (барионная материя). При этом барионная материя давала ничтожную часть массы, в основном обеспеченной фотонами (69%) и нейтрино (31%) [23]. Дальнейший нуклеосинтез был невозможен – избыточная энергия образующихся ядер вызывала их распад. Например, возбужденное ядро бериллия-8, которое образуется при реакции:



Этим объясняется так называемая "щель масс" – отсутствие ядер с массами 5 и 8, и малое относительное содержание в земной коре лития-7, бериллия-9, бора-11, которые образовались позже как осколки синтеза тяжелых элементов. Содержание в коре бериллия ($2,6 \cdot 10^{-4}$ г на тонну) примерно равно содержанию урана ($2,4 \cdot 10^{-4}$ г на тонну) [24].

Ситуацию "спас" углерод-12. У него оказалось возможным существование возбужденного состояния ядра с энергией 7,654 МэВ, на 0,38 МэВ больше суммарной энергии, выделяющейся при объединении трех альфа-частиц. Возможной реакцией образования углерода-12 было бы слияние трех ядер гелия-4 (α -частицы) в возбужденный углерод-12:



Это, однако, очень маловероятная реакция, так как в ней одновременно принимают участие три ядра. Затем были предложены другие процессы. Например, за короткое время жизни возбужденного ядра бериллия-8 вполне возможно его соударение (всего за 10^{-21} с) с еще одной α -частицей:



Чтобы возбужденное ядро углерода-12 не распалось, у него должен существовать "разрешенный" резонансный энергетический уровень, соответствующий сумме энергий всех реагирующих частиц (слева). Этот необходимый для построения нашей материальной Вселенной уровень оказался реально существующим. В результате во вторичном нуклеосинтезе (во вновь образовавшихся звездах) стал возможен синтез

углерода (при 100 млн C^0) и более тяжелых элементов. Такую возможность предсказал теоретически английский астрофизик Ф.Хойл, а доказал экспериментально У.Фаулер (Нобелевская премия 1983 г.). Хойл был под большим впечатлением от своего предсказания и позднее признавался [25]: “Ничто не поколебало мой атеизм сильнее, чем это открытие”.

Однако в звездах возможен равновесный синтез только элементов до железа включительно (при 4 млрд. C^0), так как более тяжелые для образования ядер уже требуют затрат энергии [26].

3. Тяжелые и особенно радиоактивные элементы (уран) могли получиться только в результате быстрого нейтронного захвата в сверхмощных потоках нейтронов, возможных при взрывах сверхновых звезд [27]. Возможность вклада взрывов сверхновых в нуклеосинтез подтверждена обнаружением метеоритов с необычным изотопным составом элементов. Изотопные аномалии состава некоторых метеоритов позволили астрофизикам утверждать, что Солнечная система начала формироваться вскоре после близкого взрыва сверхновой [28].

До сих пор не существует теории, удовлетворительно объясняющей, почему в Солнечной системе одновременно есть планеты типа Юпитера, состоящие из легких элементов, и Земля, содержащая достаточно много элементов с атомными массами более 60.

Анализ современной космологии приводит к мысли о слишком уж большом количестве "счастливых случайностей", позволивших возникнуть нашей планете и человеку на ней. Вместо объяснения ученые предложили "**антропный принцип**" (от греч. anthrōpos – человек). Он известен в двух формулировках. Согласно "слабому" антропному принципу, существует бесконечное число не связанных вселенных с бесконечным разнообразием физических констант. Среди них случайно возникла наша Вселенная, в которой соотношение фундаментальных параметров позволило появиться жизни и разуму, т.е. "наблюдателю". Немецкий физик Петер Хегеле пишет [29]:

“Слабый антропный принцип (в англоязычной литературе WAP) напоминает о том, что при разработке теорий следует изначально учитывать наблюдателя. Каждая космогоническая теория должна быть совместима с наличием наблюдателя. По крайней мере со времени создания квантовой теории ученым стало понятно, что явления должны рассматриваться с учетом влияния на них наблюдателя (процесс измерения). Применительно к космическим теориям это означает, что не следует создавать теорий, вообще не допускающих существования наблюдателя. WAP играет, таким образом, роль „фильтра“ для возможных теорий.

Решающее открытие состоит в том, что согласно сегодняшним представлениям о развитии нашего Космоса этот фильтр почти ничего не пропускает! Если рассмотреть совокупность мыслимых космосов, характеризующихся различными законами природы, различными константами и разнообразными граничными и начальными условиями, то часть из них, в которых могла возникнуть жизнь на основе углерода, будет исчезающе мала. Примеры тонких согласованностей показывают, в каких узких границах значений констант вообще возможна жизнь. ...

Если для возникновения жизни были необходимы столь точные согласованности, может быть, жизнь не является все-таки малозначащим продуктом случая, а преднамеренна, запланирована? Может быть, в наблюдаемом развитии спрятаны “дизайн”, продуманный план и продуманные намерения? Или дизайнер?”

"Сильный" антропный принцип утверждает, что наша Вселенная **должна** быть именно такой, чтобы в ней на некоторой стадии эволюции возник человек ("наблюдатель") [30]. При этом не обсуждается, кому и почему "должна" наша Вселенная.

Наблюдаемые тонкие согласованности физических констант нашей Вселенной принято объяснять в рамках по крайней мере четырех подходов:

1. Взаимосвязь между тонкими согласованностями и возникновением жизни категорически отрицается.

2. Тонкая согласованность – в противоположность вышеизложенным аргументам – рассматривается как с необходимостью случившийся факт, не требующий дальнейших объяснений.

3. Тонкие согласованности – это лишь свидетельство еще неоткрытых закономерностей и взаимосвязей.

4. Тонкие согласованности рассматриваются как случайное совпадение и, следовательно, не требуют дальнейшего объяснения.

Некоторые толкуют тонкие согласованности агностически: более глубокое обоснование отсутствует, а может быть, оно и вообще не существует. Случайное не подчиняется никаким осмысленным взаимосвязям. Следует ли с этим примириться? Достаточно ли действительно „случая и необходимости“ для объяснения мира?

