Гипотеза сотворения мира

В.МЕЩЕРЯКОВ

Исследовать истину в одном отношении трудно, а в другом легко. Это видно из того, что никто не в состоянии достичь ее надлежащим образом, но и не терпит полную неудачу, а каждый говорит что-то о природе и поодиночке, правда, ничего или мало добавляет к истине, но, когда все складывается, получается заметная величина.

Аристотель

ЭТО БЫЛО очень давно, и, судя по тому, что человечество не запомнило облика Творца, создавшего наш Мир, можно предположить, что оно даже не присутствовало при этом. И теперь приходится заниматься физикой, выяснять, в чем там было дело, чтобы разобраться, как устроен Мир и как нам жить дальше.

Говорят, весь Мир состоит из атомов, а атомы — из электронов и ядер. Наверное, это правда, если компьютеры построены из электронных приборов. Но ведь Мир еще состоит из планет и звезд. Мы сами живем на планете. Получается, что существование электронов и планет должно быть взаимосвязанным? Но как?

Ответ на этот вопрос не может быть простым, коротким и исчерпывающим. Поэтому, если Вы хотите взглянуть на Мир в целом, давайте работать, и пусть облик нашего Создателя, такой же поначалу неопределенный, как сама Природа, сопровождает нас.

Он сидел за своим рабочим столом и перебирал атомы. Они состояли из положительно заряженных ядер, окруженных плотными облаками отрицательно заряженных электронов. Приближая два атома друг к другу, можно было видеть, как электронные облака искажаются. Наблюдающиеся при этом зарядовые протуберанцы являлись следствием сложной гаммы электромагнитных взаимодействий. На близких расстояниях доминирующим было притяжение электронов одного атома к ядру другого. Вследствие этого некоторые из электронов становились как бы общими, и энергия системы, состоящей из двух слипшихся облаками атомов, оказывалась меньше, чем сумма энергий атомов, разнесенных на достаточно большое расстояние. Однако при попытках прижать атомы друг к другу возникали силы отталкивания, обусловленные, в основном, взаимодействием внутренних слоев одноименно заряженных электронных облаков.

Нетрудно себе представить, что причудливая конструкция, собранная из нескольких десятков атомов, так называемый атомный кластер, обладал ячеечной структурой и по своим свойствам во многом был похож на уединенный атом. Энергию, приходящуюся на одну ячейку такого кластера, можно оценить следующим образом.

Будем полагать, что атомная ячейка радиусом R состоит из точечного ядра, внутренних электронных оболочек, или, как говорят, ионного остова, который занимает сферический объем радиусом R_e, и внешних электронов, заполняющих ячейку. Найдем зависимость энергии ячейки от R, например, для одновалентного атома с ядерным зарядом Ze, где Z — число зарядов, равное числу электронов в атоме, и $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл — элементарный заряд. Приближенно эта энергия складывается из потенциальной энергии кулоновского притяжения внешнего электрона к ядру $E_1 = \dfrac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$ (здесь ε_0 — электрическая постоянная), потенциальной энергии кулоновского $E_2 = \dfrac{(Z-1)e^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$ и некулоновского E_3 отталкивания внешнего электрона от ионного остова и кинетической энергии внешнего электрона E_4.

Энергия E_3 обусловлена неточечностью ионного остова. Если принять, что электроны остова и внешний электрон однородно распределены по соответствующим объемам $V_e = 4\pi R_e^3/3$ и $\Omega = 4\pi R^3/3$, то E_3 оценивается величиной, пропорциональной площади поверхности остова $4\pi R_e^2$ и обратно пропорциональной объему ячейки Ω. Поэтому

$$E_3 = \frac{3e^2 R_e^2}{4\pi\varepsilon_0 R^3}.$$

Энергию E_4 можно оценить с помощью соотношения де Бройля для импульса электрона: $p = 2\pi\hbar/\lambda$, где λ — длина волны электрона,

Иллюстрации В.Митурич-Хлебниковой

$\hbar = 1{,}0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка. В основе этой формулы лежит фундаментальный экспериментальный факт, что поведение электрона в пространстве имеет волнообразный характер. Именно поэтому даже уединенный электрон, как в кластерной ячейке, справедливо назвать электронным облаком. Полагая λ равной длине наиболее удаленной орбиты $2\pi R$ и учитывая, что кинетическая энергия равна $m_e v^2/2$, где $v = p/m_e$ — скорость электрона массой $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг, найдем $E_4 = \dfrac{\hbar^2}{2m_e R^2}$.

