

## **Общая и неорганическая химия** **ЛЕКЦИИ**

лектор – ст.н. сотр. Химического ф-та, к.х.н., д.п.н.  
Загорский Вячеслав Викторович

### **Лекция 1. Место химии в системе естественных наук.** **Возникновение и развитие химии.**

Химия – наука о превращениях веществ, связанных с изменением электронного окружения атомных ядер.

#### **Химическое видение мира**

Давно уже замечено – химики-профессионалы отличаются широтой своих взглядов и открытым отношением ко всему происходящему вокруг. Это легко объяснить тем, что все наше современное материальное окружение – продукция промышленного химического синтеза. Но главная причина, по-моему, не только в "химии вокруг нас".

Химию можно "ненаучно" определить как то, чем занимаются люди, называющие себя химиками. Мне очень понравилась характеристика химиков, данная лауреатом Нобелевской премии 1996 г. американцем Гарольдом Крото (Университет Сассекса). Свою премию он получил совместно с Ричардом Смолли и Робертом Керлом за открытие фуллеренов в 1985 г. Фуллерены – это новая форма элементарного углерода; среди них есть, например, футболен  $C_{60}$  с шарообразными молекулами, "сшитыми" из пяти- и шестиугольников, как футбольный мяч.

Г.Крото писал [1]:

"Химики, по-моему, страдают особой формой "шизофрении". В самом деле, их мышление – это причудливая смесь самых абстрактных и совсем наглядных представлений. Они знают о тонких квантово-механических закономерностях, определяющих свойства молекул, которые, в свою очередь, ответственны за все многообразие окружающего нас мира. Эта взаимосвязь микро- и макромира остается скрытой от ученых других специальностей. Кроме того, никто не сделал так много для улучшения условий жизни людей, как химики, но их заслуги в должной мере не оценены".

Настоящий химик, даже если он не занимается непосредственно синтезом, всегда "чувствует вещество". Это чувство вещества проявляется и в умении отмыть "насмрть" пригоревшую кастрюлю, и в способности найти на свалке всевозможные редкие металлы в невзрачных предметах, и в точном определении способа ремонта пластмассового изделия (сварить или склеить, а если склеить, то чем и как).

До сих пор среди профессионалов-химиков наиболее ценятся не те коллеги, которые умеют вычислить "с определенным приближением" свойства новой молекулы, а синтетики, способные "чувствовать вещество" и эту самую молекулу "сварить" изящным путем из неожиданных на первый взгляд веществ-предшественников.

Выдающийся духовный писатель и священник XIX века святитель Игнатий Кавказский (Дмитрий Александрович Брянчанинов; 1807-1867) подчеркивал важность изучения самой материальной из наук – химии [2]:

“Кажется, говорил нам красноречивый и умный профессор Соловьев (проф. СПб ун-та Михаил Феодорович Соловьев читал физику и химию в офицерских классах главного Инженерного училища), произнося введение в химию, мы для того и изучаем эту науку, чтоб узнать, что мы ничего не знаем и не можем ничего знать; такое необъятное

поприще познаний открывает она пред взорами ума! Так приобретенные нами познания на этом поприще ничтожны! Она с осязательной ясностью доказывает и убеждает, что вещество, хотя оно, как вещество, должно иметь свои границы, не может быть постигнуто и определено человеком и по обширности своей, и по многим другим причинам. Химия следит за постепенным утончением вещества, доводит его до тонкости, едва доступной для чувств человеческих, в этом тонком состоянии вещества еще усматривает сложность и способность к разложению на составные части, более тонкие, хотя самое разложение уже невозможно. Человек не видит конца утончению вещества, так же как и увеличению чисел и меры. Он постигает, что бесконечное должно быть и невещественным; напротив того, все конечное должно по необходимости быть и вещественным. Но это – идея неопределенная; определено ее существование. Затем физика и химия вращаются в одном веществе, расширяют познания об употреблении его для временных, земных нужд человека и человеческого общества.”

Вернемся к определению:

Химия – наука о превращениях веществ, связанных с изменением электронного окружения атомных ядер.

В данном определении необходимо дополнительно уточнить термины “вещество” и “наука”.

Согласно Химической энциклопедии [3]:

**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 *дальтони́ды*) или меняющийся в некоторых пределах (нестехиометрические соединения или *бертоллиды*).

Химический синтез все-таки ближе к искусству, чем к науке. Ведь это управление поведением атомов и молекул, которые человек без приборов не может видеть в принципе.

**Демонстрация:** “синтез” на детском конструкторе

В рамках курса общей химии мы познакомимся с наиболее общими принципами управления поведением вещества - химическими **термодинамикой** и **кинетикой**.