Возможно также простое теистическое толкование: гениальный дизайнер, Бог-творец, построил нашу Вселенную по своим планам таким образом, что в ней могла возникнуть и сохраниться жизнь. Законы природы и константы имеют своей целью создание условий, необходимых для жизни. Получается, что современные естественные науки подтверждают Ветхий Завет:

“Ибо так говорит Господь, сотворивший небеса, Он – Бог, образовавший землю и создавший ее; Он утвердил ее; не напрасно сотворил ее: Он образовал ее для жительства; Я – Господь, и нет иного” (Исайя 45, 18)

Оптическая асимметрия биологически активных молекул.

В большинстве учебников школьной органической химии оптическая изомерия не рассматривается, хотя она составляет главное отличие продуктов реакций в живых клетках от их синтетических аналогов. Известно, что в живых организмах содержится множество оптически активных молекул, причем в виде только одного из оптических изомеров. При обычных органических синтезах всегда получается смесь оптических изомеров (рацемат). Впервые истинно асимметрический синтез, приводящий к преимущественному получению одного из оптических изомеров, был осуществлен в 1934 г. при использовании поляризованного света [31]. Однако и в настоящее время для производства пищевых продуктов, витаминов и многих лекарств используются исключительно биологические методы, поскольку синтетическая химия не может конкурировать с живой клеткой в асимметрическом синтезе. Остается непонятным, на какой стадии химической эволюции вещества и как возникла оптическая асимметрия органических молекул.

Одна из недавно предложенных гипотез выглядит следующим образом:

В результате исследования инициированной излучениями высоких энергий полимеризации формальдегида при сверхнизких температурах академик РАН В.И.Гольданский дал объяснение одной из главных загадок происхождения жизни.

В.И.Гольданский предположил, что в условиях сверххолодного межзвездного газа, пронизываемого космическими излучениями, возможен избирательный синтез оптически активных молекул. Действительно, в космосе обнаружены молекулы аминокислот. При сверхнизких температурах избирательность химических реакций очень высока; даже незначительная разница в энергиях возможных продуктов приводит к преимущественному образованию более выгодного продукта реакции. Если предположить, что при сверхнизких температурах важное значение имеют квантовые эффекты (туннелирование), то избирательность процессов возрастает еще сильнее. Оптические изомеры неразличимы в обычных реакциях. Однако в твердых сверххолодных кристаллах межзвездного льда под воздействием излучений и магнитных полей проявляется "невидимая" при 300 К разница – и преимущественно образуются изомеры только одной ориентации. Возникновение неравномерного

распределения оптических изомеров может привести в конце концов к "биологическому Большому Взрыву", когда полимеры из оптических изомеров одной ориентации окажутся более способными к "самосборке" – процессу, идущему в любой живой клетке [32].

В.В.Загорский

Дополнение 1 к лекции 2

Ранние определения:

Вещество

Л.Полинг: [33, с.69] "**Элементарное вещество** представляет собой такое вещество, которое состоит из атомов только одного вида. **Соединение** – это такое вещество, которое состоит из атомов двух или более видов."

Атом

Д.И.Менделеев [34 с.155] предлагает вместо атомов (греч.) понятие **индивидуумов** (лат.) – неделимых лишь в определенном смысле, но делимых в принципе.

[с.156] "Родилось атомное представление о веществе еще в древности и до последнего времени (1895) борется с динамическим представлением, считающим вещество только проявлением сил."

"На современный атомизм, по моему мнению, прежде всего должно смотреть, как на прием или способ, удобоприменимый при получении весомого вещества природы."

"Когда Дальтон (1804) открыл закон кратных отношений, он высказался в пользу атомного учения, потому что при нем понимание закона кратных отношений становится весьма простым. Если делимость каждого простого тела имеет предел, а именно – атом, то атомы простых тел суть последние пределы всякой делимости, друг от друга по природе различные, а образование сложного тела из простых должно состоять в совокуплении нескольких разнородных атомов в одно целое или в систему атомов, называемую ныне **частицею** или **молекулою**."

[с.158] "Итак, атомное учение, допускающее лишь конечную механическую делимость, должно быть, до сих пор по крайней мере, принимаемо только, как прием, подобный тому приему, который употребляет математик, когда сплошную кривую линию разбивает на множество прямых линий. В атомах – есть простота представления, но нет необходимости к ним прибегать. Необходимо и достоверно одно понятие об индивидуальности частей материи, представляемой химическими элементами."

[с.229] "**Атомы** суть наименьшие количества или неделимые химические массы элементов, образующие **частицы** простых и сложных тел."

В начале XX века: "Атомы – это воображаемые частицы, из которых состоят тела." Главный антиатомист – Вильгельм Оствальд (1853-1932), Нобелевская премия 1909 г. (за исследования катализа).

Л.Полинг: [с.24] "Атомы представляют собой такие частицы, которые сохраняются при химических реакциях".

[с.70] "**Элемент** – вид вещества, представленный атомами определенного вида, а именно атомами с одинаковым атомным номером."

Молекула

Д.И.Менделеев [с.228] "**Частицею**, или химическою частицею, или молекулою, должно считать **количество вещества, вступающее в химическое взаимодействие с другими частицами** и занимающее в газообразном состоянии **такой же объем, какой занимают две весовые части водорода**."

Л.Полинг: [с.34] "Кристаллы многих веществ содержат обособленные группы атомов; такие группы атомов называют молекулами."

Валентность

Л.Полинг: [с.159] "Некоторые элементы имеют вполне определенную способность образовывать соединения или обладают определенной **валентностью** (от латинского *valentia* – сила или способность), определяющей число других атомов, с которыми может соединяться атом данного элемента."

Химическая реакция

Л.Полинг: [с.74] "Процесс превращения одних веществ в другие вещества путем перераспределения атомов и есть химическая реакция."

Дополнение 2 к лекции 2

Происхождение звезд и планет

<http://www.astrolab.ru/cgi-bin/>

ASTROLAB.ru

Как рождаются звезды?

Каковы же теоретические оправдания процесса сгущения разреженного межзвездного вещества в звезды под действием гравитации?