Таким образом, суммарная энергия

$$E(R) \simeq -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 R} + \frac{3R_e^2 e^2}{4\pi\varepsilon_0 R^3} + \frac{\hbar^2}{2m_e R^2}. \qquad (1)$$

Обратим внимание, что в выражение (1) не вошла величина Z. Это значит, что наша оценка годится для атомов с произвольным числом электронов.

Итак, сдавливанию ячейки и, следовательно, всего кластера способствует кулоновская энергия притяжения внешнего облака к иону, но препятствует некулоновская энергия его отталкивания от внутренних электронных оболочек, а также кинетическая энергия внешнего облака. Поэтому функция $E(R)$ имеет минимум при $R = R_a$, который можно найти, взяв производную $dE(R)/dR$ и приравняв ее к нулю. Результат $R_a \simeq 3{,}5R_e$ соответствует минимальному значению энергии E_m.

Размеры внутренних электронных оболочек большинства элементов периодической системы Менделеева, находящихся в конденсированных состояниях вещества, не сильно отличаются друг от друга и в среднем составляют величину, равную боровскому радиусу $a_0 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} = 0{,}53 \cdot 10^{-10}$ м. Это значит, что ионные остовы радиусом $R_e = a_0$ занимают в ячейках довольно-таки малую часть объема: $R_e^3/R_a^3 \cdot 100\% \simeq 10\%$, не препятствуя внешнему облаку объединять атомы в прочный и упругий кластер, свойства которого зависят от отношения R_e/R_a. Объем ячейки такого кластера по порядку величины равен

$$\Omega = \frac{4\pi}{3} R_a^3 \simeq$$
$$\simeq 10^2 a_0^3 \simeq 10^2 \left(\frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m_e e^2}\right)^3 \simeq 10^{-29}\ \text{м}^3. \ (2)$$

Интересно, что большая часть из всего разнообразия форм вещества, встречающегося в природе, образует кластеры с атомными объемами, отличающимися от (2) не более чем на порядок. Этот замечательно предусмотренный Создателем факт позволяет в первом приближении как бы подразделить наш Мир на два: микроскопический Мир с электронами и ядрами, который задает величину Ω, и макроскопический Мир с булыжниками, горами и планетами, параметры которых определяются величиной Ω.

Обратите внимание на отличие эстетической благозвучности слов «электрон» и «планета» от прозаичности слова «булыжник». А все потому, что булыжник рядом. Далекое, непознанное или малопознанное всегда кажется привлекательнее. Но познан ли нами Булыжник? Думаю, что на страницах «Кванта» это имя звучит впервые. А впереди речь о Булыжнике и ему подобных.

Энергию E_m можно еще представить как работу A внешней силы f, которую надо приложить к атому, чтобы удалить его от кластера на расстояние, большее размера ячейки. Другими словами, на расстояние, соответствующее разрыву межатомной связи. В этом случае $E_m = A = fR = f\Omega^{1/3}$.

Для характеристики жесткости межатомной связи удобно ввести величину $\varkappa = E_m/\Omega$, которая называется упругой постоянной. Эта величина определяет плотность энергии в ячейке и может быть вычислена на основании формул (1) и (2). Результат

$$\varkappa \simeq 10^{-2}\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0^4} = \frac{10^{-2} m_e^4 e^{10}}{(4\pi\varepsilon_0)^5 \hbar^8} \simeq$$
$$\simeq 10^{11}\ \text{Н/м}^2 \quad (3)$$

соответствует порядку экспериментально наблюдаемых величин упругих постоянных твердых тел.

Таким образом, в первом приближении сложная картина электромагнитных взаимодействий внутри атомной ячейки может быть представлена параметрами $\varkappa$ и Ω, которые можно использовать для оценок макроскопических параметров кластера.

Увлекаясь, Он продолжал собирать кластер, присоединяя к нему теперь уже сотни атомов, потом тысячи... Его интересовало, когда же начнут проявляться гравитационные эффекты... Да, конечно, Он знал, что уже в III веке до нашей эры великий Аристотель начнет разрабатывать идею сферически-симметричной гравитации: «...ибо каждая из ее частей имеет вес до тех пор, пока не достигнет центра, и так как меньшая часть теснима большей, то они не могут образовывать волнистую поверхность, но подвергаются взаимному давлению и уступают одна другой до тех пор, пока не достигнут центра».