Согласно положениям термодинамики (учение о том, возможно ли самопроизвольное протекание данной реакции), чугунная гантеля не может существовать в земной атмосфере ( $\Delta G$  образования  $Fe_3O_4$  равна  $-1014,2$  кДж/моль).

**Демонстрация:** чугунные опилки в газовом пламени и искристый фонтан

Учение, описывающее скорость химических процессов, называется химической кинетикой. Знание кинетики позволяет задавать скорость реакций, иногда весьма неожиданным образом.

**Демонстрация:** колебательное горение смеси на основе бора

Гораздо больше разногласий по сравнению с “веществом” существует в трактовке термина “наука”. Здесь вполне приложимо высказывание Рене Декарта (лат. Renatus Cartesius, 1596-1650): “Определите значение слов и вы избавите человечество от половины его заблуждений”.

## Наука-естествознание как способ построения моделей

**Наукой** принято называть сферу человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая схематизация объективных знаний о действительности; отрасль культуры, которая существовала не во все времена и не у всех народов [4].

Канадский философ Уильям Хетчер определяет **современную науку**, как "способ познания реального мира, включающего в себя как ощущаемую органами чувств человека реальность, так и *реальность невидимую*, способ познания, основанный на построении *проверяемых моделей* этой реальности". Такое определение близко к пониманию науки академиком В.И.Вернадским, английским математиком А.Уайтхедом, другими известными учеными.

В научных моделях мира обычно выделяются три уровня, которые в конкретной дисциплине могут быть представлены в различном соотношении [5]:

Эмпирический материал (экспериментальные данные)
Идеализированные образы (физические модели)
Математическое описание (формулы и уравнения)

Наглядно-модельное рассмотрение мира неизбежно ведет к приближительности любой модели. А.Эйнштейн (1879-1955) говорил *"Пока математические законы описывают действительность, они неопределенны, а когда они перестают быть неопределенными, они теряют связь с действительностью"*.

Многие проблемы в преподавании и понимании основ естественных наук связаны со смешением реальности, ее физических моделей и их математического описания. Доктор философских наук Э.В.Соколов пишет [6]:

“Невозможно в физике изучить то, чего нет или что представляется самим методом изучения. Уравнения в физике правомерны и нужны лишь до тех пор, пока они упорядочивают, объясняют исследуемую объективную реальность. Оперировать в физике "чистыми" математическими функциями – значит выйти из физики в математику, то есть, интеллектуалистику. А такой выход сопряжен с тем, что меняется наше мировидение, меняются цели науки. Выход в "микромир", изучение бесконечно малых и бесконечно больших величин, несопоставимых с возможностями человеческих чувств – означает выход из естествознания в метафизику. Метафизикой заниматься можно и нужно, но следует помнить, что ценность теорий в физике, да и в любой области естествознания, определяется их описательной, объяснительной, предсказательной и манипулятивной силой, а не строгостью и изяществом. Эта сила обычно тем больше, чем уже границы объясняемой и описываемой области. Чем проще теория, тем легче ее применять, тем больше людей могут ей воспользоваться.”

К чему может привести неоправданный приоритет математического описания (и физической модели) над экспериментом? В современной экспериментальной науке большое внимание уделяется правильной обработке \*результатов, причем большую часть результатов исследователь получает после предварительной обработки компьютером (фурье-спектроскопия, туннельная микроскопия, ЯМР-томография и др.). Предположим, что в начале XX века Э.Резерфорд (1871-1937) и его молодые сотрудники Г.В.Гейгер

(1882-1945) и Э.Марсден (1889-1970) получили для своих экспериментов с рассеянием  $\alpha$ -частиц компьютеризированную установку. Она легко воспроизвела бы основной результат, что наиболее вероятный угол рассеяния  $\alpha$ - частиц на золотой фольге толщиной  $4 \cdot 10^{-5}$  см составляет  $0,87^\circ$ . Для тех же чрезвычайно редких (1 из 20000 измерений) случаев рассеяния на угол более  $90^\circ$  согласно центральной предельной теореме теории вероятностей достоверность эксперимента составляет  $3 \cdot 10^{-2174}$  (это не опечатка!); поэтому компьютер со стандартной программой без малейшего сомнения отбросил бы такие “случайные ошибки”. И осталась бы наука без планетарной модели атома, по крайней мере на несколько десятков лет. Только великолепная интуиция Резерфорда позволила ему сделать вывод, что чрезвычайно редкие “случайные” результаты истинны, и на их основе изменить физическую модель атома (вместо “пудинга с изюмом” Дж.Томсона (1856-1940) подобие солнечной системы) [7].