Оказывается, И.Ньютон достаточно полно сформулировал их задолго до появления первых наблюдательных указаний на гравитационную неустойчивость межзвездной среды. Через 5 лет после того, как И.Ньютон опубликовал свой закон тяготения, его друг, преподобный Ричард Бентли, стоявший тогда во главе Тринити-колледжа в Кембридже, в письме к Ньютону спрашивал о том, не может ли быть описанная им сила тяготения причиной образования звезд (как нам кажется, столь точная формулировка проблемы делает Р.Бентли соавтором высказанного Ньютоном принципа гравитационной неустойчивости).

В письме к Бентли от 10 декабря 1692 г. Ньютон отвечал: "Мне кажется, что если бы все вещество нашего Солнца и планет и все вещество Вселенной было бы равномерно рассеяно в небесных глубинах, и если бы каждая частица имела врожденное тяготение ко всем остальным, и если бы, наконец, пространство, в котором была бы рассеяна эта материя, было бы конечным, вещество снаружи этого пространства благодаря указанному тяготению, влеклось бы ко всему веществу внутри и вследствие этого упало бы в середину всего пространства и образовало бы там одну огромную сферическую массу. Однако, если бы это вещество было равномерно распределено по бесконечному пространству, оно никогда не могло бы объединиться в одну массу, но часть его сгущалась бы тут, а другая там, образуя бесконечное число огромных масс, разбросанных на огромных расстояниях друг от друга по всему этому бесконечному пространству. Именно так могли образоваться и Солнце и неподвижные звезды, если предположить, что вещество было светящимся по своей природе".

Таким образом, великий физик впервые сформулировал принцип гравитационной неустойчивости однородного вещества и, по существу, создал первую научную концепцию происхождения планет и звезд. Еще раз отметим стимулирующую роль вопроса, заданного Р.Бентли. В связи с этим можно вспомнить, хотя бы в качестве исторического курьеза, что через 17 лет после обмена письмами между Ньютоном и Бентли другой "служитель культа", епископ Джордж Беркли, использовал авторитет и высказывания Ньютона для обоснования своих сугубо идеалистических взглядов на мир. "Моя доктрина, – писал он, – прекрасно соответствует идее творения: я считаю, что ни материя, ни звезды, ни Солнце и т. д. не существовали прежде". После Ньютона такие взгляды воспринимались уже вполне естественно.

Создав паровой двигатель и теоретическую термодинамику, ученые XIX в. поняли, что поведение разреженного вещества зависит не только от силы тяжести, но и от запасенной в нем тепловой энергии. Точное решение задачи о гравитационной

неустойчивости получил в 1902 г. английский теоретик Джеймс Хопвуд **Джинс** (1877-1946). Изучая распространение звуковых волн в газе с учетом сил гравитации, он показал, что существует критическое (теперь мы говорим – джинсовское) значение длины звуковой волны (h_J), разделяющее сферы влияния гравитации и газового давления.

Если создать в газе уплотнение с характерным размером $h < h_J$, то сила гравитации поборет давление газа, и уплотнение уже не сможет расшириться, а будет продолжать сжиматься под действием собственной тяжести.

Чтобы понять, почему поведением коротковолновых возмущений плотности управляет сила газового давления, а длинноволновых – гравитация, рассмотрим их влияние на вещество как бы по отдельности. Если бы отсутствовало газовое давление, то под действием гравитации все вещество облака собралось бы к его центру за время свободного падения ($t_{\text{пад}}$), которое зависит только от средней пространственной плотности газа, а значит, оно имеет одинаковое значение для возмущений плотности с любым характерным размером.

С другой стороны, в случае отсутствия гравитации сила газового давления заставила бы облако расширяться. В свободном состоянии газ расширяется со скоростью, близкой к скорости звука, т. е. близкой к средней скорости теплового движения молекул. Значит, характерное время расширения некоторого газового объема ($t_{\text{рас}}$) можно оценить, разделив его размер на скорость звука в газе. Поскольку же скорость звука зависит только от температуры и химического состава газа, время расширения прямо пропорционально размеру облака.

Следовательно, в возмущениях плотности маленького размера ($t_{\text{пад}} > t_{\text{рас}}$) газовое давление всегда будет успевать перераспределить вещество таким образом, чтобы воспрепятствовать дальнейшему сжатию. И напротив, возмущения плотности большого размера ($t_{\text{пад}} < t_{\text{рас}}$), случайно возникнув, уже не смогут вновь расшириться: у них на это просто не хватит времени, так как гравитация сработает быстрее, чем сила газового давления. Этот процесс и называется гравитационной (или джинсовской) неустойчивостью.

Проделанные выше рассуждения можно перевести с языка характерных времен на язык сил, который дает возможность более точно определить значения критической длины волны (h_J) и массы (M_J) гравитационно неустойчивого возмущения плотности. Это было сделано Дж. Джинсом в начале XX века, исследовавшим процесс гравитационной неустойчивости с помощью точных уравнений распространения звуковых волн в газе. Но в этих уравнениях, кроме силы газового давления, впервые фигурировала и сила собственной гравитации газа. До Джинса эту "малую поправку" никто не принимал во внимание. Действительно, в лабораторных условиях она ничтожна, но в масштабах галактики эта сила вполне реальна, и на равных правах с давлением частиц и магнитного поля она управляет движением огромных масс межзвездного газа.

Спустя 240 лет после письма Ньютона к Бентли Джинс написал в своей книге "Звезды в их развитии" (в русском переводе "Движение миров". – М., 1933): "Предположим, что в начале времен все пространство было заполнено газом... Тогда можно доказать, что газ не оставался бы равномерно распределенным в пространстве, а немедленно стал бы собираться в шары. Мы можем вычислить, сколько газа потребуется для образования каждого шара".

Действительно, в отличие от Ньютона Джинс мог это вычислить. Таким образом, от гипотезы Ньютона до теории Джинса потребовалось построение всей классической физики, занявшее два с половиной века. Принимая во внимание только давление газа и гравитацию", Джинс получил простые формулы для вычисления критических параметров гравитационно неустойчивых возмущений плотности. Как показывают эти формулы, и минимальный размер (h_J), и минимальная масса (M_J) таких возмущений увеличиваются с ростом температуры газа и уменьшаются с ростом его плотности.