Согласитесь, что пренебрежение многокилометровыми неоднородностями земной поверхности, например горами, которые на 3–4 порядка превосходят типичные размеры человека и окружающих его предметов, является нетривиальным шагом на пути к пониманию гравитации. Однако, хотя Аристотель был не только замечательным физиком, но и высочайшего класса математиком, потребовалось 2000 лет, чтобы найти математическое описание этой физической идеи. Такой трудной оказалась эта задача. Еще позже была решена задача об электромагнитных явлениях в средах и, в частности, было установлено, что силы гравитационного притяжения должны быть много меньше электромагнитных сил. Наши предыдущие вычисления позволяют проиллюстрировать этот вывод.

Упругую постоянную $\varkappa$ можно еще определить через давление критической силы $f \simeq \varkappa\Omega^{2/3}$ на поверхность ячейки. Значения сил, больших f, разрушают ячейку кластера. Сравним силу f с гравитационной силой $f_{\text{гр}}$, действующей между двумя атомами. Согласно закону всемирного тяготения Ньютона, $f_{\text{гр}} = Gm^2/(2R_a)^2$, где $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг² — гравитационная постоянная. Полагая, что характерная плотность твердых тел $\rho \simeq 5000$ кг/м³, получим

$$\frac{f_{\text{гр}}}{f} \simeq \frac{Gm^2}{\varkappa\Omega^{4/3}} \simeq 10^{-35}.$$

Известный американский физик Р.Фейнман по аналогичному поводу и без надежды услышать ответ однажды воскликнул: «Каким же должно быть общее уравнение, если, решая его для двух видов сил гравитационного притяжения и электростатического отталкивания, мы приходим к такому фантастическому отношению.»

Из приведенных рассуждений и оценок Создателю стало ясно, что кластер можно собрать из очень большого числа атомов. Но Он беспокоился, что когда гравитационная сила F, сжимающая одну из ячеек макроскопического Мира, превзойдет упругую силу, определяющую давление микроскопического Мира в этой ячейке, то она может разрушиться. Чем это грозит? Может быть, ядерной катастрофой? Необходимо было продолжать количественные оценки.

Выразим силу F через число атомов N сферического объема $V = N\Omega$, массой $M = Nm$ и радиусом $R = (3N\Omega/(4\pi))^{1/3}$. Вес одного из поверхностных атомов такого кластера равен mg, где ускорение свободного падения $g(R) = GM/R^2$. Принимая плотность кластера постоянной величиной $\rho = M/V$, найдем

$$g(R) = \frac{4\pi}{3}G\rho R. \qquad (4)$$

Это соотношение говорит о том, что ускорение свободного падения на поверхности сферического кластера увеличивается пропорционально его радиусу. И следовательно, чем дальше от центра расположен атом, тем больше его вес. Поверхность кластера в этих рассуждениях только лишь фиксирует расстояние до пробного атома. Но, помечая атом на расстоянии r от центра, мы не обнаружим изменения его веса при любых изменениях радиуса кластера $R \geq r$. Хотя, конечно, силовое состояние атома будет меняться. Посмотрим, как.

Начнем выкапывать в кластере вдоль его радиуса тоннель сечением в один атом и будем измерять вес каждого очередного атома. Ясно, что результатом такого измерения будет функция $F_k = mg(r_k)$, где r_k – расстояние от центра кластера до k-го атома. Например, вес центрального атома будет равным нулю, т.к. для него $r_k = 0$. И это согласуется с гипотезой Аристотеля об исчезновении веса в центре.

Теперь начнем обратно закапывать тоннель. После опускания первого атома центральная ячейка окажется под воздействием силы со стороны этого атома, которая будет равна его весу. Следующий атом увеличит силу, действующую на центральную ячейку, также на величину своего веса, который однако будет отличаться от веса первого атома из-за своей большей удаленности от центра. Третий атом даст тот же эффект и т.д.