Специфику **естественнонаучного знания** можно определить тремя признаками: *истинность, интерсубъективность и системность* [8]. *Истинность* научных истин определяется *принципом достаточного основания*: всякая истинная мысль должна быть обоснована другими мыслями, истинность которых доказана. *Интерсубъективность* означает, что каждый исследователь должен получать одинаковые результаты при изучении одного и того же объекта в одних и тех же условиях. *Системность* научного знания подразумевает его строгую индуктивно-дедуктивную структуру.

Совершенствование методов исследования, прежде всего экспериментальной техники, привело к разделению науки на все более узкие направления. В результате количество и “качество”, т.е. надежность информации возросли. Однако невозможность для одного человека обладать полными знаниями даже для смежных научных областей породила новые проблемы. Как в военной стратегии самые слабые места обороны и наступления оказываются на стыках фронтов, в науке наименее разработанными остаются области, не поддающиеся однозначной классификации. Среди прочих причин можно отметить и сложность с получением соответствующей квалификационной ступени (ученой степени) для ученых, работающих в областях “стыка наук”. Но там же делаются и основные открытия современности.

### **Биофизика и биоинженерия – типичные примеры “стыковой” науки.**

## **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) [9]. 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. [10]

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 [11]). 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. [12]. Свечение раскаленной ранней Вселенной может дойти до нас сейчас с сильным красным смещением – до сверхвысокочастотного (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  $E = 2mc^2$  (где  $m$  – масса покоя частицы). Температура, соответствующая такой энергии:  $T = 2mc^2/k$ , 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 [13]. 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 [14].

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) [15]. Четыре фундаментальных взаимодействия не дают предпосылок для дальнейшего развития [16]. Структурирование Вселенной до образования звезд заняло до 3 млрд. лет [17].

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) [18] следующие: при температуре центра Солнца около 15 млн  $С^{\circ}$  идет только синтез гелия из водорода; при 100 млн  $С^{\circ}$  ядра гелия сливаются в углерод; при дальнейшем росте температуры в центре звезды до 600 млн  $С^{\circ}$  из углерода начинает синтезироваться магний; при 200 млн  $С^{\circ}$  из магния образуется сера, а при 4000 млн  $С^{\circ}$  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) [19].

## **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,  $\nu$  - нейтрино,  $\bar{\nu}$  - антинейтрино, D - дейтерий, H - водород, He - гелий.

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

## Библиография:

1. "Новости науки" Химия и жизнь-XXI век, 1997, № 2, с.5
2. Святитель Игнатий Брянчанинов. Странник – М., СПб., "Лествица", "Диоптра", 1998. – 286 с. (Серия "Русская духовная проза")
3. Химическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Большая Российская энцикл., 1998. – 623 с. (т.1)
4. Краткая философская энциклопедия.– М.: Изд. группа "Прогресс" – "Энциклопедия", 1994. – 576 с.
5. Липкин А.И. Модели современной физики (взгляд изнутри и извне). – М.: Гнозис, 1999. – 166 с.
6. Соколов Э.В. Четыре "науки" XXI века "Человек" N 1 2002 г. Интернет: <http://www.COURIER.com.ru/homo/ho0102sokolov.htm>
7. Вайнберг С. Открытие субатомных частиц: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 285 с., с.169-183
8. Ильин В.В., Калинин А.Т. Природа науки: Гносеологический анализ. – М.: Высшая школа, 1985. – 230 с.
9. Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия. – М.: Аванта+, 1998. – 688 с., с.415-416
10. Яки Стенли Л. Бог и космологи. / Пер. с англ. – Долгопрудный: "Аллегро-Пресс", 1993 – 321 с., с.41-42
11. 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"
12. С именем Гамова связаны три достижения науки XX века: теория  $\alpha$ -распада (1928), теория "горячей Вселенной" (1948) и открытие феномена генетического кода (1953) [Энциклопедия для детей. Т.8. Астрономия., с.201].
13. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной/ Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208 с., с.102
14. Чарльз Линевиер и Тамара Дэвис ПАРАДОКСЫ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА "В МИРЕ НАУКИ", июль 2005 № 7 <http://www.sciam.ru/2005/6/cosmology.shtml>
15. 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=>)
16. Ровинский Р.Е. Развивающаяся Вселенная, М.: "Академия", 1995. – 163 с., с. 58-62; С.Вайнберг, с.99-115
17. Р.Е.Ровинский, с. 67
18. Азимов А. Нейтрино-прозрачная частица атома. Пер. с англ.- М.: Атомиздат, 1969. – 143 с., с.99-100

---

<sup>19</sup> В.Н.РЫЖОВ Звездный нуклеосинтез - источник происхождения химических элементов, СОЖ, 2000, N<sup>o</sup>8, с.81–8 <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1168520&s=120600000>