Формулы эти были получены еще в начале века, когда не имелось почти никакой информации о состоянии межзвездной среды, прежде всего о многообразии физических условий и процессов в ней. Вероятно, поэтому сам Джинс довольно легкомысленно заметил: "...для нас ясно, почему все звезды имеют очень сходный вес; это потому, что все они образованы одинаковым процессом. Они, пожалуй, похожи на фабричные изделия, сделанные одной и той же машиной". Как выясняется теперь, звезды в действительности очень разнообразны: диапазон их масс охватывает не менее трех порядков величины, есть заметные различия и в их химическом составе, в напряженности магнитного поля, в скорости вращения.

И все же именно теперь мы в полной мере ощутили силу формул Джинса. Если взять в качестве типичных мест формирования звезд мелкомасштабные конденсации в молекулярных облаках, где температура $T=(5-20)$ К и концентрация частиц $n=(10^4 - 10^6)$ см⁻³ и использовать эти значения для вычисления M_J по Джинсу, мы получим $M_J=(0,03-3)$ M_\odot . Прекрасный результат, если вспомнить, что в этой простой формуле удалось "миновать" такие важные физические факторы, как упругость межзвездного магнитного поля, внешнее газовое давление, гравитация уже имеющихся в газе и вокруг него звезд, вращение газового облака и т. д.

<http://newplanet.nm.ru/worlds.htm>

ИММАНУИЛ ВЕЛИКОВСКИЙ МИРЫ В СТОЛКНОВЕНИИ

Immanuel Velikovsky WORLDS IN COLLISION Пер. с англ.

Происхождение планетарной системы

Все теории происхождения планетарной системы и движущих сил, заставляющих "семью планет" обращаться вокруг Солнца, исходят из закона всемирного тяготения и небесной механики Ньютона. Солнце притягивает к себе планеты. И если бы сила его тяготения не уравновешивалась другой, ей противоположной, то все планеты попадали бы на Солнце. Но каждая из них в силу инерции должна следовать в направлении, противоположном Солнцу, в результате чего и создается орбита. Точно так же и спутник, или луна, подвержены тому же воздействию, – одна сила гонит их прочь от планеты, но тяготение искривляет путь, по которому луна последовала бы при отсутствии взаимного притяжения; и тут орбита создается действием тех же двух сил. Инерция, или устойчивость движения, присущие планетам и спутникам, были провозглашены Ньютоном, однако он не пояснил, когда и как был задан изначальный толчок.

Теория планетарной системы, главенствовавшая в продолжении XIX века, была предложена теологом Сведенборгом и философом Кантом. Научное обоснование ей дал Лаплас, правда, без математических расчетов. Вкратце, она заключается в следующем.

Сотни миллионов лет назад Солнце представляло собой огромных размеров туманность, по форме близкую к диску. Этот диск простирался от орбит теперешних внешних планет и вращался вокруг своего центра. Под действием сжатия, или самогравитации, в центре образовался шар Солнца. При вращении туманности

возникали центробежные силы; вещество, собравшееся ближе к периферии, противилось затягиванию к центру и потому отламывалось кольцами, которые затем скатывались в шары. Это и были планеты в процессе их становления. Иными словами, в результате сжатия вращавшегося солнца материя отрывалась, и из плоти солнечного вещества возникали планеты. Плоскость, в которой обращаются планеты, – это плоскость экватора Солнца.

Сегодня теория туманности, или небулярная теория признается неудовлетворительной. Против нее выдвигаются три возражения. Во-первых, скорость вращения Солнца вокруг своей оси к моменту появления планетарной системы была бы не столь велика, чтобы позволить оторваться части материи; но если даже оторвалась, эта материя не смогла бы слепиться в планетарные шары. Во-вторых, теория Лапласа не объясняет, почему планеты имеют большую угловую скорость суточного осевого вращения и орбитального годового обращения, чем могло бы им передать Солнце. В-третьих, непонятно что заставило некоторые спутники вращаться в обратном направлении, противоположном вращению большей части планет Солнечной системы.

"Со всей определенностью можно утверждать, что независимо от состава первоначального солнца, планетарная система не могла появиться лишь в результате его вращения. Если же вращавшееся в космосе солнце оказалось неспособно в одиночку породить семью планет и спутников, приходится признать присутствие некоего второго тела и помощь с его стороны. А это приведет нас к приливной теории."

Приливная теория, на более раннем этапе известная как теория планетозималей, предполагает, что вблизи от Солнца прошла какая-то звезда. При этом из Солнца вырвался гигантский протуберанец, устремившийся вслед за пролетающей звездой. Однако он остался в пределах Солнечной системы и послужил строительным материалом для планет. Согласно теории планетозималей, оторвавшаяся от Солнца масса распалась на части, постепенно отвердевшие; одни были выброшены за пределы Солнечной системы, другие упали обратно на Солнце, остальные подчиняясь силе тяготения, продолжали обращаться вокруг материнского светила. Двигаясь по вытянутым орбитам, они соединялись при случайных столкновениях, понемногу округляя свои орбиты, и наконец превратились в планеты, некоторые из которых обзавелись своими спутниками.

Приливная теория не допускает возможности, чтобы оторвавшееся от Солнца вещество сначала рассеялось, а уж затем собралось воедино; выброшенное вещество, дробясь на части, достаточно быстро из газообразного состояния переходит в жидкое и твердое. В поддержку теории приводилось и такое соображение: при подобном выбросе и распаде вещества на отдельные "капли" самые крупные из них скорее всего образуются в средней части, а самые малые "капли" в начале (вблизи от Солнца) и в конце (на окраине Солнечной системы). Действительно, Меркурий, ближайшая к Солнцу планета, самая малая. Венера побольше, Земля чуть больше Венеры. Юпитер в триста двадцать раз больше (своей массой) Земли. Сатурн немного меньше Юпитера. Уран и Нептун хотя и крупные планеты, однако не чета Юпитеру и Сатурну. Плутон так же мал, как и Меркурий.

Первая трудность у приливной теории возникает в вопросе, который вроде бы считается самым сильным ее местом – масса планет. Между Юпитером и Землей обращается небольшая планета Марс, имеющая лишь одну десятую объема Земли, в то время как по заданной схеме следом за Землей должна находиться планета в десять-пятнадцать раз большая. Опять же и Нептун больше, а не меньше Урана.