Таким образом, для определения силы F, действующей на одну из центральных ячеек кластера, достаточно просуммировать силы F_k по длине тоннеля:

$$F = \sum_{k=1}^{n} F_k = \frac{4\pi}{3}G\rho m\left(r_1 + r_2 + \ldots + r_k + \ldots + r_n\right).$$

Так как атомы находятся друг от друга на расстоянии $2R_a$, то $r_1 = 2R_a$, $r_2 = 4R_a$, ..., $r_k = 2kR_a$. Последнее слагаемое суммы, очевидно, должно быть равно силе, действующей на атом, находящийся на поверхности кластера радиусом R. Поэтому $r_n = R = N^{1/3}R_a$. Выражая F через R_a, получим

$$F = \frac{4\pi}{3}G\rho m \times 2R_a\left(1 + 2 + \ldots + k + \ldots + \frac{N^{1/3}}{2}\right). \qquad (5)$$

Стоящая в скобках арифметическая прогрессия при больших значениях последнего члена суммы $n = N^{1/3}/2$ приближенно равна $n^2/2 = N^{2/3}/8$. Подстановка этого значения и использование соотношений $R_a = (3\Omega/4\pi)^{1/3}$ и $\rho = m/\Omega$ дает

$$F \simeq G\rho^2\Omega^{4/3}N^{2/3}. \qquad (6)$$

Сопоставление F с $f = \varkappa\Omega^{2/3}$ приводит к числу атомов кластера

$$N \simeq \frac{1}{m\rho^2}\left(\frac{\varkappa}{G}\right)^{3/2}, \qquad (7)$$

соответствующему его «упруго»-гравитационной устойчивости. Понятно, что кавычки для слова «упруго» употреблены для подчеркивания того обстоятельства, что параметры этой формулы $\varkappa$ и $\rho = m/\Omega$, помимо заданной массы атома, определяются микроскопическими механизмами взаимодействий в атомной ячейке.

К проведенному анализу можно сделать ряд замечаний. Например: почему сила F определяется давлением только одного столбика атомов? Почему предлагалось измерить вес атома в тоннеле одноатомной толщины, хотя ясно, что электромагнитное взаимодействие атома со стенками тоннеля не позволит реализовать этот эксперимент? Почему не следовало бы брать тоннель большей толщины или почему не показана связь сил $f_{гр}$ и F_k? Но, может быть, Вы сами дадите ответы на эти вопросы, а также придумаете новые?

Соотношение (7) было установлено в 1905 году английским физиком Джеймсом Джинсом и явилось первым в веренице последующих соотношений, определяющих гравитационную устойчивость различных систем.

Оценим порядок величины N, основываясь на значениях атомного объема (2), упругой постоянной (3) и принятой выше характерной плотности твердого вещества. По формуле (7) получим $N \simeq 10^{49}$.

– О Боже! – воскликнул Создатель. – Какими же являются параметры такого кластера?

Легко проверить, что так называемые джинсовская масса и джинсовский радиус составляют соответственно $M \simeq 10^{24}$ кг и $R \simeq 10^7$ м.

Так была создана планета. Ускорение свободного падения на ее поверхности, как следует из формул (3), (4), (5), оказалось не связанным ни с размером планеты, ни с массой атомов, ее составляющих, а определялось только набором фундаментальных физических постоянных:

$$g \simeq (\varkappa G)^{1/2} \simeq \frac{10^{-1}G^{1/2}m_e^2e^5}{(4\pi\varepsilon_0)^{5/2}\hbar^4}$$

и было равно приблизительно 10 м/с^2.

Созданная Творцом планета удовлетворяла требованию «упруго»-гравитационной устойчивости и «поскольку меньшие количества выравнивались большими посредством толкания вперед, производимого тяготением,.. то она должна была возникнуть указанным образом, откуда ясно, что она возникла в форме шара» (Аристотель).

Созданная планета была голой.

– Да и если я, например, надумаю заселить планету людьми, то ведь им потребуется строительный материал, – думал Создатель.

И работа продолжалась. Он вспомнил о причудливых атомных образованиях – кластерах, с которыми имел дело вначале, и решил их использовать. Но для этого необходимо было сначала разработать физический механизм, определяющий устойчивое образование тел малых размеров на поверхности планеты. Основания к существованию такого механизма он увидел в том, что созданная им планета с джинсовской массой, удовлетворяющей требованию устойчивости, обладала гравитационным полем, определяемым только фундаментальными постоянными. Интуитивно чувствовалось, что этот механизм должен существовать в гравитационном поле именно устойчивой планеты, а не произвольно придуманной. Идея пришла как-то сама собой и состояла в том, чтобы использовать гравитационно-прочный кластер, который бы исключал разрыв межатомных связей кластера, находящегося на поверхности такой планеты, под действием собственного веса.

Реализовать эту идею удалось следующим образом. Если гравитирующую планету массой M приводить в соприкосновение с атомным кластером массой $M_0 \ll M$, то их статическое равновесие под действием силы притяжения $F_0 = GMM_0/R^2$ и силы реакции опоры будет достигаться путем разрыва межатомных связей на границе раздела и перераспределением атомов до образования опорных атомов числом

$$n = F_0/f, \qquad (8)$$

где, напомним, f — сила, которую надо приложить к атому, чтобы оторвать его от кластера.

В качестве фундаментальной строительной единицы был взят кластер с максимально возможным числом атомов при минимальном числе опорных атомов. Ясно, что более массивный кластер будет лучше предохранять границу раздела при кратковременных нагрузках. (Аналогичная ситуация имеет место в цирковом трюке с ударами кувалдой по массивной плите, лежащей на человеке. Сохранение импульса в системе «плита — кувалда» оставляет плиту практически без движения. Докажите это сами.)

Требование минимального числа опорных атомов $n = 3$ нужно потому, что подключение четвертого опорного атома возможно лишь за счет разрыва межатомных связей и свидетельствовало бы о начале разрушения кластера. Наконец, случай $n < 3$ исключается, так как не обеспечивает устойчивого равновесия кластера на плоскости.

Трехопорный кластер был назван Зерном, и были оценены его проектные параметры. Подставляя $f \simeq æ\Omega^{2/3}$ и $n = 3$ в формулу (8) и учитывая формулу Джинса для числа атомов планеты (7), получим, что масса Зерна

$$M_0 \simeq \Omega^{2/3}\left(\frac{æ}{G}\right)^{1/2}. \qquad (9)$$

Из этой формулы следует, что масса гравитационно-прочного кластера на поверхности планеты не зависит от массы атома и, следовательно, должна определяться лишь характером межатомных связей. Но тогда многообразие форм и имеющаяся в природе количественная разносортица межатомных связей должны приводить к кластерам, сильно различающимся и по объему, приходящемуся на атом, и по числу атомов, составляющих кластер, и по массе. Так ли это? Известно пока лишь одно, что, как уже говорилось, в конденсированных состояниях вещества атомные объемы отличаются не более чем на порядок. То же имеет место и для упругих постоянных. Судите сами, если выразить Ω и $æ$ через боровский радиус, то опытные данные для элементов таблицы Менделеева, взятые из справочника, укладываются в следующие диапазоны:

$$\Omega \simeq \left(10 - 10^2\right)a_0^3,\ æ \simeq \frac{\left(10^{-3} - 10^{-1}\right)e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0^4}, \qquad (10)$$

которые следует признать довольно-таки узкими.

Указанное постоянство Ω и $æ$, казалось бы, противоречит существованию многообразия форм межатомных связей. Однако подстановка (10) в (9) дает

$$M_0 = \frac{ze}{4\pi\varepsilon_0 G^{1/2}}, \qquad (11)$$

где z — постоянный коэффициент, принимающий значение порядка 1.

Итак, масса критического кластера оказалась не зависящей не только от массы атомов, его составляющих, но и от боровского радиуса. Это почти фундаментально! Не здесь ли проложена Создателем узкая тропинка из Микромира в Макромир? Ведь исчезновение боровского радиуса из определения M_0 говорит о том, что масса Зерна не зависит от особенностей межатомных взаимодействий или, может быть, определяется как-то усреднению, выражаясь только в виде коэффициента z. Физический смысл этого параметра следует из формулы (11): будучи умноженным на элементарный заряд, он дает произведение ze, которое можно интерпретировать как заряд, обеспечивающий межатомную связь. Тогда параметр z является числом электронов, участвующих в образовании этой связи.

Сделаем для начала несколько оценок. Например, для лития $\Omega = 2{,}1 \cdot 10^{-17}$ м^3 и $æ(78\ \text{K}) = 0{,}11 \cdot 10^{11}$ Н/м^2 получим $M_0 \simeq 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ кг и $z \simeq 0{,}53$. Для бериллия с $\Omega = 0{,}81 \cdot 10^{-17}$ м^3 и $æ(0) = 1{,}7 \cdot 10^{11}$ Н/м^2 найдем $M_0 \simeq 2{,}0 \cdot 10^{-9}$ кг и $z \simeq 1{,}1$. Как видно, число электронов, участвующих в образовании связи, может быть не целым числом. И это верно. Вспомните, в начале статьи мы говорили об электронных облаках, которые имеют пространственную протяженность и, следовательно, могут участвовать в образовании связей не только целым облаком, но и какой-либо его частью.