Другая трудность – редкий, как принято считать, случай встречи двух звезд. Один из авторов приливной теории так оценивал вероятность подобной встречи: "Предположительные шансы данной звезды образовать свою планетарную систему могут возникнуть лишь однажды на протяжении 5.000.000.000.000.000 лет." Но поскольку период существования звезды значительно короче, "лишь одна из 100.000

звезд имеет шансы за период своего существования сформировать планетарную систему." В системе галактик, насчитывающей сто миллионов звезд, планетарные системы "формируются с предположительной периодичностью одна система в пять миллиардов лет... Наша собственная система, примерный возраст которой два миллиарда лет, возможно, одна из самых молодых во всей галактической системе звезд."

Как теория туманности, так и приливная теория считают планеты производными от Солнца, а их спутники – производными от планет.

Вопрос происхождения Луны для приливной теории может оказаться очень неудобным. Будучи меньше Земли, Луна однако раньше прошла процесс остывания и сжатия, а ее вулканы давно утратили активность. Известно, что Луна имеет меньший удельный вес, чем Земля. Предполагается, что Луна возникла из верхних слоев земного шара, богатых легким кремнием, в то время как земное ядро, основная часть планетного вещества, состоит из тяжелых металлов, по преимуществу железа. Из этого следует, что рождение Луны повremени не совпадает с образованием Земли. Возникнув из выброшенного Солнцем вещества, Земля должна была пройти процесс нивелирования, при котором тяжелые металлы выпадают в ядро, а кремний собирается в верхних слоях, и процесс этот должен был бы закончиться ко времени, когда Луна была оторвана от Земли повторным сильным приливом. А это означало бы два последовательных прилива в системе, где возможность даже одного считается редкостью чрезвычайной. Если прохождение одной звезды вблизи другой при ста миллионах звезд допускается однажды в течение пяти миллиардов лет, то два подобных происшествя для одной и той же звезды представляются совершенно невероятными. Поэтому ввиду отсутствия удовлетворительного объяснения принято считать, что спутники были отторгнуты от своих планет притяжением Солнца в момент их первого перигелия, когда планеты, еще обращавшиеся по вытянутым орбитам, сблизилась с Солнцем.

Обращение спутников вокруг планет также противоречит существующим космологическим теориям. Свою теорию происхождения Солнечной системы Лаплас построил на предположении, что все планеты и спутники вращаются в одном направлении. Он утверждал, что вращение Солнца вокруг своей оси, а также орбитальные обращения и осевые вращения шести планет, Луны, спутников и колец Сатурна вместе взятые, представляют собой сорок три движения, и все в одном направлении. "Проанализировав все возможные варианты, приходим к выводу: из более четырех тысяч миллиардов шансов сохраняется лишь один, что такой порядок не просто случайность; вероятность тут выше, чем реальность исторических событий, в которых вряд ли кто усомнится." Лаплас делал вывод, что изначальное и общее движение планетам и спутникам было задано некой первопричиной.

Впоследствии были открыты новые члены Солнечной системы. Теперь мы знаем: хотя большая часть спутников вращается в том же направлении, что и планеты и в каком обращается Солнце, и тем не менее луны Урана вращаются в плоскости почти перпендикулярной орбитальной плоскости своей планеты, а три из одиннадцати лун Юпитера и одна из девяти лун Сатурна, и еще одна луна Нептуна вращаются в обратном направлении. Эти факты противоречат основному положению теории Лапласа о том, что вращавшаяся туманность не могла породить спутники, вращающиеся в разных направлениях.

Согласно приливной теории направление движению планет было задано пролетающей мимо звездой: она прошла в той плоскости, в которой теперь вращаются планеты, и в направлении, предопределившим их обращение с запада на восток. Но почему тогда спутники Урана обращаются перпендикулярно этой плоскости, а некоторые луны Юпитера и Сатурна – в противоположном направлении? Этому приливная теория не способна объяснить.

По всем существующим теориям угловая скорость обращения спутника должна быть меньше скорости вращения материнского тела. Но внутренний спутник Марса вращается быстрее Марса.

Определенные трудности, возникающие у небулярной и приливной теорий, испытывает и другая теория, предложенная совсем недавно. Согласно ей Солнце прежде входило в систему двух звезд. Пролетавшая мимо третья звезда сокрушила спутник Солнца, а из его осколков возникли планеты. Эта теория утверждает, что крупные планеты слеплены из осколков, а меньшие, так называемые "земные" планеты, образовались из сколов от планет-гигантов.

Положение о том, что меньшие размерами и твердые планеты рождались от больших, газообразных, было выдвинуто с целью объяснить разницу в соотношении веса к объему больших и малых планет, но эта теория не в силах объяснить существующую разницу между удельным весом малых планет и их спутников. Путем отщепления Земля породила Луну; но поскольку удельный вес Луны больше удельного веса крупных планет и меньше удельного веса Земли, куда более резонным, по логике этой теории, было бы считать, что это Луна несмотря на свою малость породила Землю, а не наоборот. И это заставляет нас усомниться в приводимом доводе.

Вопрос о происхождении планет и их спутников остается нерешенным. Теории не просто противоречат друг другу, каждая из них в самой себе несет противоречия. "Если бы вокруг Солнца не обращались планеты, то объяснить происхождение и эволюцию светила, не составило бы ни малейшего труда."

<http://www.vestnik.com/issues/2001/0327/koi/kharkovsky.htm>

Александр ХАРЬКОВСКИЙ (Нью-Джерси) ЭКСПЕДИЦИЯ К ПЛУТОНУ: НЕ ОПОЗДАТЬ БЫ...

Читателям, которых интересует космос, я задал бы два вопроса. Сколько планет имеется в Солнечной системе? И какая из больших планет, Нептун или Плутон, находится дальше от Солнца?

Если вы забыли школьный курс астрономии, не спешите искать ответ в учебниках, даже самых новых. Его там просто нет. Над ответом ломают голову не студенты – профессора... Камнем преткновения для них стала небольшая, далекая, холодная планета Плутон.

Недавно около ста астрономов собрались в обсерватории городка Флагстафф (Аризона) на конференцию, посвященную изучению планеты Плутон. На первый взгляд, рядовая встреча. Более того, казалось, слишком много внимания уделили они самой малой и самой далекой из планет Солнечной системы. Но ученые пришли к выводу, что это невообразимо холодное небесное тело является одним из наиболее интересных объектов планетарных исследований.