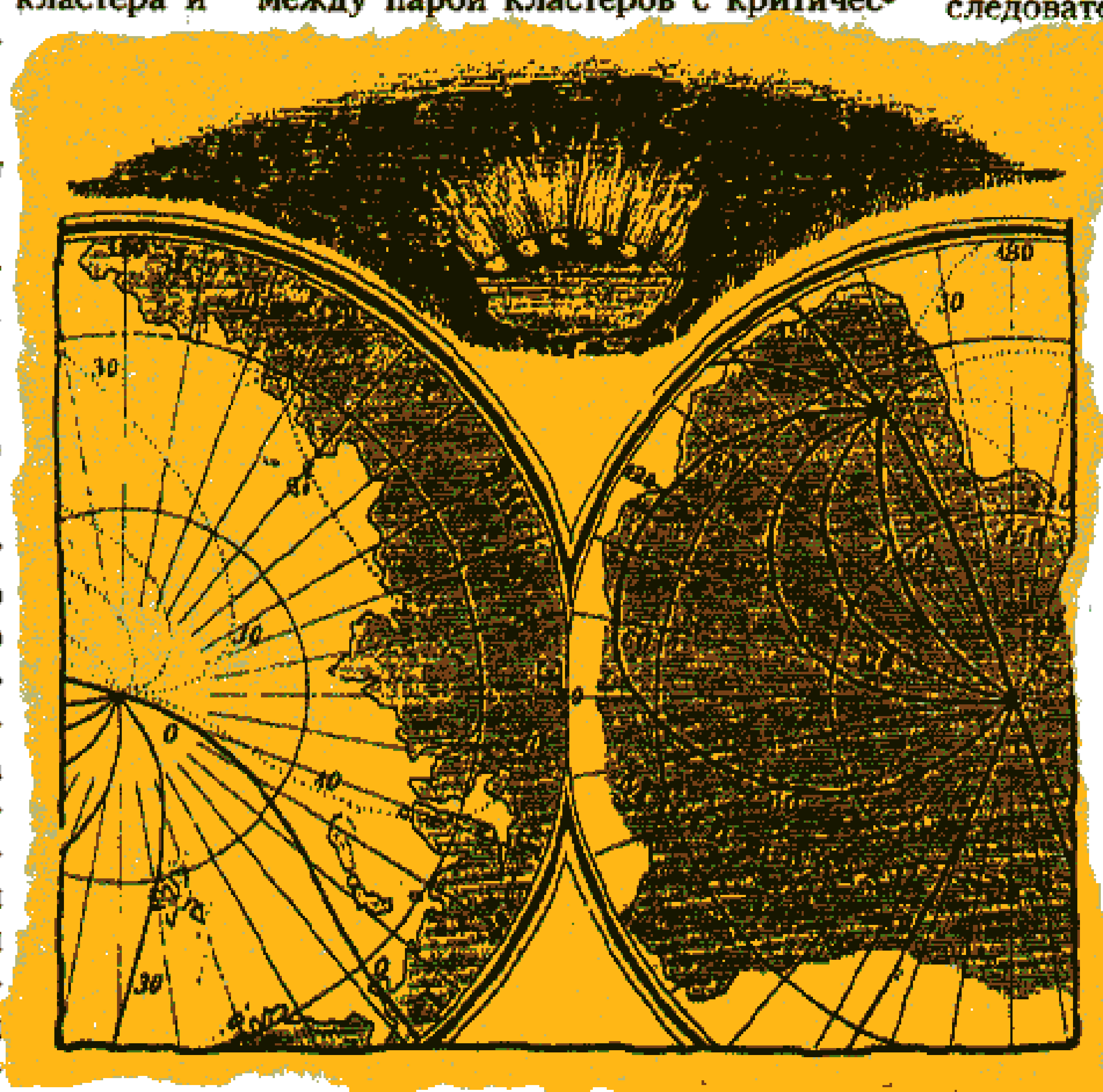
Примем, что по порядку величины $M_0 \simeq 10^{-9}$ кг. Тогда для характерной плотности твердого вещества $\rho \simeq 5000$ кг/м^3 получим число атомов Зерна: $N_0 = M_0/m = = M_0/(\rho\Omega) \simeq 10^{16}$ и его характерный размер: $R_0 = (N_0\Omega)^{1/3} \simeq 10^{-4}$ м. Из формулы Джинса для числа атомов планеты и из формулы (9) следует, что масса гравитационно-прочного кластера и джинсовская масса связаны соотношением