"Плутон – единственный представитель Солнечной системы, который не подвергался наблюдению вблизи, и без которого наши взгляды (на происхождение планет. – А.Х.) остаются неполными", – заявил участник конференции профессор Стерн.

В заключение встречи ученые решили, что следует послать автоматический зонд в облет Плутона. И сделать это необходимо немедленно, иначе следующий удобный случай выпадет лишь через... 150 лет.

На первый взгляд, к чему спешка? Плутон не Марс, где мы все еще надеемся встретить следы иной, неземной жизни, а то и памятники исчезнувшей цивилизации. Но астрономы полагают, что Плутон – Розетский камень [³⁵] Солнечной системы, где хранится ключ от тайны происхождения Солнца и планет.

В начале века выражение "семья планет" понималось почти буквально. Была неведомая звезда – Отец, которая подошла близко к нашему светилу и своим

притяжением породила на поверхности Матери Солнца гигантский горб, который, вырвавшись в открытое пространство, постепенно охлаждаясь, распался на ряд известных нам планет.

Гипотеза эта теорией так и не стала – многое в ней противоречит законам небесной механики, астрофизики. К тому же, в начале XX века были известны лишь восемь планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Последняя была открыта "на кончике пера". Наблюдая странности орбиты Урана, английский математик Дж. Адамс предсказал существование "возмутителя спокойствия" – неизвестной планеты. Француз Ж.Левеверье провел аналогичные расчеты и сообщил в Берлинскую обсерваторию, где на небе и когда можно ее обнаружить. Новую планету нашли, сфотографировали и назвали – Нептун.

Так было сделано великое открытие. Но был ли Нептун последней планетой? А что, если еще одно большое небесное тело вращается вокруг Солнца за Нептуном? И ученые и фантасты занялись поисками "планеты Икс". Так, российский писатель Беляев в своей фантастической повести описал ее как точную копию Земли, находящуюся на земной орбите, но по другую, невидимую с Земли, сторону Солнца. Астрономы же искали "планету Икс" либо в окрестностях Солнца, перед Меркурием, где она могла тонуть в солнечном сиянии или же вдали от дневной звезды, в кромешной тьме, за Нептуном.

Поиски "планеты Икс" увенчались успехом в 1930 году: анализируя странности орбиты Нептуна, молодой американский астроном Клайд Томбо открыл "звезду" 15 величины. Это и была новая, девятая, планета Солнечной системы, названная Плутоном, в честь бога преисподней. Но какой же странной, непохожей на сестер, оказалось новое небесное тело!

Плутон меньше остальных планет и даже Луны (диаметр его 2300 км, в пять раз меньше земного). В перигелии, то есть "вблизи" Солнца, Плутон в 30 раз дальше от него, чем Земля, а в афелии, вдали, – в 50 раз. В первом случае он становится уже не девятой, а восьмой планетой, так как оказывается ближе к Солнцу, чем Нептун. Вращается же он не как другие планеты, стоя, с наклоном, а как бы лежа на боку.

Один оборот вокруг Солнца Плутон совершает почти за 250 лет. Но и это еще не все. В 1978 году американец Дж. Кристи обнаружил у этой крошечной планеты – масса Плутона в 400 раз меньше земной – еще более крохотный спутник и назвал его Хароном, в честь мифического перевозчика через Реку Забвения в царство Плутона.

Харон столь же странный, как и сам Плутон. В Солнечной системе нет другого спутника, который был бы лишь немного меньше самой планеты. Да и спутник ли Харон? Вращается он не вокруг Плутона, а вместе с этой планетой вальсирует вокруг некой точки над Плутоном.

Перед нами, по сути, единственная в Солнечной системе двойная планета. Если добавить к этому, что крохотный Плутон сумел удержать атмосферу (состоящую в основном из азота), которая замерзает, когда планета удалена от Солнца, то перед нами предстанет чрезвычайно странное небольшое двойное небесное тело.

Плутон – нарушитель порядка в семье планет. Известно, что существуют четыре землеподобные планеты – Меркурий, Венера, Земля и Марс. За ними, вдали от Солнца, следуют газообразные планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. И на самом краю Ойкумены расположен этот странный Плутон.

Плутон портит всю картину происхождения планет из некоего протопланетного облака, которое, как полагают, окружало Солнце примерно четыре миллиарда лет назад. Согласно этой теории, при охлаждении из этого облака выделились сгустки, они дифференцировались при столкновении, образовав планеты двух видов – землеподобные и гигантские.

А как образовался Плутон? И планета ли он? Похоже все же, что планета. Так как планеты шарообразны и располагаются на так называемых разрешенных орбитах,

подчиняясь "закону Бодэ". На такой орбите находится и Плутон. Но как он там оказался?

Еще недавно считалось, что Плутон – сбежавший спутник Нептуна. Но наблюдения показывают, что это не так, ибо он не приближается к Нептуну ближе, чем Уран к Земле, то есть на расстояние 16 астрономических единиц (астрономическая единица – 150 миллионов км).

Так что же он такое? Астероид? Нет, астероиды обычно не шарообразны, а Плутон имеет форму шара. Планета? Пожалуй. Но какая-то странная. Астрономы называют ее "это небесное тело", или – "этот предмет". Одно ясно – Плутон, подобно поэзии, "существует, и ни в зуб ногой". И тем самым подрывает устои общепринятой гипотезы образования планет. Ученые же, конечно, не могут успокоиться, если нет ответа на фундаментальный вопрос: как образовалась Солнечная система. В ход идут новые гипотезы.

Так профессор А.Стерн предположил, что в пространстве за Нептуном существует страна планет-лилипутов. Самый крупный из них – Плутон, поменьше – Харон и Тритон, спутник Нептуна. За ними следуют шарообразные небесные тела, обладающие массой в 10-50 раз меньшей, чем у Плутона.

Новейшие исследования подтвердили гипотезу Стерна. Пояс малых планет был назван диском "ледяных карликов" Эджуорта-Куипера (Edgeworth-Kuiper Disk of "Ice dwarfs"). Таким образом, Плутон, карлик среди больших планет, оказывается гигантом среди планет-лилипутов. Страна Лилипутия расположена на расстоянии более 40 астрономических единиц от Солнца, и первые ее обитатели были открыты в конце XX века.

Профессор Стерн предполагает, что таких, малых, планет диаметром от тысячи до двух тысяч километров было несколько тысяч, но многих из них, по законам небесной механики, выбросило в межпланетное пространство, и они покинули Солнечную систему, а на устойчивых орбитах вокруг Солнца остались лишь сотни этих карликов. Плутон же сохранился, так как вращается по устойчивой, эллиптической, как и у остальных восьми планет, орбите.

Но если принять гипотезу Стерна, то малые планеты из семьи Плутона (не путать с астероидами) не отклонение, а норма для Солнечной системы. При этом восемь больших планет (Земля в их числе) на фоне этих карликов и лилипутов смотрятся не просто гигантами, а этакими монстрами эволюции, вроде бронтозавров мира планет.

Если это так, то нынешнюю гипотезу образования небесных тел вокруг Солнца придется в корне пересмотреть, ведь в ней не учитывается ее основное, самое многочисленное население – планеты-лилипуты.

Однако создать истинную теорию можно будет лишь тогда, когда станет ясен процесс их образования. А для этого космический зонд с Земли должен облететь Плутон, исследовать его поверхность и атмосферу, где как бы зашифрованы история образования и его самого и его родичей, карликовых планет. Сделать же это возможно лишь до наступления "зимы" на Плуtone, когда его атмосфера замерзнет и обрушится на поверхность, превратив планету в космический Ледовитый океан – только лед этот будет не из воды, а из замерзшего жидкого азота.

В наше время Плутон уже начал удаляться от Солнца. Коллапс его атмосферы, по расчетам, произойдет где-то между 2005 и 2020 годами. Так что зонд должен долететь до коллапса, ибо следующий удобный случай представится лишь через 150 лет.

Специалисты разработали программу облета и изучения Плутона. Существующие ракеты "Титан 4" и "Сентауэр" должны вывести на его орбиту два сверхлегких зонда-автомата, весом 160 килограммов каждый. Полет до далекой планеты займет около восьми-девяти лет.

В конце 90-х годов группа НАСА "Плутон-Куипер экспресс" (Pluto-Kuiper Express) представила концепцию своего проекта с ориентировочной стоимостью в

районе полумиллиарда долларов. Проект был принят НАСА. Развернулся активный фронт работ с чрезвычайно напряженным графиком – запуск предполагался в декабре 2004 года. Однако 13 октября 2000 года НАСА решило остановить работу над проектом и разработать новую программу достижения Плутона до 2020 года. Не исключено, что эта "остановка поезда на полном ходу" приведет к переносу времени старта, и зонды могут застать Плутон закованным в броню ледяной атмосферы.

Разгадав загадку Плутона, Харона и планет-лилипутов, мы приблизимся к пониманию не только прошлого Солнечной системы, процессов ее зарождения и эволюции, но также и ее будущего.

Библиография к лекции 2

1. Менделеев Д. Основы Химии 6-е издание С-Пб, тип. В.Демакова, 1895. – 780 с., с.2
2. Химическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Большая Российская энцикл., 1998. – 623 с. (т.1)
3. Кочаров Г.Е. Термоядерный котел в недрах Солнца и проблема солнечных нейтрино Соросовский образовательный журнал, 1996, № 10, с.99-105
4. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб. для химико-технол. вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 640 с., с.340
5. Баррер М., Жомотт А., Вебек Б.Ф., Ванденкеркхове Ж. Ракетные двигатели/ Пер. с англ. – М.: Оборонгиз, 1962. – 799 с., с.239
6. Загорский В.В. Огни потешные. Фейерверк: история, теория, практика. – М.: Школа им. А.Н.Колмогорова, "Самообразование", 2000. – 64 с., с.41-42
7. Бучаченко А.Л. Современная химическая физика. Цели и пути прогресса. Успехи химии, 1987, т.54, с.1593-1638
8. Астахов М.В. Наночастицы и наноматериалы / В: Современное естествознание: Энциклопедия: в 10 т. – М.: Флинта: Наука, 1999-2000. – Т.1 Физическая химия. – 328 с., с.271-275
9. Сергеев Г.Б. Нанохимия металлов Успехи химии, т.70 (№ 10), 2001 г., с.915-931
10. Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия. – М.: Аванта+, 1998. – 688 с., с.415-416
11. Яки Стенли Л. Бог и космологи. / Пер. с англ. – Долгопрудный: "Аллегро-Пресс", 1993 – 321 с., с.41-42
12. Химия и Жизнь N 7-95, с.7 – результат работы орбитального телескопа "Хаббл", а также наблюдения мерцаний двух изображений одного квазара (продукт коллапса центра галактики), заслоняемого более близкой галактикой – "гравитационной линзой"
13. С именем Гамова связаны три достижения науки XX века: теория α -распада (1928), теория "горячей Вселенной" (1948) и открытие феномена генетического кода (1953) [Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия., с.201].
14. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной/ Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с., с.102
15. Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: "Академия", 1995. – 163 с., с. 58-62; С.Вайнберг, с.99-115
16. Р.Е.Ровинский, с. 67
17. Азимов А. Нейтрино-призрачная частица атома. Пер. с англ.- М.: Атомиздат, 1969. – 143 с., с.99-100
18. Шебалин С.Ф. Нейтроны. – М.: "Просвещение", 1969. – 96 с., с.17
19. Азимов А. Нейтрино – призрачная частица атома: Пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1969. – 143 с., с.135
20. Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: "Академия", 1995. – 163 с., с.61
21. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
22. Хегеле П. Рассчитан ли космос на человека? "Поиск", 2001, № , март, Интернет: http://www.poisknews.ru/_ingz/allstatya.asp?table=ingzPublics&id=31
23. Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: "Академия", 1995. – 163 с., с.73-75
24. Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли. М.: Наука, 1973. – 167 с., с. с.68-78
25. Нарликар Дж. Неистовая Вселенная: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 256 с., с.110-112
26. Хегеле П. Рассчитан ли космос на человека? "Поиск", 2001, № , март, Интернет: http://www.poisknews.ru/_ingz/allstatya.asp?table=ingzPublics&id=31
27. Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики / Успехи физических наук. Т.161, N 9, 1991, с.177-194
28. Серебровская К.Б. Сущность жизни. История поиска. – Кн.первая. – М.: Изд-во академии МВД, 1994. – 400 с., с.160-161
29. Химическая физика на пороге XXI века: К 100-летию академика Н.Н.Семенова. – М.: Наука, 1996. – 224 с., с.118-130
30. Полинг Лайнус Общая химия Пер. с англ. – М.: "Мир", 1964. – 583 с.
31. Менделеев Д. Основы Химии 6-е издание С-Пб, тип. В.Демакова, 1895. – 780 с., с.2