$$M_0 \simeq \left(Mm^2\right)^{1/3}. \quad (12)$$

Подставляя сюда значения $M_0 = N_0 m$ и $M = Nm$, найдем

$$N_0 \simeq N^{1/3}. \quad (13)$$

Полученный результат говорит о том, что число атомов Зерна с точностью до порядка величины равно числу атомов, расположенных вдоль радиуса планеты. Связано это, конечно, с тем, что радиальный столбик атомов и Зерно, как скомканный радиальный столбик, своим весом в поле планеты дают предельную нагрузку до разрыва единичных межатомных связей.



Работу по изготовлению Зерна Творец сделал быстро, но результат получился отличный. Конструкция из 10^{16} атомов прочно стояла на трех опорах, каким боком ее ни поставь на поверхность планеты.

— Интересно, — подумал Он, — догадается ли когда-нибудь человечество, что Мир, который я создам, будет стоять на трех опорах, или они вечно будут представлять себе только что-то примитивно-круглое и ни на что не опирающееся? — и по его лицу пробежала тень неудовольствия.

Остатки от производства таких Зерен сейчас встречаются в космосе в виде частичек межзвездной пыли. Но ее там очень мало, что, кстати, свидетельствует о высокой эффективности и экологической чистоте работы Создателя.

Предназначались же эти Зерна, по замыслу Творца, для образования зернистой структуры тел много больших размеров. Так Он стал собирать новую конструкцию.

Кластер с массой m_1 следующего структурного уровня должен быть построен из кластеров с критическими массами M_0. Тогда среди масс m_1 можно найти такую массу M_1, при которой число n_1 опорных кластеров M_0 будет равно 3: $m_1(n_1=3) = M_1$. Кластеры с массами $m_1 < M_1$ исключают разрыв межатомных связей между парой кластеров с критическими массами M_0 и в этом смысле также обладают гравитационной прочностью в поле тяготения джинсовской массы.

Число опорных атомов n_0 кластера M_1 не может превосходить величины, приблизительно равной числу поверхностных атомов кластера M_0, т.е. $n_0 < N_0^{2/3}$. Отсюда следует, что сила гравитационного притяжения кластера M_1 не должна быть больше силы $F_1 = N_0^{2/3} f$. Так как поле на поверхности джинсовской массы равно $g = GM/R^2$ и гравитационная сила, действующая на кластер M_1, равна $F_1 = M_1 g$, то $M_1 g = N_0^{2/3} f$. Определяя число атомов нового кластера $N_1 = M_1/m$, получим

$$N_1 = N_0^{2/3}\left(\frac{f}{mg}\right) = N_0^{5/3} = N^{5/9}, \quad (14)$$

где $f/mg = N_0$. Используя эту формулу, найдем параметры 1-го структурного уровня:

$$N_1 \simeq 10^{27},\ M_1 \simeq 50\ \text{кг},\ R_1 \simeq 0{,}3\ \text{м}.$$

Так из Зерен получились Булыжники и Валуны. Присмотритесь к ним как-нибудь. Какие красивые! А их зернистую структуру можно увидеть даже невооруженным взглядом.

— Конечно, — подумал Творец, — у Булыжника (или Валуна), который тысячелетиями пролежит на поверхности планеты, верхние Зерна будут иметь меньшее число опор и, следовательно, межатомных связей, чем нижние. Поэтому с течением времени Булыжники и Валуны будут разрушаться, превращаясь в Песок. Но, во-первых, Песок человеку тоже понадобится, а во-вторых, из Булыжников и Валунов будет создан другой структурный уровень вещества.

Аналогичная картина построения кластера M_2, находящегося в равновесии под действием сил $F_2 = = M_2 g$ и реакции со стороны джинсовской массы при условии, что он покоится на трех кластерах M_1, дает

$$N_1 = N_0^{2/3}\left(\frac{f}{mg}\right) = = N_0^{5/3} = N^{5/9}. \quad (15)$$

Оценки по такой формуле показывают, что параметры кластера 2-го структурного уровня таковы:

$$N_2 \simeq 10^{34},$$

$$M_2 \simeq 5\cdot 10^{8}\ \text{кг},\ R_2 \simeq 100\ \text{м}.$$

— Да! Этот материал пойдет на Скалы и Утесы, а разрушаясь, они будут давать Булыжники и Валуны.