32. Язык древних египтян не был известен до тех пор, пока солдаты Наполеона не нашли вблизи Александрии, в Египте, Розеттский камень с надписью на двух языках, египетском и греческом. Французский ученый Ж.Шампольон расшифровал эту надпись в 1822 году и тем открыл дорогу к пониманию письменности и культуры Древнего Египта

- ¹ Менделеев Д. Основы Химии 6-е издание С-Пб, тип. В.Демакова, 1895. – 780 с., с.2
- ² Химическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Большая Российская энцикл., 1998. – 623 с. (т.1)
- ³ Кочаров Г.Е. Термоядерный котел в недрах Солнца и проблема солнечных нейтрино Соросовский образовательный журнал, 1996, № 10, с.99-105
- ⁴ Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб. для химико-технол. вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 640 с., с.340
- ⁵ Баррер М., Жомотт А., Вебек Б.Ф., Ванденкеркхове Ж. Ракетные двигатели/ Пер. с англ. – М.: Оборонгиз, 1962. – 799 с., с.239
- ⁶ Загорский В.В. Огни потешные. Фейерверк: история, теория, практика. – М.: Школа им. А.Н.Колмогорова, “Самообразование”, 2000. – 64 с., с.41-42
- ⁷ Бучаченко А.Л. Современная химическая физика. Цели и пути прогресса. Успехи химии, 1987, т.54, с.1593-1638
- ⁸ Астахов М.В. Наночастицы и наноматериалы / В: Современное естествознание: Энциклопедия: в 10 т. – М.: Флинта: Наука, 1999-2000. – Т.1 Физическая химия. – 328 с., с.271-275
- ⁹ Сергеев Г.Б. Нанохимия металлов Успехи химии, т.70 (№ 10), 2001 г., с.915-931
- ¹⁰ Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия. – М.: Аванта+, 1998. – 688 с., с.415-416
- ¹¹ Яки Стенли Л. Бог и космологи. / Пер. с англ. – Долгопрудный: "Аллегро-Пресс", 1993 – 321 с., с.41-42
- ¹² Химия и Жизнь N 7-95, с.7 – результат работы орбитального телескопа "Хаббл", а также наблюдения мерцаний двух изображений одного квазара (продукт коллапса центра галактики), заслоняемого более близкой галактикой – "гравитационной линзой"
- ¹³ С именем Гамова связаны три достижения науки XX века: теория α -распада (1928), теория “горячей Вселенной” (1948) и открытие феномена генетического кода (1953) [Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия., с.201].
- ¹⁴ Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной/ Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с., с.102
- ¹⁵ Чарльз Линевиер и Тамара Дэвис ПАРАДОКСЫ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА "В МИРЕ НАУКИ", июль 2005 № 7 <http://www.sciam.ru/2005/6/cosmology.shtml>
- ¹⁶ Ю.Э.ПЕНИОНЖКЕВИЧ Ядерная астрофизика СОЖ, 1998, № 10, с. 68–76, <http://journal.issep.rssi.ru/image.php?year=1998&number=10&page=68> (<http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1168517&s=>)
- ¹⁷ Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: “Академия”, 1995. – 163 с., с. 58-62; С.Вайнберг, с.99-115
- ¹⁸ Р.Е.Ровинский, с. 67
- ¹⁹ Азимов А. Нейтрино-призрачная частица атома. Пер. с англ.- М.: Атомиздат, 1969. – 143 с., с.99-100
- ²⁰ В.Н.РЫЖОВ Звездный нуклеосинтез - источник происхождения химических элементов, СОЖ, 2000, №8, с.81–8 <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1168520&s=120600000>
- ²¹ Шебалин С.Ф. Нейтроны. – М.: "Просвещение", 1969. – 96 с., с.17
- ²² Азимов А. Нейтрино – призрачная частица атома: Пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1969. – 143 с., с.135
- ²³ Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: “Академия”, 1995. – 163 с., с.61
- ²⁴ Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
- ²⁵ Хегеле П. Рассчитан ли космос на человека? “Поиск”, 2001, № , март, http://www.poisknews.ru/_ingz/allstatya.asp?table=ingzPublics&id=31
- ²⁶ Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: “Академия”, 1995. – 163 с., с.73-75
- ²⁷ Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли. М.: Наука, 1973. – 167 с., с.68-78
- ²⁸ Нарликар Дж. Неистовая Вселенная: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 256 с., с.110-112
- ²⁹ Хегеле П. Рассчитан ли космос на человека? “Поиск”, 2001, № , март, http://www.poisknews.ru/_ingz/allstatya.asp?table=ingzPublics&id=31
- ³⁰ Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики / Успехи физических наук. Т.161, N 9, 1991, с.177-194
- ³¹ Серебровская К.Б. Сущность жизни. История поиска. – Кн.первая. – М.: Изд-во академии МВД, 1994. – 400 с., с.160-161
- ³² Химическая физика на пороге XXI века: К 100-летию академика Н.Н.Семенова. – М.: Наука, 1996. – 224 с., с.118-130
- ³³ Полинг Лайнус Общая химия Пер. с англ. – М.: “Мир”, 1964. – 583 с.
- ³⁴ Менделеев Д. Основы Химии 6-е издание С-Пб, тип. В.Демакова, 1895. – 780 с., с.2
- ³⁵ Язык древних египтян не был известен до тех пор, пока солдаты Наполеона не нашли вблизи Александрии, в Египте, Розеттский камень с надписью на двух языках, египетском и греческом. Французский ученый Ж.Шампольон расшифровал эту надпись в 1822 году и тем открыл дорогу к пониманию письменности и культуры Древнего Египта