Вдохновленный придуманной последовательностью, Создатель решил обобщить результаты (14) и (15) и получил, что число атомов n-го структурного уровня равно

$$N_n = N_0^{\sum_0^n (2/3)^k} = N^{\frac{1}{3}\sum_0^n (2/3)^k},$$

где $k = 0, 1, 2, \ldots$ Числовой сходящий ряд

$$\sum_{k=0}^{k=n}\left(\frac{2}{3}\right)^k = 1 + \frac{2}{3} + \frac{4}{9} + \ldots + \left(\frac{2}{3}\right)^n$$

имеет n-частичную сумму $S_n = 3 - 2^{n+1}/3^n$, поэтому

$$N_n = N_0^{3-3(2/3)^{n+1}} = N^{1-(2/3)^{n+1}}. \quad (16)$$

Он убедился, что при $n = 0$ формула (16) дает предыдущий результат (13), и решил тотчас же продолжить количественные оценки. При $n = 3$ Он получил $N_3 = N^{65/81}$, а результаты расчетов стал записывать в таблицу структурных уровней твердого вещества. Получившиеся при $n = 3$ Горы высотою в 1 км были достаточно надежны, высоки и красивы. Но хотелось чего-то еще — потрясающего, что люди могли бы видеть, но не понимать, чтобы они овладели чувством эстетического величия. И Он решил оценить еще один уровень — четвертый. Результаты, основанные на соотношении $N_4 = N^{211/243}$, приведены в таблице.

Так были созданы настоящие Горы, высотою до 10 км. Конечно, с течением времени они также разрушаются, потому что верхние плиты имеют меньшее число атомных связей, а нижние находятся под слишком большой нагрузкой. Но что делать? Кто может придумать лучше? Да и нужно ли? Как бы человек мог жить без разрушающихся гор?

Из атомов создавались Зерна, из Зерен — Булыжники и Валуны, из Булыжников и Валунов — Утесы и Скалы, из Утесов и Скал — Малые Горы, а из Малых Гор — большие, настоящие Горы.

— Ох! Ну и задача. Ведь теперь придется создавать Плиты, на которые потом придется укладывать Материки. А для Материков понадобится Кора, потом Мантия... Что же? Так и творить до бесконечности?! До бесконечности?

И здесь Он сообразил, что при $n \to \infty$ из формулы (16) получается $N_\infty = N$ — число атомов джинсовской массы. Это значит, что распределение масс твердого вещества, построенного по трехопорному иерархическому механизму образования последующих тел, удовлетворяет требованию упруго-гравитационной устойчивости предельного тела. Другими словами, еще одно устойчивое образование, составленное из Песка, Булыжников, Валунов, Скал, Гор, Материков и др., должно иметь массу того же порядка, что и исходная гравитирующая джинсовская масса. И это действительно так! Экспериментальные оценки показывают, что наша планета Земля состоит в основном из двух частей — ядра массой порядка $2 \cdot 10^{24}$ кг и мантии массой порядка $4 \cdot 10^{24}$ кг.

Таблица структурных уровней твердого вещества

Номер уровня	Имя уровня	Число атомов	Масса, г	Характерный размер, см
0	Зерно	10^{16}	10^{-6}	10^{-2}
1	Булыжники и валуны	10^{27}	10^{4}	10^{1}
2	Скалы и утесы	10^{34}	10^{11}	10^{4}
3	Малые горы	10^{39}	10^{16}	10^{5}
4	Горы	10^{42}	10^{5}	10^{6}
∞	Планета Земля	10^{49}	10^{27}	10^{9}

— Мне нравится моя работа, — раздумывал Творец. — Во-первых, потому что людям не сложно будет установить этот механизм образования макроскопических структурных уровней твердого вещества. Пусть знают, в каком простом и красивом мире живут. А во-вторых, потому что теперь однозначно решается до сих пор беспокоивший меня вопрос, на каком структурном уровне будут жить люди. Конечно же, на планете, ибо она порождает саму себя.

— Мне нравится моя работа, — повторил вслух Творец. — Именно на такой планете должны жить люди и так же сами порождать себя. Пусть они сами дадут имя своей планете. Каждый народ на своем родном языке. И пусть у этой планеты будет тысяча имен, и каждое из них правильное!